

단일 채널 B-WLL IF 시스템 수신부 성능 분석 (Performance Evaluation of One Channel B-WLL IF Receiver System)

최 성연*, 이 창석**, 전 동근***
(Sung-Youn Choi Chang-Seok Lee Dong-Geun Chun)

요 약 본 논문에서는 B-WLL IF 시스템의 1채널 전송 시 수신부 성능 분석에 대해 연구하고자 한다. 수신부 성능 분석 항목 중, 특히 상호변조 간섭 및 수율 분석에 초점을 맞추고자 한다. 상호 변조 간섭으로 인해 제3 고조파 성분 중 하나는 원하는 신호 대역에 위치하여 시스템 성능에 안 좋은 영향을 끼치므로 상호 변조 간섭을 일으키는 제3 고조파 성분을 효율적으로 제거해야 한다. 또한 수율 분석이란 시스템을 구성하는 소자의 파라미터를 통계적으로 변화 시켰을 때 시스템 출력에 어떠한 영향을 미치는가를 관찰하는 것으로 본 논문에서는 수신부 LNA의 파라미터를 변화 시켜 시스템 출력을 관찰하였다. 또한 LNA 이득에 따른 제3 고조파 출력의 변화를 관찰함으로써 상호 변조 간섭을 줄이기 위한 LNA 이득의 조절에 관한 방안을 제시하였다.

Abstract In this thesis, We analyze performance evaluation of one channel B-WLL IF receiver system. Among the items of receiver performance, inter-modulation interference and yield analysis is especially focused. Since inter-modulation interference causes bad influence on system performance due to unwanted third order harmonic located in desired frequency band, third order harmonic causing inter-modulation interference should be efficiently removed. Yield analysis is observing influence on system performance when system element parameter is statistically varied, and in this thesis, system output is observed for LNA parameters. Additionally, Scheme for LNA gain adjustment to reduce inter-modulation interference is proposed by observing variation of third order harmonic output for LNA gain variation.

1. 서 론

최근 기술의 급격한 발전과 이미 도래하고 있는 정보화 사회에 있어서 다양한 멀티미디어 통신 서비스를 가입자에게 제공하기 위하여 가입자 망의 광대역화가 필수적이다. 이러한 가입자 망의 광대역화는 국가 초고속 정보 통신망의 구축과 깊은 관련을 가지고 있다. 초고속 정보 통신망은 일반 가정에서까지 초고속 정보를 전송하기 위해 유선 망 위주로 계획되었다. 그러나 유선 망으로 구축할

경우 경제적인 부담과 구축 기간의 장기화로 초고속 정보 통신망 건설과 정보화 사회가 지연될 수 있다.

또한 사회의 발전에 따라 정보의 양이 급속히 증대되고 다양화되고 있으며, 최근의 이동 통신 기술의 발달과 정보통신 산업의 발전은 가입자에게 양방향 종합 멀티미디어 서비스에 대한 기대를 증폭시켜 왔다. 특히 1990년대 중 후반에 들어오면서 비음성 데이터 및 고속의 영상 데이터 서비스에 대한 가입자의 요구를 충족시키기 위해서 기존 통신망을 고도화, 초고속화, 광역화 및 멀티미디어화 할 목적으로 24~28GHz의 양방향 광대역 무선 가입자 망 (Broadband Wireless Local Loop : B-WLL) 시스템의 개발이 활발히 진행되고 있다. B-WLL과 연계하여 초고속 정보 통신망을 무선으로 접속할 경우 가입자의 이동성을 보장해줄 수 있으며, 한정된 무선 자원을 효율적으로 사용

*한국산업기술대학교 전자공학과

**고려대학교 전자공학과

***시립인천전문대학 제어계측과

할 수 있을 것이다.

B-WLL 시스템은 기지국 장치, 가입자 장치, RF 장치 및 망 관리 장치로 구분되는데 본 논문에서는 특히 1 채널 전송을 위한 기지국 장치 및 가입자 장치 IF 시스템 수신부의 성능 분석에 대해 연구하고자 한다. 특히 IF 시스템은 모뎀 장치와 RF 장치간의 인터페이스를 담당하는 부분으로 중요한 역할을 담당한다. 특히 수신부의 경우 외부 간섭 신호에 의해서 시스템의 BER 성능 등에 영향을 받을 것이다. 그러므로 본 논문에서는 이러한 간섭 신호들이 인가되었을 때 시스템 성능에 어떠한 영향을 미칠 것인가를 관찰하고 이러한 영향을 완화시키는 방안을 제시하고자 한다. 이를 위해 상호 변조 간섭 및 소자의 파라미터의 통계적 변화에 따른 시스템 성능의 변화를 관찰하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기지국 장치 및 가입자 장치 IF 시스템 구성과 개요가 제시될 것이고, III장에서는 수신부 성능 분석 항목인 상호 변조 간섭 분석 및 수율 분석(yield Analysis)의 개요에 관해서, IV장에서는 이를 바탕으로 시뮬레이션 결과를 보였고, 끝으로 V장에서 결론을 맺었다.

2. IF 시스템 개요

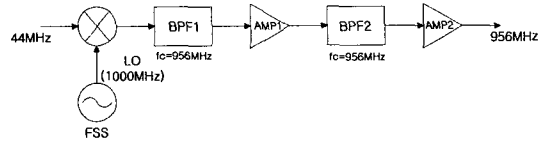
본 장에서는 기지국 장치 및 가입자 장치의 중간 주파수 변환 장치의 구조에 대해서 개략적인 고찰을 하고자 한다.

2.1 기지국 장치의 개요

기지국 장치는 신호를 자유공간으로 방사하는 평판 혹은 혼 안테나와, 상향 24.25GHz~24.75GHz, 하향 25.5GHz~26.7GHz 대역의 신호를 처리하는 RF로 이루어진 옥외장치(ODU)와 변복조 기능, 제어 기능, 망 접속 기능을 담당하는 옥내장치(IDU)로 이루어진다. 옥외 장치는 안테나와 함께 외부에 노출되어 있으며, 케이블을 통하여 옥내 장치와 접속된다. 케이블 내의 전송 IF 주파수 대역은 송신용으로 950MHz~1550MHz, 수신용으로 450MHz~700MHz를 사용한다.

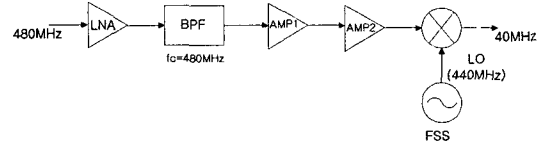
기지국 장치로 송신되는 주파수는 44MHz이고 기지국 장치와 대역 통과 여파기의 특성으로 인해 송신부의 국부 발진 주파수를 1000MHz로 설정하였다. 그래서 기지국 장치 송신기의 출력 IF 주파수는 956MHz가 된다. 한편 국부 발진 신호의 누설을 억압하기 위해 대역 통과 여파기를 두 개 사용하였다. 기지국 장치 IF 송신기의 구조는 <그림1>

과 같다.



<그림1> 기지국 장치 IF 송신기

수신기 IF 주파수는 가입자 장치 송신기 IF 출력 주파수인 480MHz로 설정하였고 대역 통과 여파기의 특성을 고려하여 수신기의 국부 발진 주파수는 440MHz로 설정하였다. 그래서 수신기 출력 주파수는 40MHz가 된다. 기지국 장치 IF 수신기의 구성도는 <그림2>와 같다.

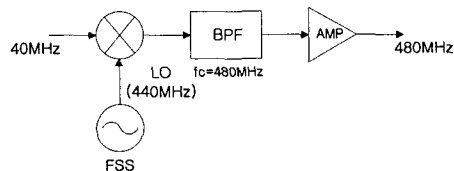


<그림2> 기지국 장치 IF 수신기

2.2 가입자 장치의 개요

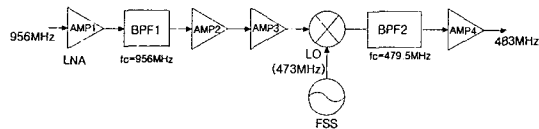
가입자 장치는 신호를 자유공간으로 방사하는 평판 혹은 혼 안테나와 상향 24.25GHz~24.75GHz대역, 하향 25.5GHz~26.7GHz 대역의 신호를 처리하는 RF로 이루어진 옥외장치(ODU)와 변복조, 채널 코딩 및 제공 서비스와 인터페이스를 담당하는 옥내장치(IDU)로 구성되어 있다. 옥외장치와 옥내장치는 케이블을 통하여 접속되며 케이블내의 전송 IF 주파수 대역은 송신용으로 450MHz~700MHz, 수신용으로 950MHz~1550MHz를 사용한다

가입자 장치의 송신기의 출력 IF 주파수는 본 시스템에서 사용한 대역 통과 여파기의 특성으로 인해 480MHz로 설정하였다. 가입자 장치로 입력되는 주파수는 40MHz이므로 국부 발진주파수는 440 MHz로 설정하여 설계하였다. 가입자 장치 송신기의 구성도는 <그림3>과 같다.



<그림3> 가입자 장치 IF 송신기

수신기 IF 주파수는 기지국 장치 송신기의 IF 출력 주파수인 956MHz로 설정하였다. 수신기의 최종 출력 주파수는 대역 통과 여파기의 특성과 국부 발진 주파수를 고려하여 483MHz로 설정하였고 결국 국부 발진 주파수는 473MHz가 된다. 이 시스템의 전체 이득은 약 60dBm 이 되도록 설계하였다. 가입자장치 IF 수신기의 구성도는 <그림4>와 같다.



<그림4> 가입자 장치 IF 수신기

2.3 다채널 전송 IF 시스템의 개요

가입자 장치용 다채널 IFU의 송신부의 경우 450MHz ~ 700MHz 중간 주파수 대역 내의 임의의 150MHz 대역폭에서 임의의 채널(10M, 20M, 40MHz 간격)에 데이터를 실어주고 수신 경우에는 대역폭내의 임의의 채널에 있는 데이터 채널을 선택할 수 있어야 한다.

기지국 장치용 다채널 IFU의 송신부의 경우 950MHz ~ 1550MHz 중간 주파수 대역 내의 임의의 360MHz 대역폭에서 임의의 채널(10M, 20M, 40MHz 간격)에 데이터를 실어 주고 수신 경우에는 대역폭 내의 임의의 채널에 있는 데이터 채널을 선택할 수 있어야 한다.

가입자 장치 및 기지국 장치의 모델로부터 IFU로 입력되는 신호를 상위 계층의 제어 신호에 따라 -10 ~ -15dBm 범위로 조절하며 IFU는 RFU로 -40 ~ -10dBm 범위의 신호를 송신한다. 또한 RFU에서 IFU로 입력되는 수신 레벨은 -60 ~ -20dBm 범위로 조절해야 한다. 다채널 전송 시스템의 경우에는 수신부의 설계가 더욱 중요하다. 왜냐하면 채널 선택부의 추가로 인해 2단의 주파수 변환이 필요할 뿐만 아니라 채널간의 간섭 현상이 발생할 수 있기 때문이다.

3. 수신부 성능 분석의 개요

수신부 성능 분석 항목으로는 상호변조 간섭 및 수율 분석 등이 있는데 각각의 개요는 다음과 같다. 성능 분석 툴로는 HP ADS를 사용하였다.

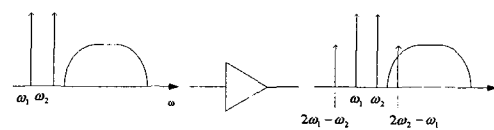
3.1 상호 변조 간섭의 개요

상호 변조 간섭이란 아날로그 회로의 비선형성을 기

술하기 위한 방법 중 하나이다. 다른 주파수를 가지는 두 신호가 비선형 시스템에 인가될 때, 일반적으로 출력은 입력 주파수의 고조파가 아닌 성분을 포함한다. 상호 변조 (Inter-modulation)라고 불리는 현상은 이러한 두 신호를 혼합함으로써 발생된다. 상호 변조는 RF 시스템 성능에 악영향을 미치는 현상이다. 두 개의 강한 간섭 신호를 가지는 원하는 신호가 3차 비선형성을 가진다면 상호 변조 성분 중 하나는 관심 대역 내에 위치하므로 원하는 신호 성분에 손상을 준다. 두 개의 인접 간섭 신호로 인한 3차 상호 변조에 의한 신호의 손상은 일반적이고 중요하므로 제3 고조파 차단점 (IP3)이라는 파라미터를 도입하게 된다.

제3 고조파 차단 점은 시스템의 선형성을 나타내는 중요한 요소로 원하는 신호와 3차의 왜곡 출력이 같은 크기를 가지는 지점을 의미하며 시스템에서 발생한 상호변조 왜곡의 양을 결정한다. 증폭기 또는 혼합기에 주파수가 다른 두개의 신호가 입력된 경우에 혼 변조 특성을 파악하기 위해서 제3 고조파 차단 점을 측정한다. 즉, 이 파라미터는 상호변조를 어느 정도 억압할 수 있는가를 나타내며 제3 고조파 차단 점이 높을수록 상호변조에 의한 원하지 않는 출력을 강하게 억압할 수 있다.[3]

특히, 우리의 관심사는 <그림5>에 묘사되어진 $2\omega_1 - \omega_2$ 와 $2\omega_2 - \omega_1$ 으로 표현되는 제3고조파에서의 상호 변조 성분이다. 여기서 ω_1 과 ω_2 간의 차이가 작다면 $2\omega_1 - \omega_2$ 와 $2\omega_2 - \omega_1$ 의 성분들이 ω_1 과 ω_2 의 근처에서 나타나기 때문에 비선형성이 두드러진다. <그림5>에서 보여진 것처럼 두 개의 강한 간섭신호가 있는 약한 신호는 제3고조파 상호변조 성분 중 하나의 성분이 원하는 신호 대역 내에 존재하게 된다.[4]



<그림5> 제3 고조파 상호 변조 성분에 의한 영향

수신기의 주파수 혼합기는 특히 상호변조 간섭에 취약하다. 왜냐하면 저 잡음 증폭기 다음에는 매우 높은 신호 레벨이 따르기 때문이다. 이 문제는 혼합기나 저 잡음 증폭기 사이에 가변 감쇄기나 가변 이득 저 잡음 증폭기를 사용하여 혼합기에 들어가는 강한 신호를 줄임으로써 해결할 수 있다. 하지만 보다 나은 상호 변조 간섭 특성을 얻기 위해서는 높은 전류 소모를 요하는데 이는 배터리로 구동되는 장치에서는 치명적이다. 그러므로 잡음, 상호변조, 전류 소모를 동시에 최적화할 수 없으므로 각각의 성능 파

라미터간에 적절한 타협점을 찾아야 한다.

상호 변조 간섭 분석은 크게 두 가지로 행해진다. 첫째는 저 잡음 증폭기의 이득을 변화시키며 혼합기의 제3 고조파 출력을 관찰함으로써 저 잡음 증폭기의 이득이 상호 변조 간섭에 미치는 영향을 고찰한다. 다른 하나는 소자의 파라미터 값을 고정시키고 각 소자 출력에서의 스펙트럼을 관찰함으로써 각 소자가 미치는 영향을 고찰하는 것이다.

기지국 수신기 상호변조 간섭 분석 시 사용되는 2개의 입력 주파수는 LNA 다음에 위치하는 대역통과 여파기의 대역폭이 25MHz이므로 입력 주파수보다 20 MHz 아래의 460MHz와 그 보다 4MHz만큼 이격된 456MHz로 설정하였다.

가입자 수신기의 상호변조 간섭 분석 시 두 입력의 주파수도 기지국의 경우와 마찬가지로 입력 주파수 956MHz에서 20MHz만큼 작은 936MHz와 그 보다 4MHz만큼 이격된 932MHz로 설정하여 성능 분석을 행하였다.

3.2 수율 분석(Yield Analysis)

수신기 수율 분석은 특정 확률 분포를 사용하는 파라미터 값들의 집합을 변화시킬 때 얼마나 많은 파라미터의 조합이 미리 정해진 성능 사양을 만족하는가를 결정하는 과정이다.

수율이란 통계적 디자인의 척도이다. 그것은 성능 사양을 만족하는 디자인의 개수와 산출되는 총 디자인 개수와의 비이다. 또한 주어진 디자인 샘플이 성능 사양을 만족시킬 확률로도 간주된다.

산출되는 총 디자인의 개수는 꽤 크거나 알려지지 않았기 때문에 수율이란 수율 추정(Yield Estimate) 이라고 불리는 과정에서 한정된 디자인 샘플 개수에 대해서 측정된다. 시험(trial) 개수가 커짐에 따라 수율 추정은 실제 수율에 근접한다. 통계적 변화를 가지는 파라미터 값들을 보통 수율 변수(Yield Variable)라고 명명한다.

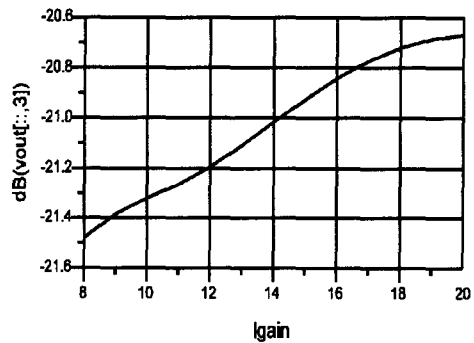
또한 수율 최적화(Yield Optimization)를 행할 수 있는데 이는 수율 변수의 공칭 값을 조절함으로써 수율 추정을 최대화하기 위한 목적으로 다수의 수율 분석을 행하는 과정이다.

결국 수율 분석의 목적은 이득이나 잡음 지수 같은 파라미터의 최악 조건 변화(Worst Case Variation)를 관찰하기 위함이다. 본 논문에서는 저 잡음 증폭기의 이득과 잡음 지수를 통계적으로 변화 시켰다. 저 잡음 증폭기의 이득은 가우시안 분포를 가지며 잡음지수는 균일 분포를 가진다고 가정하였다.

4. 성능 분석 결과

4.1 상호 변조 간섭 성능 분석 결과

기지국 장치 수신부 저 잡음 증폭기의 이득 변화에 대한 혼합기 출력에서의 제3 고조파 출력의 변화는 <그림6>과 같다. 그림6을 통해서 혼합기 출력에서의 제3 고조파 출력은 LNA 이득이 증가됨에 따라 역시 증가됨을 알 수 있다.

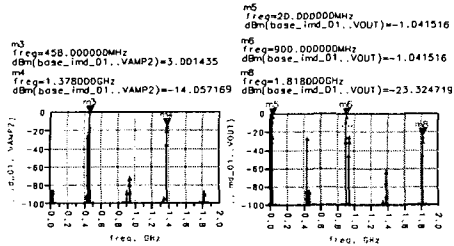


<그림 6> LNA이득에 대한 혼합기 제3고조파 출력 스펙트럼의 변화

기지국 장치 수신부의 상호 변조 간섭 출력 스펙트럼 결과는 <그림7>과 같다. 왼쪽은 혼합기 바로 앞단에 위치한 증폭기의 출력 스펙트럼이며 오른쪽은 혼합기의 출력 스펙트럼이다. 본 시험에서는 혼합기의 제3 고조파 차단점(TOI)은 20, 저 잡음 증폭기 이득은 14dB로 고정시켜 시뮬레이션을 행하였다.

$\omega_1=456\text{MHz}$, $\omega_2=460\text{MHz}$ 라고 설정하면 $2\omega_1 - \omega_2$ 는 각각 1372MHz와 452MHz가 되며 $2\omega_2 - \omega_1$ 은 각각 1376MHz, 464MHz가 된다. 혼합기 앞단에 위치한 증폭기의 출력을 관찰해보면 증폭기의 비선형 특성으로 인하여 458MHz와 1378MHz의 주파수 성분이 우세함을 알 수 있는데 이 성분들은 제3 고조파 성분 근처에 위치함을 알 수 있다.

이러한 신호 성분들은 혼합기에서 국부 발진 신호와 혼합되는데 국부 발진 신호인 440MHz를 제외하면 20MHz와 900MHz, 1818MHz 성분이 우세함을 알 수 있다. 여기서 최종 출력 주파수인 40MHz와 인접한 20MHz 성분을 효과적으로 제거해야 함을 알 수 있다.



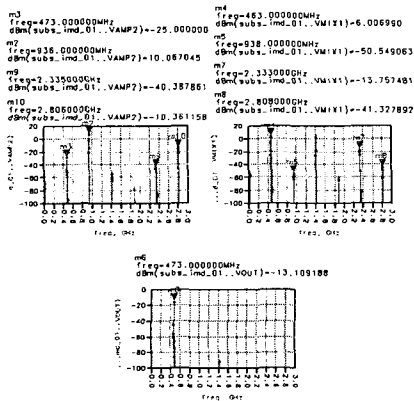
<그림7> 기지국 장치 수신부 상호 변조 간섭 분석 결과

가입자 장치 수신부의 상호 변조 간섭 분석 결과는 <그림8>과 같다. 왼쪽은 혼합기 바로 앞단에 위치한 증폭기의 출력 스펙트럼이며 오른쪽은 혼합기의 출력 스펙트럼이다. 혼합기의 TOI는 20으로 저 잡음 증폭기 이득은 14dB로 고정시켜 시뮬레이션을 행하였다.

$\omega_1=932\text{MHz}$, $\omega_2=936\text{MHz}$ 라고 설정하면 $2\omega_1 - \omega_2$ 는 각각 2800MHz와 928MHz가 되며 $2\omega_2 - \omega_1$ 은 각각 2804MHz와 940MHz가 된다.

혼합기 바로 앞단에 위치한 증폭기 출력을 관찰해보면 증폭기의 비선형 특성으로 인하여 936MHz와 2806MHz의 주파수 성분이 우세함을 알 수 있는데 이 성분들은 제3 고조파 성분 근처에 위치함을 알 수 있다.

이러한 신호 성분들은 혼합기에서 국부 발진 신호와 혼합되는데 936MHz와 국부 발진 신호와의 혼합 성분인 463MHz, 1409MHz 성분과 2335MHz와 국부 발진 신호와의 혼합 성분인 2808MHz, 2806MHz와의 혼합 성분인 2333MHz 성분이 우세함을 알 수 있다. 최종 출력 스펙트럼을 보면 국부 발진 주파수 성분인 473MHz 만이 남게 되는데 혼합기 후 단의 대역 통과 여파기에서 나머지 성분들이 충분히 제거됨을 알 수 있다.



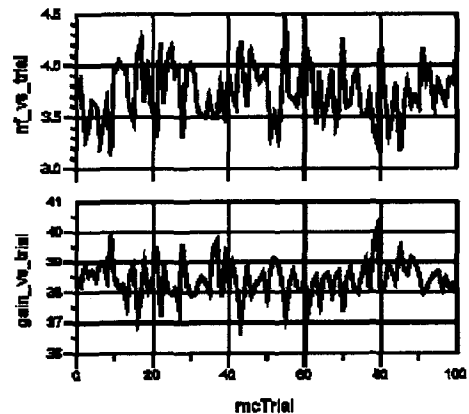
<그림 8> 가입자 장치 수신부의 상호변조 간섭 분석결과 기지국 장치 및 가입자 장치의 상호변조 간섭 성능

분석 결과로부터 혼합기가 수신부의 상호변조 간섭에 지대한 영향을 미침을 알 수 있다. 즉 증폭기를 거쳐서 나오는 비선형 성분들이 혼합기의 국부 발진신호와 혼합되면서 시스템 성능에 악영향을 미치는 다양한 간섭 신호를 만들어 낼 수 있다. 그러므로 상호변조 간섭을 줄이기 위해서는 입력력 및 국부발진 신호간의 분리 특성이 좋은 혼합기를 선택해야 한다. 또한 혼합기 앞단에 대역 특성이 좋은 대역 통과 여파기를 위치시킨다면 혼합기에 입력되는 간섭 신호를 줄일 수 있다. 또한 혼합기 입력에 강한 신호가 입력된다면 상호 변조 간섭이 커지므로 LNA 이득을 상황에 적절하게 조절할 수 있다면 상호변조 간섭을 줄일 수 있다. 그러나 LNA 이득을 상황에 따라 가변 한다는 것은 실제적으로 어렵기 때문에 시스템이 허용 가능한 BER 성능을 정한 후에 그 이상에서는 LNA를 오프 시키고 시스템의 전체 이득은 자동 이득 조절 증폭기를 통하여 보상하는 방법이 보다 합리적일 것으로 본다.

4.2 수율 분석 결과

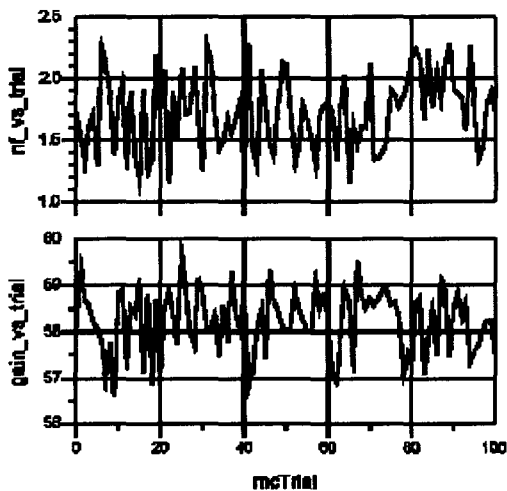
수율 분석 시에는 LNA가 다른 소자에 비해 수신부의 잡음 특성에 많은 영향을 끼치므로 통계적 파라미터로는 LNA의 잡음 지수와 이득으로 정하였다.

기지국 장치 수신부의 LNA 잡음 지수의 공칭 값은 1.4dB이고 0.9dB~1.9dB 범위에서 균일 분포를 가진다고 가정한다. 또한 LNA 이득은 평균값 14 dB와 분산 0.05를 가지는 가우스 분포를 가진다고 가정한다. 100번의 반복 과정을 거쳐서 최종 출력단에서 관찰한 잡음지수와 이득의 변화는 <그림9>와 같다. <그림9>를 보면 100번의 시행을 거치면서 최종 출력단에서의 잡음지수와 이득이 통계적으로 어떻게 변하는지를 관찰 할 수 있다.



<그림 9> 기지국 장치 수신부 최종 출력 단에서의 잡음지수와 이득의 통계적 변화

가입자 장치 수신부의 LNA 잡음 지수와 이득의 통계적 변화는 기지국 장치 수신부의 경우와 동일하게 설정하였다. 100번의 반복 과정을 거쳐서 출력 단에서 관찰한 잡음지수와 이득의 변화는 <그림10>과 같다. 이 경우에도 기지국 수신부와 마찬가지로 가입자 장치 수신부 출력 단에서의 이득과 잡음지수의 통계적인 변화를 관찰할 수 있다.



<그림 10> 가입자 장치 수신부 최종 출력 단에서의 잡음지수와 이득의 통계적 변화

4. 결론

본 논문에서는 단일 채널 B-WLL IF 시스템의 수신부 성능 분석을 기지국 장치와 가입자 장치로 나누어 행하였다. RF 송수신기를 설계할 때는 상호 변조 간섭을 고려해야 한다. 두 개의 강한 간섭 신호가 입력되었을 때, 특히 이러한 간섭 신호들의 제3 고조파 성분들이 시스템 성능에 많은 영향을 미치므로, 상호 변조 간섭 분석 시에는 특히 제3 고조파 성분을 고려해야 한다. 두 개의 강한 간섭 신호를 가지고 있는 약한 신호는 제3고조파 비선형성을 갖기에 상호 변조 성분 중 하나의 간섭 성분이 원하는 성분의 대역에 존재하여 시스템에 손상을 일으키게 된다. 또한 LNA의 이득 변화에 따른 제3고조파 성분의 변화를 관찰하였다. 그 결과로부터 송수신 시스템 설계 시 상호변조 간섭을 줄이기 위해 혼합기에 입력되는 신호 레벨을 적절히 조절해야 함을 알 수 있었다. 그러나 상황에 따라 LNA 이득을 조절하는 것은 실제적으로 불가능하므로 시스템의

BER 성능에 따라 적절하게 LNA를 온, 오프 시키는 방안이 보다 합리적일 것이다. 또한 혼합기가 상호변조 간섭에 지대한 영향을 끼치므로 입출력 및 국부 발진 신호간 분리 특성이 좋은 혼합기를 선택해야 하며 혼합기 앞단에 대역 특성이 좋은 대역통과 여파기를 위치시키면 된다.

수율 분석이란 특정 확률 분포를 사용하는 파라미터 값들의 집합을 변화시킬 때 얼마나 많은 파라미터의 조합이 미리 정해진 성능 사양을 만족하는가를 결정하는 과정이다. 본 논문에서는 LNA의 잡음지수와 이득을 파라미터로 선정하였다. 수율 분석을 통하여 파라미터들의 통계적 변화에 대한 수신부 출력에서의 잡음 지수 및 이득의 통계적 변화를 관찰할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 김사혁, "광대역 무선 가입자망의 이해와 전망-LMDS/LMCS/B-WLL을 중심으로," 정보통신 정책, 제10권,3호, 1998년 7월.
- [2] 한운영, "Broadband WLL," 한국통신학회지, 제15권, 제2호, pp. 1760-1770, 1998년 2월.
- [3] 김영식, "RF부 송수신 신호기술 연구", 최종 연구보고서, 고려대학교 부설 정보통신 기술 공동 연구소, pp. 7-15
- [4] Behzad Razavi, "RF Microelectronics", Prentice Hall Communications Engineering And Emerging Technology Series, pp 14-25
- [5] "광대역 무선가입자망(B-WLL) 표준 규격 개발", 한국전자통신연구원, 1998년 12월



최 성 연 (Sung-Youn Choi)

1981년 2월 고려대학교 전자공학과
졸업 (공학사)

1984년 8월 고려대학교 대학원
전자공학과 졸업 (공학석사)

1984년 7월 ~ 1985년 7월 한국전자
통신연구원

1985년 8월~1999년 2월 현대전자산업(주)

1999년 3월~현재 한국산업기술대학교 전자공학과
조교수

2000년 3월~현재 고려대학교 전자공학과 박사과정.

관심분야 : IMT-2000, RF 회로 설계 등



이 창 석 (Chang-Seok Lee)

1991년 2월 고려대학교 전자공학과
졸업 (공학사)

1993년 2월 고려대학교 대학원 전자
공학과 졸업 (공학석사)

1993년 1월~1998년 8월 현대전자
산업(주)

1998년 9월~현재 고려대학교 전자공학과 박사과정

관심분야 : RF 회로설계, B-WLL, 다중사용자 검출방식 등



전 동 근 (Dong-Geun Chun)

1986년 2월 고려대학교 전자공학과
졸업(공학사)

1988년 8월 고려대학교 대학원
전자공학과 졸업(공학석사)

1992년 2월 고려대학교 대학원
전자공학과 공학박사

1993년 10월~1995년2월한서대학교 전자공학과 조교수

1995년 3월~현재 시립인천전문대학 제어계측과 부교수

관심분야 : 유·무선통신