

IMT-2000 수신시스템의 성능평가

Performance Evaluation of IMT-2000 Receiving System

주재한
송호대학

Ju Jae-Han
Songho Univ.

요약

본 연구는 IMT-2000 수신시스템 파라미터들을 분석하기 위하여 현재 상용화된 제품인 DCS와 PCS들을 비교 및 분석하였다. 수신감도의 파라미터인 잡음지수 최소규격은 DCS의 경우 9.731dB, PCS의 경우 6.746dB, IMT-2000의 경우 7.99dB이며, 각 수신시스템 설계의 시뮬레이션 결과, 수신시스템 전체 잡음지수는 7.21dB, 6.03dB, 7.89 dB로 각각 도출되었다. 따라서 IMT-2000은 DCS와 PCS의 수신시스템보다 잡음여유도가 훨씬 적음을 알 수 있다.

Abstract

In this paper, we examined receiving parameters of IMT-2000 receiving system and also analyzed them through simulation based on the minimum specification of DCS and PCS mobile station. As a result of simulation, noise figure which is the parameter of specification of the receiving sensitivity is 7.21dB, 6.03dB, and 7.89dB in case of DCS, PCS and IMT-2000 respectively. Therefore we found the receiving sensitivity of IMT-2000 mobile station lower than that of DCS and PCS.

I. 서론

현대사회가 고도 정보화 사회로 접어들면서 각 개인의 경제적 활동이 점차로 증대되고 산업활동에서 정보 전달의 비중이 높아짐에 따라 통신의 궁극적 목표인 언제, 어디서, 누구에게나 통신할 수 있는 시스템 요구가 된 시점에서 차세대 이동통신인 IMT-2000 시스템에 대하여 전세계적으로 활발히 연구되고 있다. IMT-2000 시스템은 국가별로 운영되고 있는 다양한 이동통신 시스템의 규격을 통일하여 세계 어느 곳에서도 하나의 단말기로 통신이 가능하며 고품질의 음성, 초고속데이터, 영상 등 무선 멀티미디어 통신이 가능한 서비스이다[1][2]. 또한 다양한 이동통신 수신시스템의 규격을 통일하여 고품질의 서비스를 위한 시스템의 최소 규격에 의한 수신성능

개선을 위해서 각 파라미터들이 분석되어야 한다. IMT-2000은 CDMA방식을 채택하였고, CDMA방식으로 현재 사용중인 시스템은 DCS와 PCS이 있다. 이러한 DCS와 PCS의 최소 규격에 따른 파라미터와 IMT-2000의 최소규격과 비교한 분석이 이뤄져야 한다[3][4][5][6].

본 연구에서는 DCS, PCS, IMT-2000의 최소 규격 기준으로 수신기의 수신감도, 단일톤 둔감도, 상호 변조 스퓨리어스를 이용하여 수신전력이득, 잡음지수, 제 3고조파 차단점 등을 분석하고 이러한 시스템 파라미터들이 수신기에 미치는 영향을 고려하여 수신시스템 설계를 하고자 한다.

II. 수신성능 파라미터

2.1 수신감도

수신감도는 어느 정도의 미약한 전파까지를 수신하여 충실하게 정보를 재생할 수 있는가를 나타내며 외부의 간섭없이 주어진 신호 대 잡음 비를 얻는데 필요한 최소 수신 신호 레벨에 의해서 정의된다[1]. 전체 수신시스템에서 잡음이 발생하는 소자들이 다단의 종속 연결시 잡음계수는 식 (1)과 같다[7].

$$F_T = F_{dup} + \frac{(F_{LNA} - 1)}{G_{dup}} + \dots \quad (1)$$

위 식에서 F_T 는 전체 시스템의 잡음계수, F_{dup} 는 듀플렉서의 잡음계수, F_{LNA} 는 저잡음 증폭기의 잡음계수, G_{dup} 는 듀플렉서의 이득이다. 또한 잡음지수인 NF 는 잡음계수 F 를 dB로 나타낸 것으로 식 (2)와 같다[6].

$$NF = 10 \log F \quad (2)$$

수신기의 잡음지수는 식 (2)와 같이 저잡음증폭기의 잡음특성에 의해 전체 잡음지수가 크게 좌우됨을 알 수 있다.

2.2 단일톤 둔감도

희망 신호 주파수로부터 어느 정도 주파수 이격된 간섭신호가 수신기로 입력될 때 그 간섭의 영향을 배제할 수 있는 능력이 단일톤 둔감도이며 이 특성으로부터 수신기의 선택도를 결정할 수 있다[2]. 간섭신호는 PN코드에 의해 역확산되어 잡음전력밀도를 증가시키고 간섭전력이 수신필터를 지나면서 수신필터에 의해 그 전력이 차단된다. 따라서 전체 잡음전력 밀도는 식 (3)과 같다[7].

$$N_i = N_o + N_i = kTF + \frac{P_i - 10 \frac{L_F(f)}{10}}{B} = kTF_i' \quad (3)$$

위 식에서 P_i 는 간섭전력, $L_F(f)$ 는 수신필터의 선택도로 주파수함수, F_i' 는 간섭신호가 존재할 때의 새로운 잡음계수이다. 수신기로 입력된 간섭잡음은 필터에 의하여 간섭전력이 $L_F(f)$ 만큼 감쇄되므로 이 관계로부터 신호주파수로부터 어느 정도 주파수 이격된 지점의 감쇄값을 알 수 있다면 선택도를 결정할 수 있다[1].

2.3 상호변조 스퓨리어스응답

두 개 이상의 신호성분이 비선형 소자를 통과하게 되면 상호변조 스퓨리어스가 발생된다. 이러한 상호변조의 원인은 저잡음 증폭기 또는 혼합기의 비선형 때문에 발생되며, 상호변조 스퓨리어스중에서 제 2고조파 성분과 제 3고조파 성분이 가장 크며 이중에서도 고려의 대상이 되는 것은 제 3고조파 성분이다[1]. 따라서 전체 잡음전력밀도는 식 (4)와 같다.

$$N_i = N_o + N_s = kTF + \frac{P_s}{W} = kTF_s' \quad (4)$$

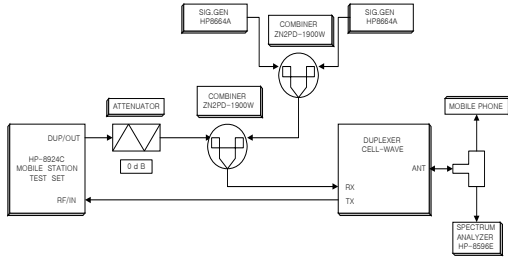
위 식에서 P_s 는 신호전력 레벨, F_s' 는 통과대역내에 스퓨리어스 주파수가 존재할 때 새로운 잡음계수이다.

비선형 소자가 다단의 종속 연결시 제 3고조파 차단점은 식 (5)와 같다[7].

$$IP3_T = \frac{1}{\frac{1}{IP3_{dup}} + \frac{G_{dup}}{IP3_{LNA}} + \dots} \quad (5)$$

III. 시뮬레이션

수신기의 감도, 단일톤 둔감도, 상호변조 스퓨리어스에 의한 응답감쇄 규격을 측정하기 위하여 그림 1과 같이 구성하여 측정하였다.



▶▶ 그림 1. 시험 구성도

또한 표 1과 같이 시스템의 전체 잡음지수는 9.70672dB이고 IIP3값은 3.66729dBm이다. 따라서 요구된 잡음지수와 IIP3에 대하여 각각 0.364 28dB와 17.26729dBm의 마진을 갖는다.

[표 1] 수신시스템의 파라미터 성능

	듀플렉서	저잡음 증폭기	RF 필터	혼합기	IF 증폭기	IF 필터	자동이득 조절기	시스템 설계치
이득	-3	15	-3	-12	14	-9	-45~45	47
잡음지수	3	1.4	3	12	1.4	9	8	9.70672
IIP3	100	15	100	13	15	100	100	3.66729

3.1 수신기감도 파라미터

수신기감도는 안테나로 입력된 신호전력이 어느 레벨이상이 될 때 수신기가 규정된 오율이하로 동작할 수 있는 능력을 말하며 DCS, PCS, IMT-2000시스템의 수신감도 시험 파라미터는 각각 IS-98C, J-STD-018, 3GPP에서 규정하고 있으며 표 2와 같다.

[표 2] 수신감도 시험 파라미터

	DCS	PCS	IMT-2000
\hat{I}_{or} (dBm)	-104	-104	-106.7
$(Traffic E_c)/I_{or}$ (dB)	-15.6	-15.6	-10.3
FER/BER	0.005	0.005	0.001

각 시험에서 프레임 오율은 95%의 신뢰도로 IS-98C와 J-STD-018은 0.005, 3GPP는 0.001을 초과해서는 안된다.

표 1과 같이 수신 시스템을 구성하고 표 2의 시험 파라미터를 이용하면 수신 시스템의 잡음지수는 실온에서 약 6.4382dB정도이고 이득은 46.5dB이며 IIP3는 -6.6352dBm이다. 그러므로 수신기 시스템에서 전체 잡음지수 7.99dB 이하로 잡음없이 설계되어야 함을 알 수 있다. DCS와 PCS 및 IMT-2000시스템의 수신감도를 비교 분석한 시스템 파라미터 비교 표는 표 3과 같다. 그리고 표 3과 같이 $E_b/N_t=7$ 일때 IMT-2000의 잡음지수는 약 8dB가 요구된다.

[표 3] 수신기감도를 위한 잡음지수 파라미터

파라미터	DCS	PCS	IMT-2000
\hat{I}_{or}	-104	-104	-106.7
BW(MHz)	1.25	1.25	5.00
Chip Rate	1.2288	1.2288	3.84
Data Rate	9.6	14.4	12.2
Traffic E_c/I_{or} (dB)	-15.6	-15.6	-10.3
P.G(dB)	21.07	19.311	24.98
Thermal Noise(KT)	-174dB/Hz -113.031/1.25	-174dB/Hz -113.031/1.25MHz	-174dB/Hz -107.01/5MHz
E_b/N_t (dB)	4.5	6.0	7.0
loc(dB)	-103.03	-106.285	-99.02
NF(dB)	9.731	6.746	7.99

3.2 단일톤 둔감도 및 상호변조 특성

할당 채널의 중심 주파수로부터 주어진 주파수 옵셋만큼 떨어진 곳에 단일 톤이 존재할 때의 단일 톤 둔감도와 두 개의 간섭 CW톤이 존재할 때의 상호변

조 스푸리어스에 의한 응답감쇄는 할당된 채널 주파수에서 CDMA신호를 수신하는 수신기 능력의 측정치이다.

표 4와 표 5는 DCS, PCS, IMT-2000시스템의 단일톤 둔감도 및 상호변조 스푸리어스에 의한 응답감쇄의 시험 파라미터이다.

[표 4] 단일톤 둔감도의 시험 파라미터

	DCS	PCS	IMT-2000		
\hat{I}_{or} (dBm)	-101	-101	-92.7	-103.7	
$(Traffic E_c)/I_{or}$	-15.6	-15.6	-10.3	-10.3	
톤전력(dBm)	-30	-30	-52	-56	-44
톤주파수(MHz)	±0.9	±1.25	±5	±10	±15
FER/BER	0.01	0.01	0.001	0.001	

상호변조 스푸리어스에 의한 응답감쇄는 표 5와 같이 희망과 신호를 14400bps 전송속도로 데이터를 보내고 ±1.25 MHz, ±2.05MHz 주파수 이격에 한해서 -43dBm전력을 공급하여 시험한다.

[표 5] 상호변조 스푸리어스 응답감쇄 시험 파라미터

	DCS	PCS	IMT-2000
\hat{I}_{or} (dBm)	-101	-101	-103.7
$(Traffic E_c)/I_{or}$	-15.6	-15.6	-10.3
톤 전력(dBm)	-43	-43	-46
톤주파수(MHz)	±0.9 ±1.7	±1.25 ±2.05	±10 ±20
FER/BER	0.01	0.01	0.001

DCS, PCS, IMT-2000 수신시스템의 상호변조 스푸리어스 응답감쇄에 따른 시험 파라미터를 분석한 3차 고조파 차단점인 IIP3는 표 6과 같이 각각 -12.985dB, -11.35dB, -19.49dB이었으며 IMT-2000 수신시스템의 외부잡음 여유도가 타 시스템 보다 큼을 알 수 있다.

[표 6] 상호변조 스푸리어스응답감쇄를 위한 파라미터 분석

	DCS	PCS	IMT-2000
\hat{I}_{or} (dBm)	-101	-101	-103.7
Traffic E_c/I_{or}	-15.6	-15.6	-10.3
E_b/N_t (dB)	4.5	6.0	7.0
Tone Power(dBm)	-43	-43	-46
I_{oc} (dBm)	-103.03	-106.285	-99.02
P.G	21.07	19.311	24.98
IIP3(dBm)	-12.985	-11.358	-19.49

IV. 결론

본 연구는 IMT-2000 수신시스템 파라미터들을 분석하기 위하여 DCS와 PCS들을 비교분석하여 수신기 감도, 단일 톤 둔감도, 상호변조에 의한 스푸리어스응답 감쇄 등을 이용하여 수신 파라미터인 이득, 잡음지수, IIP3등을 구하였다. 따라서 수신감도 규격의 파라미터인 잡음지수 규격은 DCS의 경우 9.731dB, PCS의 경우 6.746dB, IMT-2000의 경우 7.99dB이며, IMT-2000은 DCS와 PCS수신시스템보다 잡음여유도가 훨씬 적음을 알 수 있다. 또한 상호변조 스푸리어스 응답감쇄 규격의 파라미터인 3차 고조파 차단점 규격은 DCS의 경우 -12.985dBm, PCS의 경우 -11.358dBm, IMT-2000의 경우 -19.49dBm이며 IMT-2000은 DCS와 PCS 수신시스템보다 3차 고조파 차단점에 대한 여유가 훨씬 크다.

IMT-2000은 PCS와 DCS 수신시스템보다 전송을 위한 높은 대역폭으로 인하여 수신감도가 떨어졌지만, 상호변조 스푸리어스 응답은 훨씬 좋음을 알 수 있었다.

■ 참고문헌 ■

- [1] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications, IEEE Press, Ch. 10, 1996.
- [2] Chris Bowick, "RF Circuit Design", Howard Sams & Co., Inc ISBN:0-672-218-2.
- [3] TIA/EIA, J-STD-018 : Recommended Minimum

Performance Requirements for 1.8 to 2.0GHz Code Division Multiple Access Personal Stations, Nov., 1995.

- [4] TIA/EIA, IS-98C : Recommended Minimum Performance standards for Dual-Mode spread spectrum Mobile stations, March 19. 1999.
- [5] 3G TS34.121 V3.0.0. 2000.3.
- [6] John G. Proakis, Digital Communications, McGRAW -HILL, 1995.
- [7] S. Erst, Receiving System Design, Artech House, Ch.4, 1984.