

**DS/CDMA 이동국 RF 수신시스템의 설계에 관한 연구**

正會員 金 南 秀\*

**A Study on the RF Receiver System Design of a DS/CDMA Mobile Station**

Nam Soo Kim\* Regular Members

이 연구는 한국전자통신연구소의 연구비지원에 의한 결과임**要 約**

본 논문에서는 퀄컴사의 DS/CDMA 방식에 사용할 이동국 고주파 수신부를 구현하기 위하여 이동국 최소규격인 IS-98의 수신감도(Sensitivity), 단일톤 간섭억제(Single Tone Desensitization), 상호변조 스퓨리어스(Intermodulation Spurious)규격을 검토하였고, 이 규격을 만족시키기 위한 수신기의 시스템 잡음지수, 선택도(Selectivity), 제3고조파 차단점등의 각 값들을 시뮬레이션을 통하여 처음으로 제안하였다.

시뮬레이션 결과 이동국의 수신감도를 만족시키는 수신부의 최대 시스템 잡음지수는 약 10dB이다. 이 값은 퀄컴사에서 자주 언급하는 이동국의 잡음지수보다 약 2dB 시스템 여유를 갖는 것을 알 수있었다. 그리고 이동국의 잡음지수가 8dB인 경우, 이동국 최소규격을 만족하는 선택도는 수신 캐리어로부터 900 KHz떨어진 지점에서 -71.4dB 이었으며, 제3고조파 차단점은 제1형 이동국인 경우 -9.4dBm, 제2및3형 이동국인 경우는 -13.9dBm 이었다. 이 논문의 결과는 DS/CDMA 이동국을 구현할때 시스템 설계값으로 직접 사용할 수있을 것이다.

**ABSTRACT**

In this paper, the receiver sensitivity, the single tone desensitization, and the intermodulation spurious of the IS-98 which is the mobile station minimum performance were reviewed. And proposed the simulated system noise figure, the selectivity and the input 3rd order intercept point of the receiver to satisfy the IS-98 recommendation.

The simulation shows the receiver maximum system noise figure to satisfy the receiver selectivity is approximately 10 dB. This figure has 2 dB system margin compared with the value which is frequently referred to the Qualcomm's MS receiver. While the MS noise figure 8dB, the minimum selectivity is -71.4 dB at 900 KHz frequency offset from the carrier frequency and the input

\*청주대학교 정보통신공학과  
 論文番號 : 9534-0125  
 接受日字 : 1995年 1月 25日

3rd order intercept point of the MS type 1 and type 2/3 is -9.4dBm and -13.9dBm respectively. This simulated result can be directly applicable to the design parameter for the DS/CDMA MS receiver.

## I. 서론

국내외적으로 거론되고있는 DS/CDMA 이동통신방식은 가입자의 용량을 증가시키는 것이 가장 큰 장점이 되고있다[1, 2]. 따라서 가입자 용량에 이미 한계에 다른 애널로그 이동통신시스템을 대체하기 위하여 적극 상용화가 진행중일뿐만아니라, 향후 도입될 PCN방식으로도 활발한 연구가 진행중이다[3].

현재 이동통신에 응용하고자 하는 쉘컴사의 DS/CDMA 방식은 미국에서 이미 잠정표준인 IS-95로서 무선규격을 제정하였고[4], 이동통신 시스템에 사용될 기지국과 이동국의 최소규격인 IS-98 역시 표준화안이 거의 확정되어가는 단계에있다[5]. 최소규격이 확정되고나면 그 규격을 만족시키는 시스템을 구현하기 위해서 각종 시스템파라메타를 설정하고, 그후 시스템을 구성하는 컴퍼넌트의 규격을 결정한후 구현의 단계에 들어가게 된다. 그러나 지금까지 DS/CDMA방식에 관해서는 시스템 구현의 측면에서 각종 파라메타의 값을 결정하는 방법에 관하여 체계적으로 정리되어 발표된 논문은 없다.

DS/CDMA 수신기의 구성은 크게 고주파 변환부(Frequency Down conversion)와 디지털 신호처리부로 구성되어있다. 고주파 변환부는 그 기본적인 기능이 고주파 신호를 기저대역으로 변환시켜 주는 역할면에서는 애널로그 시스템과 동일 하지만, 그 시스템 규격면에서는 상이하다. 특히 DS/CDMA방식에서는 선형변조 방식을 사용하기때문에 수신기 고주파 변환부의 선형성이 중요한 요소중의 하나이며, 대역확산으로 인한 신호대역폭이 애널로그 시스템의 대역폭과는 상이하다. 또한 애널로그 시스템에서 이동국 안테나로 입력되는 신호전력은 -116dBm 인데 DS/CDMA 이동국 입력전력은 -105dBm/1.23MHz 이다[5]. 그러므로 이러한 조건하에서 규정된 오율을 만족시키기 위한 시스템 설계 파라메타 값을 새로이 결정해야 한다.

따라서 본 논문에서는 DS/CDMA 이동국 표준규격으로 거의 확정된 IS-98을 기준으로하여, 그 규격을 만족시키기 위한 수신기의 고주파부 설계파라메타 값을 시뮬레이션을 통하여 제시하였다. 시뮬레이션에서 기준으로서 IS-98의 항목으로는 수신감도(Sensitivity), 단일톤 간섭억제(Single Tone Desensitization), 상호변조 스퓨리어스(Intermodulation Spurious) 규격이었으며 이 규격을 만족시키기 위한 수신기의 시스템 잡음지수, 선택도(Selectivity), 제3고조파 차단점등의 각 값들을 시뮬레이션 하였다. 본 논문의 구성은 제II장에서 수신기의 일반적 구조와 시스템 파라메타를 결정하기 위한 이론적 고찰을 하였고, 제III장에서는 컴퓨터 시뮬레이션에 의하여 각종 시스템 파라메타를 결정하였다. 그리고 제IV장에서는 유도한 결과를 검토하고 향후 연구 방향에 관하여 서술하였다.

## II. DS/CDMA 수신기 모델과 설계이론

CDMA 직접 확산 방식에 사용하고있는 수신기의 구성은 수신된 신호를 기저대역으로 내리기 위한 고주파 변환부와 기저대역으로 변환된 신호를 처리하기위한 디지털 신호처리부로 크게 나눌 수있다. 디지털 신호처리부의 기능은 PN(Pseudo Noise)코드 복조회로와 디지털 복조부, 디인터리버, 길쌈 복호부, 음성복호부등으로 구성되어있다. 하드웨어적으로는 고주파 변환부는 저잡음 증폭기, 대역통과 여파기, 혼합기등이 각각 독립적인 컴퍼넌트(Discrete Component)로 구성되어있으며, 디지털 신호처리부는 3개의 주요 CDMA 칩으로 구성되어있다. 쉘컴사에서는 3개의 CDMA 칩을 1개의 칩으로 만들 계획이며, 고주파 변환부도 독립적인 컴퍼넌트들을 MMIC화할 계획이다. 포괄적인 의미의 수신기는 고주파 변환부와 디지털 신호처리부를 모두 포함하지만, 고주파부와 디지털 신호처리부를 달리 구별할때에는 고주파 변환부를 수신부(Receiver), 디지털 신호처리부를

디텍터(Detector) 또는 디모듈레이터(Demodulator)라고한다. 본 논문은 앞의 서론에서 밝힌 바와 같이 고주파 변환부인 수신부의 시스템 설계를 위한 파라메타 추출에 중점을 두었다.

2.1 DS/CDMA 수신기 모델

다음 그림 1은 CDMA 수신기의 블럭도를 간단하게 표현하였다. 실제 시스템을 구현할때에는 중간주파수등 기타의 문제를 고려하여 2중 슈퍼헤테로다인 수신기로 구성하는 것이 일반적 이지만, 여기서는 수신기의 시스템 규격을 유도하기 위해서 각 컴포넌트를 종속연결(Cascade)된 특성으로 볼 수있으므로 시스템을 단순화하여 나타내었다.

수신기의 성능은 비트오율 또는 프레임 오율로 나타내는데, 부가성 백색잡음하에서 길쌈부호화된 코우히어런트 BPSK(Binary PSK)신호의 비트오율의 상한(Upper Bound)  $P_b$ 와 블럭오율의 상한  $P_E$ 은 각각 다

음식과 같다(6-8).

$$P_b \leq \frac{dT(D, N)}{dN} \Big|_{N=1, D=\exp(-E_b/N_0)} \quad (1)$$

$$P_E \leq B T(D, N) \Big|_{N=1, D=\exp(-E_b/N_0)} \quad (2)$$

그리고, 좀더 엄격한(tight)한 오율의 상한은 다음식과 같다[7,8].

$$P_b \leq Q \left( \sqrt{2 d_f \frac{E_c}{N_0}} \right) \exp(d_f \frac{E_c}{N_0}) \frac{dT(D, N)}{dN} \Big|_{N=1, D=\exp(-E_b/N_0)} \quad (3)$$

$$P_E \leq Q \left( \sqrt{2 d_f \frac{E_c}{N_0}} \right) \exp(d_f \frac{E_c}{N_0}) B T(D, N) \Big|_{N=1, D=\exp(-E_b/N_0)} \quad (4)$$

윗 식(1) 부터 식(4)에서  $E_c/N_0$ 는  $rE_b/N_0$ 이고,  $E_b/N_0$

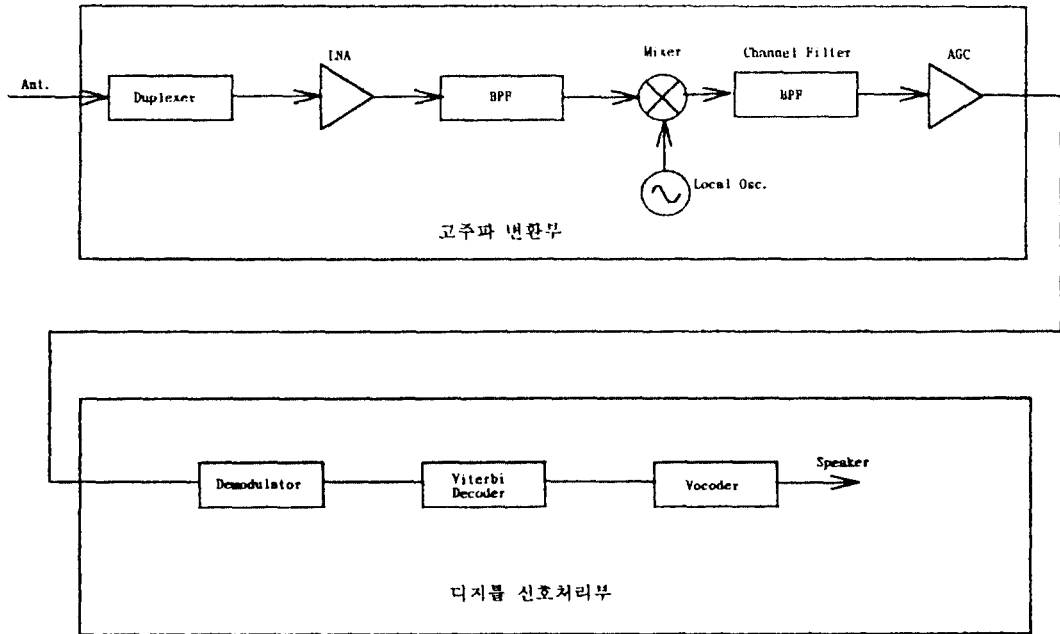


그림 1. DS/CDMA 수신기 블럭도  
Fig. 1. Block Diagram for the DS/CDMA Receiver

는 정보비트에너지 대 잡음전력밀도의 비이며,  $E_b/N_0$ 는 채널 심볼에너지 대 잡음전력밀도의 비이다.  $r=k/n$ 은 코드율(Code rate)이며,  $d_f$ 는 free distance이다. 그리고  $T(D, N)$ 은 길쌈부호기의 전달함수(Transfer Function)이며,  $B$ 는 프레임울 구성하고있는 비트수이다. 그리고  $Q(\cdot)$ 는 복소 에러함수(complementary error function)이며 다음식과 같다.

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} \exp(-\frac{u^2}{2}) du \quad (5)$$

### 2.2 수신감도(Sensitivity)

수신감도는 안테나로 입력된 신호전력이 어느정도 이상일때 수신기가 규정된 오율이하로 동작할수있는 능력을 말하며 수신기의 잡음지수와 직접 관련이있다.

먼저 정보비트에너지 대 잡음전력밀도의 비  $E_b/N_0$ 와 신호대 잡음비와의 관계는 다음식으로 주어진다[9].

$$\frac{C}{N} = \frac{R}{B_n} \frac{E_b}{N_0} \quad (6)$$

여기서  $C$ 는 수신기로 입력된 신호전력이고,  $N$ 는 잡음 전력이다.  $R$ 은 정보비트의 속도(Information bit rate)이고,  $B_n$ 는 수신기의 등가잡음 대역폭이다. 그리고  $N_0$ 는 잡음전력 밀도이다.

한편 수신기 입력단의 등가 잡음전력은 다음식으로 표현할 수있다[11].

$$N = KTB_nF \quad (7)$$

여기서  $K$ 는 볼츠만 상수로서  $1.38 \times 10^{-23}$  joules/°K,  $T$ 는 절대온도로서 상온에서 290°K,  $B_n$ 는 등가잡음 대역폭,  $F$ 는 잡음계수(Noise Factor)이다. 그러므로 위의 두식(6)과 (7)로부터 수신기의 잡음계수는 다음 식(8)와 같이 유도할 수 있다.

$$F = \frac{C}{KTB_n} \frac{N_0}{E_b} \frac{B_n}{R} \quad (8)$$

이 식으로부터  $E_b/N_0$ 의 값이 주어졌을때 수신기의 잡음

지수를 구할 수있다.

### 2.3 단일톤 간섭억제(Single Tone Desensitization)

희망신호 주파수로부터 어느정도 주파수 이격된 간섭 신호가 수신기로 입력될때 그 간섭의 영향을 배제할 수 있는 능력이 단일톤 간섭억제이며, 이 특성으로부터 수신기의 선택도를 결정할 수있다.

일반적으로 수신기의 대역통과 필터는 통과대역 이외의 모든 주파수 성분은 이상적으로 차단시켜야 되지만 실제 구현의 측면에서 볼때 완벽한 차단은 불가능 하므로, 일반적으로 중심주파수에서 어느정도 이격된 주파수에서 감쇄특성을 정의한다. 이를 선택도라고하며, 수신 시스템내에 사용하고있는 수신필터들의 종속 연결된 특성을 나타낸다. 즉, 선택도는 수신필터가 상호 종속연결된 종합적인 특성을 의미한다. 그러므로 선택도가 결정 되면 각단(Stage)에 사용할 필터의 차단특성을 배분한다. 간섭신호는 PN 코드에 의하여 역확산되어 잡음전력 밀도를 증가시키는데 이때의 잡음전력밀도  $N_t$ 는 부가성 백색잡음전력밀도와 간섭에 의한 잡음전력밀도를 합한 값으로 된다[6]. 그러므로 정보비트에너지대 잡음전력밀도의 비는 다음 식(9)와 같이 쓸수있다.

$$\frac{E_b}{N_t} = \frac{E_b}{(N_0 + N_j)} \quad (9)$$

여기서 간섭잡음이 수신필터를 지나면서 수신 필터에 의하여 그 전력이 차단되므로 간섭에 의한 잡음전력밀도  $N_j$ 는

$$N_j = (P_j - 10^{\frac{L_p(f)}{10}}) / W \quad (10)$$

이며  $P_j$ 는 간섭전력(Watts)이고,  $L_p(f)$ 는 필터의 감쇄량(dB)으로 주파수의 함수이다. 그리고  $W$ 는 CDMA 확산대역폭(Hz)이다.

그러므로 전체 잡음전력밀도는

$$\begin{aligned} N_t &= N_0 + N_j = K T F + \frac{P_j - 10^{\frac{L_p(f)}{10}}}{W} \\ &= K T F_j \end{aligned} \quad (11)$$

이며, 여기서  $F$ 는 수신기의 잡음계수,  $F'_s$ 는 간섭신호가 존재할때의 새로운 잡음계수이다. 이 수식에서 알 수 있는 바와 같이 수신기로 입력된 간섭잡음은 필터에 의하여 간섭전력이  $L_p(f)$ 만큼 감쇄되므로 이 관계로부터 신호 중심주파수로부터 어느정도 주파수 이격된 지점의 감쇄값을 알 수 있다면 결국 선택도를 결정할 수 있다.

#### 2.4 상호변조 스푸리어스(Intermodulation Spurious)

안테나를 통하여 수신기로 입력된 DS/CDMA 신호는 먼저 이동통신에 사용하는 주파수대역 외의 신호를 차단하기 위하여 25 MHz대역폭을 갖는 대역통과 여파기를 통과하게 된다. 그리고 주파수 Down conversion된 후에 1.23 MHz의 대역폭을 갖는 채널필터에 의하여 원하는 신호만 통과시킨다.

그런데 외부 재밍 간섭신호가 채널필터 통과대역외에 존재하는 경우에도 DS/CDMA 수신에 영향을 미치는 경우가 있는데 이는 채널필터 전단에 사용한 컴퍼넌트들이 비직선성을 갖기때문이다. 즉, 재밍간섭신호가 CDMA 통과대역(대역폭 1.23 MHz)외에 있어도 수신기의 비직선성에 의하여 그 간섭신호들이 상호변조되며, 상호변조로 발생된 스푸리어스 신호성분이 통과대역내에 존재하게 되면 역시 마찬가지로 DS/CDMA 수신성능을 저하시킨다. 만일 수신기에 비선형소자가 없다면 상호변조 스푸리어스는 발생되지 않는다.

CDMA 통과대역 외에 존재하는 간섭신호는 그림1에 나타난 바와 같이 채널필터 전단에 있는 듀플렉서, 저잡음증폭기, 대역통과 여파기(통과대역폭 25 MHz), 혼합기(Mixer)등을 지나게 된다. 즉 이런소자(Device)들의 비직선성에 의하여 상호변조가 발생되게 된다. 실제로 비선형성이 가장 많은 소자는 혼합기(Mixer)가 대표적이며, 그외에도 증폭기등이 있다.

일반적으로 스푸리어스항중 가장 크기가 큰 제3고조파가 CDMA 통과대역내에 존재하게 되고 간섭을 일으키게 된다.

상호 변조에 의하여 발생된 스푸리어스 전력은 수신기의 제3고조파 차단특성과 다음과 같은 관계가 있다 [11].

$$P_s = S - 2(IP3 - S) \quad (12)$$

여기서  $IP3$ 는 수신기의 제3고조파 출력 차단(dBm)이고,  $S$ 는 간섭신호의 전력(dBm) 그리고  $P_s$ 는 간섭신호에 의하여 발생되는 스푸리어스 전력(dBm)이다.

이 스푸리어스 신호는 CDMA 통과대역내에 들어왔을 때 외부의 재밍간섭에 의한 영향과 동일하다. 이때의 정보비트 에너지대 잡음전력밀도의 비  $E_b/N_t$ 는 잡음 전력밀도가 부가성 백색 잡음에 의한 백색 잡음전력밀도  $N_0$ 와 통과대역내에 들어온 스푸리어스 신호에 의한 스푸리어스 잡음전력밀도  $N_s$ 의 합이되어 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{E_b}{N_t} = \frac{E_b}{(N_0 + N_s)} \quad (13)$$

여기서 스푸리어스에 의한 간섭잡음 전력밀도는 앞에서와 마찬가지로 다음과 같이 쓸수있다.

$$N_s = \frac{P_s}{W} \quad (14)$$

여기서  $P_s$ 는 스푸리어스전력(Watts)으로서,

$$ps(dBm) = 10 \times \log(P_s(\text{Watts}) \times 10^3) \quad (15)$$

의 관계가 있고,  $W$ 는 확산대역폭(Hz)다. 그러므로 전체 잡음전력밀도는

$$\begin{aligned} N_t &= N_0 + N_s \\ &= K T F + \frac{P_s}{W} \\ &= K T F' \end{aligned} \quad (16)$$

여기서  $F$ 는 수신기의 잡음계수이며,  $F'_s$ 는 통과대역내에 스푸리어스 주파수가 존재할때 새로운 잡음계수이다. 여기서  $P_s$ 는 식(15) 및 (12)에 나타난 바와 같이 제3고조파 출력점의 함수가 되어있으므로 수신기의 제 3고조파 점이 변화하면, 스푸리어스 전력이 변화하고 결국 시스템 잡음지수가 변화한다.

### Ⅲ. IS-98 이동국 수신부 최소규격에 의한 시뮬레이션

이 장에서는 DS/CDMA 방식에서 사용하고있는 현실적인 파라메타를 대입하여 시뮬레이션 하기위하여 무선규격(CAI: Common Air Interface)인 IS-95와 이동국 최소규격인 IS-98에서 규정하고있는 값들을 사

용하기 위하여 간략히 그 파라메타 값을 서술하고 그 값에 의하여 시뮬레이션 결과를 나타내었다.

3.1 길쌈부호화와 시스템 오율

무선규격인 IS-95에서 규정하고있듯이 동기채널(Sync Channel), 호출채널(Paging Channel), 그리고 통화채널(Traffic Channel)은 길쌈부호(Convolutional Code)화 되어 전송된다. 그런데 이동국에서 송신하는 역방향 채널(Reverse Channel)과 기지국에서 송신하는 순방향 채널(Forward Channel)인 경우 길쌈 부호화기가 각각 상이하다. 이 논문에서는 이동국의 상호변조특성에 의한 영향을 고려하고자 하므로 이동국이 수신하는 순방향 길쌈 부호화에 관하여 고려하자.

순방향 채널인 경우 길쌈 부호화는 부호율(r)이 1/2 이고 구속장(k)이 9 이다. 길쌈부호의 생성함수(generator function)는  $g_0=753(8진수)$ 와  $g_1=561(8진수)$ 이다. 부호율 1/2가 의미하는 바는 각각 1개의 비트가 입력되어 비트당 2개의 코드심볼이 생성됨을 의미한다.

한편 IS-98의 이동국 수신부(Receiver) 규격은 최소 규격을 언급하고있다. 따라서 이동국 수신부 파라메타 결정에 적용할 오율식은 시스템의 안정적인 설계를 위하여 식(3) 및 식(4)보다는 식(1) 및 식(2)를 사용하고자 한다. 식(1) 및 식(2)에서 부가성 백색잡음만 존재하는

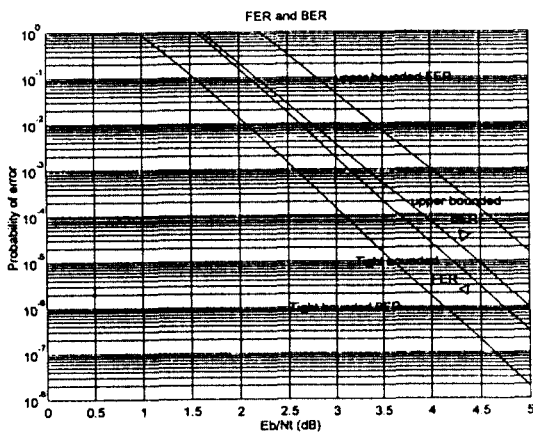


그림 2. 프레임 오율 및 비트오율  
Fig. 2. Frame Error Rate and Bit Error Rate

경우에는  $E_b/N_0$ 를 직접 대입하지만, 간섭이 존재하는 경우에는  $E_b/N_0$ 는 식(11) 및 식(16)에 나타난  $E_b/N_t$ 를 대입하여야 한다. 다음 그림 2는 프레임 오율 및 비트 오율을 나타내고있다. 이 그림의 가로축에 나타난  $E_b/N_t$ 는 부가성 백색잡음만 존재할때는 식(11) 및 식(16)에 나타난  $N_j$  및  $N_0$ 가 영인 경우이므로  $E_b/N_t$ 는  $E_b/N_0$ 와 동일하다. 다음에 서술할 수신기의 각 규격의 시험조건이 데이터의 속도가 9600 bps(Bit per Second)인 통화채널을 사용한다. 따라서 한개 프레임의 길이는 20 msec이고 데이터의 갯수는 192 비트로 구성되어있다.

다음 그림 3은 그림 2를 변형한 것으로서  $E_b/N_0$ 값을 고정 한후 간섭의 영향에따른 프레임 오율의 상한(Upper bound)을 시뮬레이션한 값이다. 이 그림에서 보는 바와 같이  $E_b/N_0$ 의 값이 클수록 오율이 낮아짐을 알수있다. 그리고 W는 CDMA 확산대역폭이고, R은 정보비트율이므로 W/R은 DS/CDMA 시스템의 처리이득(Processing Gain)이다. 마찬가지로 처리이득이 크면 클수록 오율이 낮아진다.

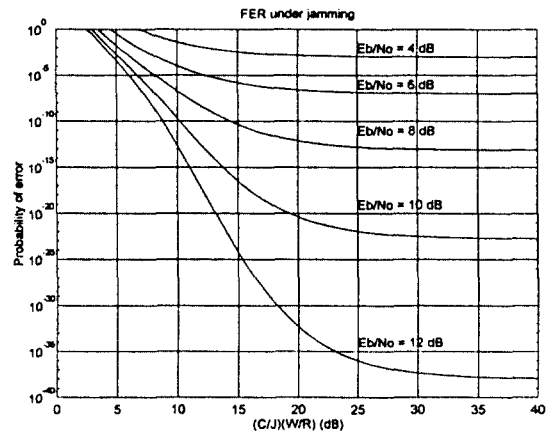


그림 3. DS/CDMA 시스템에서 간섭이 존재할때의 오율  
Fig. 3. Performance of a DS/CDMA system under Jamming

3.2 이동국 수신부 최소규격

이동국 수신부의 수신기 감도, 단일톤 간섭억제, 상호 변조 스푸리어스를 측정할때에는 무선채널에서 발생되는

페이딩이나 다중파환경이 아닌 부가성 백색잡음(AWGN : Additive White Gaussian Noise)환경하에서 측정한다[5].

3.2.1 수신기 감도

먼저 IS-98에서 규정하고있는 수신감도의 시험 파라메타는 다음 표1과 같다.

표 1. 수신기 감도와 동작범위 시험 파라메타  
Table 1. Test parameters for Receiver Sensitivity and Dynamic Range

파라메타	단위	시험 1	시험 2
수신전력	dBm/1.23MHz	-105	-25
(Pilot Ec)/Ior	dB	- 7	
(Traffic Ec)/Ior	dB	- 15.6	

여기서 수신전력은 안테나 입력단자로 들어가는 전력이며, (Pilot Ec)/Ior은 전체 송신전력 스펙트럼 밀도에 대한 파일럿 채널의 단위칭당 평균 송신에너지의 비이고, (Traffic Ec)/Ior는 전체 송신전력 스펙트럼 밀도에 대한 순방향 통화채널의 단위칭당 평균 송신에너지의 비이다. 그리고 시험 측정법은 다음 그림 4와 같다. 이 그림에서 나타난 바와 같이 부가성 백색잡음(AWGN) 발생기나 톤(CW Tone) 발생기를 연결하지 않고 측정하므로 송신전력과 수신전력은 동일하다. 그러므로 수신기내부에서 발생되는 잡음이 주된 잡음원이된다.

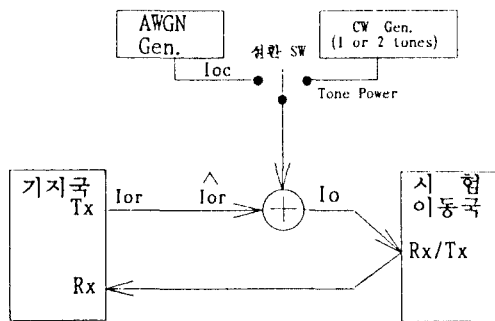


그림 4. 수신기 감도측정도  
Fig. 4. Functional set-up for sensitivity test

수신감도 최소규격은 위와같은 시험파라메타로 시험하여 프레임 오류가 0.005를 넘지말아야 한다. 이때 프레임 오류를 측정하기위하여 전송하는 채널은 통화채널이고 속도는 9600 bps(Bit per Second)이다.

표1의 값으로 식(8)을 이용하여 시스템 잡음지수와 Eb/No의 관계를 시뮬레이션한 결과는 다음 그림 5(a)와 같다.

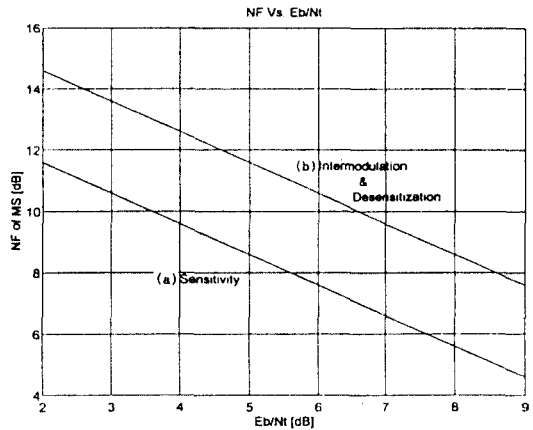


그림 5. 부가성 백색잡음하의 이동국 시스템 잡음지수와 Eb/Nt  
(a) 수신감도  
(b) 단일톤 간섭억제 및 상호변조스퓨리어스  
Fig. 5. Mobile Station System NF and Eb/Nt under AWGN  
(a) Sensitivity  
(b) Intermodulation and Desensitization

위의 그림2에서 프레임 오류 0.005를 만족시키는 Eb/No의 값은 약 3.6 dB이다. 그러므로 그림 5(a)에서 Eb/No가 3.6일때 시스템 잡음지수는 약 10dB이다 (이 그림 5는 수신기 감도 시뮬레이션 뿐만아니라 다음에 계속하여 설명할 단일톤 간섭억제 및 상호변조 스퓨리어스가 존재할때의 이동국 잡음지수를 동시에 표현하였다. 그러므로 수신기 감도항에서는 외부 간섭이 존재하지 않으므로 Eb/Nt = Eb/No이고 세로축의 이동국 시스템 잡음지수는 외부 간섭이 존재하지 않을때의 이동국 수신입력단의 시스템 잡음지수이다). 실제로 시스템을 설계할때에는 어느정도의 여유를 항상 고려한다. 대부분 켈컴사에서 이동국 잡음지수로 언급하는 값은 8 dB이다 [12]. 이 값은 그림 2 및 그림5 (a)의 시뮬레이션 결과

와 비교하면  $E_b/N_0$ 의 값에 시스템 여유 약 2.0 dB를 고려한 값이라는 것을 알 수있다.

3.2.2 단일톤 간섭억제

수신기의 단일톤 간섭억제 최소 성능시험을 위하여 주어 진 규격은 다음 표2 와 같고 최소규격은 프레임 오울 이 0.01이하로 규정되어있다. 이때 프레임 오울을 측정 하기위하여 전송하는 채널은 통화채널이고 속도는 9600 bps(Bit per Second)이다. 그리고 표2에서 보는 바와 같이 채널신호는 중심주파수로부터 +/- 900 KHz 떨어진 간섭 톤을 이용한다.

표 2. 단일톤 간섭억제 시험 파라메타  
Table 2. Test Parameters for Single Tone Desensitization

파라메타	단위	시험 1	시험 2
중심주파수로부터 간섭톤이격	KHz	+900	-900
간섭톤 전력	dBm	-30	
수신전력밀도	dBm/1.23 MHz	-102	
(Pilot Ec)/Ior	dB	-7	
(Traffic Ec)/Ior	dB	-15.6	

여기서 (Pilot Ec)/Ior 및 (Traffic Ec)/Ior은 표1 에서 설명한바와 같다. 그리고 단일톤 간섭억제를 시험 하기 위한 측정도는 그림4의 절환 스위치를 CW 톤발생 기에 연결하고 측정한다.

그림 2로부터 시스템 상한 규격인 프레임 오울 0.01 을 발생하는  $E_b/N_t$ 값은 3.4 dB이다. 따라서 표 2의 시험 파라메타를 가지고 식(8) 및 식(11)에 의하여 간 섭신호가 존재할때의 새로운 잡음지수는 그림 5(b)에서 약 13.2dB로 시뮬레이션 되었다.

그림 6은 식(11)을 이용하여 이동국의 잡음지수를 5dB부터 10dB까지 변화시킬때 중심주파수로부터 +/-900KHz 떨어진 지점의 감쇄특성을 나타내고있다. 물론 선택도의 -3dB 통과 대역폭은 CDMA송신 신호 대역폭과 동일한 1.23MHz 이다.

그림 6의 결과를 표 3에 이동국의 잡음지수와 선택도의 감쇄값으로 나타내었다. 만일 이동국의 잡음지수를 8dB로 정한다면 수신 캐리어 주파수로부터 +/-900

KHz 떨어진 지점의 감쇄특성은 -71.4dB가 된다.

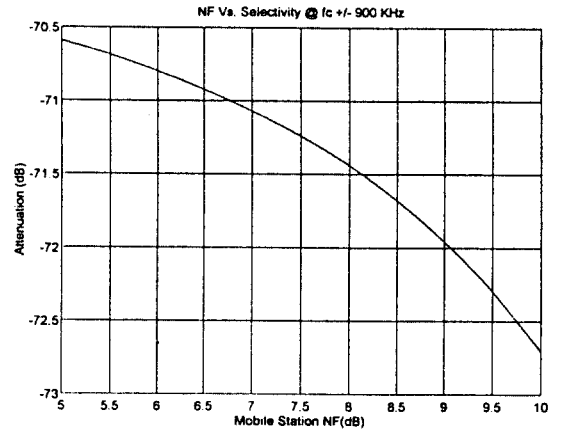


그림 6. 이동국의 잡음지수와 선택도의 감쇄값  
Fig. 6. MS NF and attenuation for selectivity

표 3. 이동국 잡음지수와 선택도의 감쇄값  
Table 3. Mobile Station NF and attenuation for selectivity

이동국 잡음지수(dB)	감쇄량 Lp(dB)
6	-70.8
7	-71.1
8	-71.4
9	-72.0

3.2.3 상호변조 스퓨리어스

수신기의 상호변조 스퓨리어스 최소 성능시험을 위하여 주어 진 규격은 다음 표4와 같고 최소규격은 프레임 오울이 0.01이하로 규정되어있다.

이 표 4에 나타낸 바 와 같이 외부 간섭톤은 중심주 파수로부터 +900 KHz 및 +1700 KHz, 그리고 - 900 KHz 및 -1700 KHz 이격되어있으므로 제3고조 파는 중심주파수로부터 각각 +100 KHz 및 - 100KHz 이격된 주파수에서 나타난다. 그 외의 제 5고 조파는 중심주파수로부터 -700KHz 및 +700KHz에 나타난다. CDMA 통과대역 주파수가 중심주파수 +/- 615KHz (대역폭 1.23MHz) 이므로 통과대역내에 존 재하는 스퓨리어스항은 제3고조파 뿐이다. 프레임 오울 을 측정하기 위한 시험 측정도는 그림 4의 절환 스위치



표 4. 상호변조 스퓨리어스 응답감쇄 시험파라메타  
Table 4. Test parameters for intermodulation spurious response attenuation

파라메타	단위	이동국		이동국	
		1등급		2등급, 3등급	
파라메타	단위	시험 1	시험 2	시험 1	시험 2
중심주파수로부터 1의 이격	KHz	+900	-900	+900	-900
톤1의 전력	dBm	-40		-43	
중심주파수로부터 2의 이격	KHz	+1700	-1700	+1700	-1700
톤2의 전력	dBm	-40		-43	
수신전력 Ior	dBm/1.23MHz	-102		-102	
(Pilot Ec)/Ior	dB	-7		-7	
(traffic Ec)/Ior	dB	-15.6		-15.6	

를 CW 톤발생기에 연결하고 측정한다.

최소규격인 프레임 오율 0.01을 유지하기위한 평균 비트에너지대 잡음전력밀도의 비 Eb/Nt는 그림2로부터 3.4 dB이다. 물론 여기서 Nt는 부가성 백색잡음에 의한 잡음전력밀도와 스퓨리어스항에 의한 스퓨리어스 잡음전력밀도의 합이다. 따라서 표3의 시험파라메타를 가지고 식(8) 및 식(16)에 의하여 스퓨리어스가 존재할때의 새로운 잡음지수는 그림5(b)에서 약 13.2 dB로 시뮬레이

션 되었다. 그러므로 이동국 잡음지수에 따른 제3고조파 입력차단점과의 관계는 식(12) 및 식(16)을 이용하여 그림 7에 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 이 그림에서 MS Type1은 제1형 이동국이고, MS Type2,3는 제2형 및 제3형 이동국이다.

예를들어 이동국 수신부의 잡음지수가 8dB인경우, 제1형 이동국의 제3고조파 입력차단점은 -9.4dBm, 그리고 제2형 및 제3형 이동국인경우에는 -13.9dBm이다. 그리고 그림 7의 결과는 이동국 제1형과 제2,3형의 제3고조파 입력차단점은 이동국의 잡음지수와 무관하게 약 4.5dB 차이가 나는 것을 알수있다.

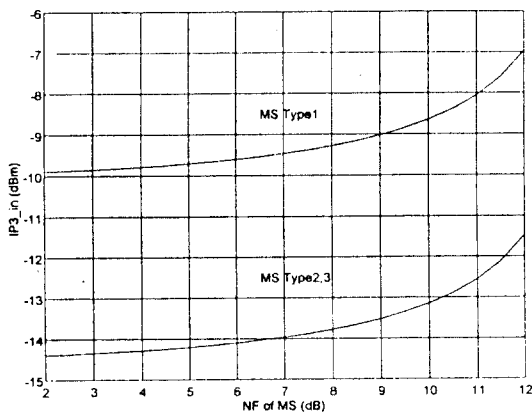


그림 7. 이동국 잡음지수와 제3고조파 입력점  
Fig. 7. Mobile station noise figure and 3rd order input intercept point

#### IV. 결 론

본 논문에서는 DS/CDMA 이동통신 방식에 사용하기 위하여 한창 개발이 진행중인 이동국을 대상으로 이론적 설계값을 유도하였다. 특히, 이동국의 고주파 수신부를 구현하기 위한 시스템 파라메타를 시뮬레이션을 통하여 도출하였다. 파라메타 도출을 위하여 사용한 규격은 이동국 최소 표준규격인 IS-98을 기준으로하였으며, 시뮬레이션시 사용한 항목으로는 수신감도(Sensitivity), 단일톤 간섭억제(Single Tone Desensitization), 상호변조 스퓨리어스(Intermodulation Spurious) 규격

이였으며 이 규격을 만족시키기 위한 수신기의 시스템 잡음지수, 선택도(Selectivity), 제3고조파 차단점등의 각 값들을 시뮬레이션 하였다.

시뮬레이션 결과 이동국의 수신감도를 만족시키는 수신부의 최대 시스템 잡음지수는 약 10dB였고, 이 값은 웰컴사에서 자주 언급하는 이동국의 잡음지수보다 약 2 dB 시스템 여유를 갖는 것을 알 수있었다. 그리고 이동국의 잡음지수가 8dB인 경우, 이동국 최소규격을 만족하는 선택도는 수신 캐리어로부터 900 KHz떨어진 지점에서 -71.4dB 이였으며, 제3고조파 차단점은 제 1형 이동국인 경우 -9.4dBm, 제2 및 3형 이동국인 경우는 -13.9dBm 이었다. 실제 이동국을 제작할때에는 제작사마다 이동국 잡음지수를 달리 선택할 수도 있으므로, 이동국 시스템 잡음지수가 8dB가 아닌 경우에도 이 논문의 결과를 직접 활용할 수 있도록 시뮬레이션 결과를 그림으로 나타내었다.

이 논문의 결과는 DS/CDMA 이동국을 구현할때 시스템 설계값으로 직접 사용할 수있을 것이다. 향후의 연구방향은 수신 시스템이아니라 수신기를 구성하고있는 각 디바이스의 규격에따른 성능변화에 중점을 둘 예정이다.

참고문헌

1. K. Gilhousen, et al, "On the Capacity of a Cellular CDMA System", IEEE Trans. on Veh. Tech., VT-40, pp.301-312, May. 1991.
2. M. Heath, P.Newson, "On the capacity of spread spectrum CDMA for mobile radio", IEEE VTC'92, Denver,CO pp.985-988, May. 1992.

3. C.Trabelsi, A. Yongacoglu, "A reduced Complexity DS-CDMA System for Personal Communication Networks", IEEE Trans. on Veh. Tech., Vol.43, no.3, pp.577-583, Aug. 1994.
4. TIA/EIA, IS-95 Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System, Feb. 1993.
5. TIA/EIA, IS-98 Recommended Minimum Performance Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular Mobile Station, Feb. 1994.
6. R. Ziemer, R. Reterson, Digital Communications and Spread Spectrum Systems, Macmillan Publishing Company, pp.332-333, 1985.
7. B.Skalar, Digital Communications, Prentice-Hall, 1988.
8. A. Viterbi, Principles of Spread Spectrum Multiple Access Communication, Qualcomm, ch. 5, April. 1994.
9. W.C.Y.Lee, Mobile communications design fundamentals, 2nd ed. John Wiley&Sons, ch. 9, 1993.
10. K. Feher, Digital Communications, Prentice-Hall, 1983.
11. S.Erst, Receiving System Design, Artech House, ch. 4, 1984.
12. Qualcomm, CDMA System Engineering Training Handbook, April. 1993.



金南秀 (Nam Soo Kim) 정회원

1957년 10월 16일생

1981년 2월 : 광운대학교 전자공학과  
졸업(공학사)

1983년 2월 : 연세대학교 대학원 전  
자공학과 졸업(공학석  
사)

1991년 3월 : 연세대학교 대학원 전  
자공학과 졸업(공학석  
사)

1986년 7월 ~ 1994년 2월 : 한국전자통신연구소 무선기술  
연구실 선임연구원, 실장역임

1994년 3월 ~ 현재 : 청주대학교 정보통신공학과 교수

※ 주관심분야 : 디지털 이동통신, 무선시스템