

〈主 題〉

위성통신시스템 성능분석

정준호, 이해선

(한국통신기술 주식회사 연구소)

□차 례□

I. 서론	IV. 성능분석 TOOL
II. 위성통신시스템의 모델링	V. 시스템 구조와 실험결과
III. 성능분석 방법	VI. 결론

요 약

위성통신시스템의 효율적인 성능분석을 위하여 기존의 통신시스템 시뮬레이션 Tool을 수정·보완하여 위성의 각종 파라미터들의 변화에 따른 전체 위성통신시스템의 성능분석을 디지털 전송 방식에 대하여 수행하였다. 상·하 각각 한 채널씩의 인접채널 간섭을 고려하여 성능분석을 실시한 결과 위성통신시스템에서 단일 반송파를 사용할 경우 시스템의 위상천이, 군지연 특성과 같은 위상관련 특성들이 전체 성능에 결정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

I. 서론

1995년 8월에 발사된 무궁화 1호 위성이 이미 서비스를 제공하고 있으며, 1996년 1월에 발사된 무궁화 2호 위성은 서비스 개시를 기다리고 있는 상황이므로 우리나라에서도 새로운 위성통신시대가 전개되었다고 할 수 있다. 주파수 및 전력 등에서 제한된 자원을 가지고 있는 위성통신시스템은 그 자체가 복잡하고 실제동작 환경을 구축하여 성능분석을 하는 것은 많은 시간과 투자가 필요하기 때문에 시스템에 대한 효율적인 성능분석 Tool을 사용하여 실제동작 환경과 유사한 탑재체 시뮬레이터에 입력하여 시스템 성능을 분석하는 것이 효율적이다. 그러므로, 기존의 디지털 통신시스템 시뮬레이션 Tool을 위성통신시스템에 적

합하도록 수정 보완하고 위성통신시스템에 사용되는 각종 H/W 모듈을 S/W적으로 모델링하여 시스템의 성능을 분석할 수 있는 Tool을 개발하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 기존의 디지털 통신시스템 시뮬레이션 Tool인 COSSAP을 위성통신시스템에 적합하도록 개발하여 위성의 각종 파라미터들의 변화에 따른 전체시스템의 성능분석을 수행한 결과를 제시하였다.

II. 위성통신시스템의 모델링

디지털 위성통신링크를 시뮬레이션하기 위한 보편적인 그림 II-1과 같다.

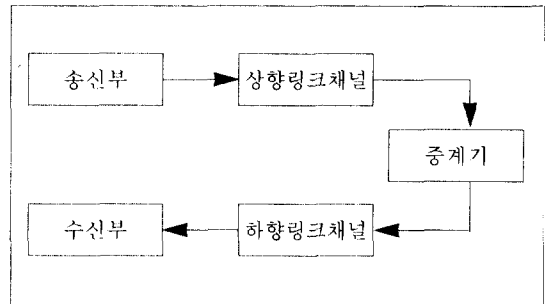


그림 II-1. 위성통신 링크 구성도

그림 II-1에서 각 블럭에 해당하는 각 기능을 나누어 다음과 같이 생각할 수 있다.

1. 송신부

송신부는 신호의 발생 및 변조를 담당하는데 변조기는 디지털 시퀀스를 채널로 적절히 전송하도록 매핑시키는 함수의 역할을 한다. 채널로 전송될 디지털 정보는 초당 R 비트의 균일분포를 갖는 이진 디지털 시퀀스로 가정한다. 각 이진 디지털은 0에 해당하는 파형 또는 1에 해당하는 파형을 보냄으로써 전송될 수 있다.

대표적인 디지털 변조방식 중의 하나인 BPSK(Binary Phase Shift Keying)는 이진 비트열을 180도 위상차가 있는 두 종류의 심벌로 변조하는 방식으로 위상을 일정하게 하고 진폭의 부호를 바꾸는 2 PAM(Pulse Amplitude Modulation)과 같다. 이 변조방식에서는 기저대역 신호 b(t)의 0 또는 1에 대하여 반송파 s(t)의 위상을 각각 '0' 또는 'π'로 변환하여 다음과 같은 2상 위상변조를 얻는다.

$$s(t) = A \cos[2\pi f_c t + \theta(t)] \tag{2-1}$$

여기서 $\theta(t) = \pi \times b(t) = 0$ 또는 π 이며, f_c는 반송파 주파수이고, A는 반송파의 진폭을 나타내는 상수이다.

1.1 신호의 스펙트럼

0과 1이 같은 확률로 발생하는 NRZ(non-return-to-zero) 기저대역 신호의 스펙트럼 밀도 G(f)는 다음과 같이 주어진다.

$$G(f) = B^2 T_b \text{sinc}^2 (T_b f) \tag{2-2}$$

여기서, B는 NRZ 신호의 진폭이며 T_b는 비트의 주기로써 비트률의 역수와 같다. 대부분의 시뮬레이션의 경우 기저대역 모델링을 사용하므로 BPSK 신호는 NRZ와 동일하므로 BPSK 신호의 스펙트럼은 식(2-2)를 이용하여 나타낼 수 있다.

1.2 오울특성

AWGN(Additive White Gaussian Noise) 채널하에 수신된 신호는 다음식으로 표현할 수 있다.

$$r(t) = s(t) + n(t) \tag{2-3}$$

여기서, r(t)는 수신된 신호이며, s(t)는 전송된 신호, n(t)는 평균이 0이고 전력스펙트럼 밀도가 N₀/2인

AWGN 신호이다.

동기검파를 가정하면, 수신신호에 반송파를 곱한 다음 시간구간에서 적분한 상관기의 출력은 비트당 에너지를 E_b라 하면 평균이 각각 $\pm \sqrt{E_b}$ 이고, 분산이 N₀/2인 가우시안 분포를 가진다.

이때 데이터 열에서 0과 1이 같은 확률로 일어나고 threshold를 중간값으로 설정하면 BER은 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} BER &= \frac{1}{\sqrt{2\pi N_0/2}} \int_0^\infty \frac{e^{-(u-\sqrt{E_b})^2}}{N_0} du \\ &= Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right) \end{aligned} \tag{2-4}$$

2. 상·하향 링크채널

주로 AWGN가 있는 채널로 모델링되고 상향링크에서 유입되는 간섭신호나 잡음이 비트오율에 미치는 영향은 하향링크에서의 영향에 비해 거의 무시될 수 있는 정도이므로 시스템의 단순화를 위해 상향링크에서는 잡음이 없다고 가정한다.

3. 증계기

위성증계기에서 통신시스템에 영향을 줄 수 있는 가장 중요한 부분은 필터역할을 하는 입력 멀티플렉서와 출력 멀티플렉서, 고출력 증폭기인 진행파관 증폭기(Traveling Wave Tube Amplifier)이다. 그러므로, 시스템의 단순화를 위하여 필터의 주파수 특성과 증폭기의 메모리가 없는(memoryless) 비선형 특성을 이용하여 증계기를 나타낼 수 있다.

4. 수신부

수신부는 신호의 동기과 복조를 담당하는데 디지털 통신시스템에서 수신부에서는 반송파와 클럭의 동기가 필요하다. 수신측에서 동기검파를 하기 위해서는 기준이 되는 반송파의 동기가 필요하지만 대부분의 시뮬레이션의 경우 기저대역 모델링을 사용하므로 반송파의 주파수에 대한 동기가 필요하지 않은 경우가 많다.

복조방식은 변조방식에 상응하는 것으로써 수신필터를 거친 신호를 한 심벌에 대하여 적분하거나 최적의 순간에 샘플링하여 비교기를 사용하여 심벌에 대한 결정을 한다.

III. 성능분석 방법

디지털 통신시스템에 대한 보편적인 성능 측정은 그 시스템의 오류발생 정도와 관련되어 있다. 우리가 흔히 고려하는 상황은 시스템이 이진 디지털 중 어느 하나를 무한히 전송할 때 얼마만큼의 오류가 발생하는가를 나타내는 척도인 BER(Bit Error Rate)을 측정하는 것이다. BER을 추정하는 몇 가지 방법의 장단점 및 고려할 점등을 요약하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

1. Monte Carlo방법

주어진 신뢰도를 주기 위해서는 많은 관찰을 해야하므로 요구되는 비용이 비싸다. 신뢰도는 추정치의 변화 혹은 퍼짐의 항목으로 주어진다. 가장 일반적인 퍼짐의 척도는 추정치의 분산이다. 그러므로, 추정치의 효율성은 그것의 분산으로 평가된다. 분산보다 더욱더 기본적인 변화량의 척도는 신뢰도 구간이다.

시뮬레이션 면에서 Monte Carlo 실행은 비선형 시스템에 대한 가장 실제적인 상황을 나타낸다. MC 시뮬레이션이 적당한 시간안에 좋은 추정치를 줄 수 있는 유용한 BER의 범위가 있다. 물론 낮은 BER에 대해서는 컴퓨터 수행시간이 너무 길어 사용하기가 거의 불가능하므로 외삽법(extrapolation method)을 사용하여야 한다. MC의 구현은 매우 간단하고 시스템의 규격과 무관하다.

2. Importance Sampling 방법

모든 외삽법 중 Importance Sampling은 그것이 옳음을 증명하기 위해 가정이 필요하지 않다는 점에서 이론적으로 가장 합리적일 수 있다. 이 방법을 수행 시간을 현저히 감소시켜 줄 가능성이 있으나 그것을 실현할 수 있도록 IS 시뮬레이션을 구성하는데는 몇 가지 실제적인 어려움이 있다. 그러나, 최근의 개발은 IS가 실제적이고 강력한 기술이 될 수 있음을 보장하고 있다. IS가 완전히 성숙되진 않았지만 많은 수행시간의 개선이 있을 수 있으므로 비교적 낮은 BER 요구조건일 경우 실행할 수 있는 좋은 방법이나, 구현이 시스템에 따라 달라진다는 단점이 있다.

3. Quasi Analytic 방법

Quasi Analytic 기술이 어떤 시뮬레이션에서든지 구현되어야 하는 이유가 몇가지 있다. QA는 선형 채널에서 아주 빠른 속도로 정확한 답을 제공한다. 그것은 같은 환경하에서 Monte Carlo 시뮬레이션을 확인하기 위해 사용될 수 있다.(Monte Carlo 방법은 대

부분 정확한 결과를 제공하는 것으로 여겨진다. 그러나, 이상적 난수 발생기 구현의 불가능 등의 불완전한 면이 있다)

QA의 속도가 탁월하여 다른 방법을 사용하면 너무나 오랜시간이 걸려 수행 불가능할 여러 파라미터에 대한 연구를 수행할 수 있게 해준다. QA 기술은 비교적 구현하기 쉬우나, 각 구현에 따른 몇가지 특수한 문제들이 있다. 이러한 문제들은 시뮬레이션 전에 미리 할당될 수 있는 일반적인 것이 아니다.

Ⅳ. 성능분석 Tool

이 장에서는 위성통신시스템의 성능분석을 위하여 구축한 Tool에 대해 설명한다. BPSK의 변조방식을 사용하고 인접채널 간섭이 존재하는 채널환경에서 여러가지 변수에 대한 시스템의 성능분석을 하였다. 조정할 수 있는 변수로는 중계기의 TWTA의 비선형 특성인 출력레벨과 입력레벨의 비, 출력 위상천이와 입력레벨의 비, 입력 멀티플렉서와 출력 멀티플렉서를 나타낼 수 있는 필터의 주파수 이득, 군지연(group delay) 등이 있다.

인접채널 간섭원으로는 위하는 신호를 상·하 하나씩의 인접채널만 고려하였고, 본 성능분석 Tool은 기저대역 등가 모델을 사용하여 구성하였다. 시스템은 크게 송신부, 채널, 수신부, 성능분석부로 구성되어 있는데 각 부분에 대한 설명은 다음과 같다.

1. 송신부

신호발생부와 채널부호기, 변조기, 송신필터로 구성되는데 BPSK 송신기의 모델링은 그림Ⅳ-1과 같이 구성하였다.

1.1 BSRC2

- 의사 랜덤 이진신호를 발생시키는 블럭
- 0 또는 1의 정수값을 출력
- 파라미터
 - SHIFT_REGISTER_START_VALUE : 선형 피드백 쉬프트 레지스터의 시작값

1.2 SYMGEN

- 이진신호를 M-ary 신호로 변환
- 각각의 NUM_BITS에 해당하는 입력비트에 대해 하나의 출력심벌을 발생
- 출력신호의 범위는 0, ... 2^{NUM_BITS}-1

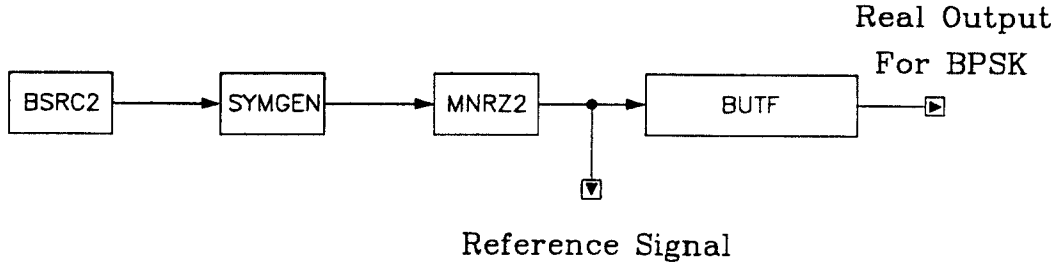


그림 IV-1. BPSK 송신부

- 파라미터
- NUM_BITS : 하나의 심벌을 생성한 비트수
- 1.3 MNRZ2
- Reference 신호는 수신부의 동기검파를 위해 사용됨.
- 이진 시퀀스를 -1, +1을 가진 NRZ 파형으로 변환
- 파라미터
- SYMBOL_RATE : 단위시간 당 출력되는 심벌의 수
- SAMPLE_RATE : SYMBOL_RATE의 정수배로 설정되어야 하는 수
- 그외 SYMBOL_ASYM, SYMBOL_RISE_TIME은 이상적인 경우의 0으로 설정

1.4 BUTF

- 실수에 대한 Butterworth 필터
- 파라미터
- SAMPLE_TIME : 입·출력 신호의 표본화 시간
- FILTER_ORDER : 필터의 차수
- CUTOFF_FREQUENCY_3DB : 3dB 차단 주

- 파수
- GAIN : 주파수 0에서 전달함수의 값
- FFT_LENGTH : 계산에 사용되는 FFT(Fast Fourier Transform)의 길이
- SYMGEN, MNRZ2가 BPSK에서 변조기 부분에 해당하며, BUTF가 송신기 필터에 해당한다. 이 송신기 필터는 대역을 제한시키기 위하여 필요한 부분이다.

2. 채널

성능분석 방법으로 Quasi-Analytic 방법을 사용하므로 AWGN 채널 모델을 구성도에 별도로 추가하지는 않았으며 인접채널 간섭과 중계기의 특성이 고려된다.

2.1 인접채널 간섭

그림 IV-2와 같이 인접채널의 간섭효과를 고려하기 위하여 하나의 기저대역 신호를 천이시켜 원하는 채널의 신호를 중심으로 상·하 각각 하나씩의 인접채널을 형성한다. 2개의 인접채널 신호가 원하는 채널 신호와 함께 중계기를 거치게 되면서 시스템의 성능

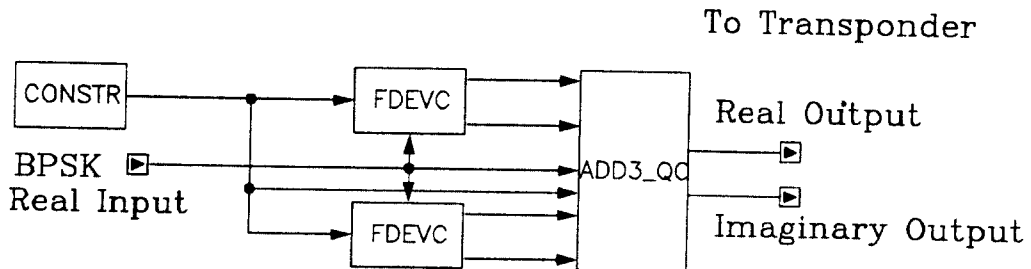


그림 IV-2. 인접채널 간섭효과 모델링

에 영향을 미치게 된다.

2.1.1 FDEVC

- 복소신호의 주파수를 상수 LAMBDA 만큼 천이 시킴.
- 파라미터
- $LAMBDA = frequency_offset/sampling_rate$

2.1.2 CONSTR

- FDEVC의 허수부분 입력을 담당하며 BPSK에서는 '0'의 값을 가짐
- 일정한 실수 값을 가진 신호 발생
- 파라미터
- CONSTANT_VALUE : 발생된 출력신호의 값

2.1.3 ADD3_QC

- 3개의 입력 복소신호의 합을 출력함.
- 원하는 채널의 신호와 인접채널의 신호의 합을 출력함으로써 인접채널 간섭을 고려함.

2.2 중계기

중계기는 그림 IV-3과 같이 MUX와 TWTA로 구성된다. MUX는 중계기의 입력 멀티플렉서와 출력 멀티플렉서의 선체적인 필터 특성을 나타내고 TWTA는 중계기의 비선형 증폭기의 특성을 나타내도록 설정된다. 이 부분의 MUX와 TWTA 특성을 조절하여 위성통신시스템의 성능분석을 실시함으로써 각 변수의 기여도를 추정할 수 있다.

3. 수신부 및 성능 분석부

채널에서 삽입된 잡음을 제거하기 위한 필터링, 동기화, 복조 및 성능분석이 이루어지는 부분이다. 일반적으로 수신기는 선형이고 시불변인 필터와 표본화 장치 및 비교기로 구성된다. 여기서 사용하는 시스템은 기저대역 시스템이므로 반송파 주파수는 0이다. 그러므로 필요한 동기는 심벌 동기만이라고 가정한다.

Quasi Analytic 방법으로 BPSK를 전송하는 시스템의 성능분석을 하였다. QA 방식은 수신신호를 결정 한 다음 비교하는 것이 아니라, 시스템에서 왜곡을 겪은 수신신호에 일정한 양의 AWGN가 더해진다고 가정하고 수식으로 오류확률을 계산하므로, 수신기에서는 판단 과정이 필요하지 않고 복조만 이루어지면 된다.

3.1 BUTFQC

- 복소신호에 대한 Butterworth 필터
- 파라미터
- SAMPLE_TIME : 입출력 신호의 표본화 시간
- FILTER_ORDER : 필터의 차수
- CUTOFF_FREQUENCY_3DB : 3dB 차단 주파수
- GAIN : 주파수 0에서 전달함수의 값
- FFT_LENGTH : 계산에 사용되는 FFT(Fast Fourier Transform)의 길이

3.2 DELR

- 첫 NUM_ITEMS개의 신호를 지운다.
- 지연량 만큼 신호를 없애는데 사용할 수 있으므로 심벌 동기를 위해 필요한 모듈
- 파라미터
- NUM_ITEMS : 입력 신호에서 지워질 신호 요소의 수를 설정

3.3 DELAYR

- 파라미터 DELAY에 의해 주어진 신호 요소의 수만큼 입력 신호를 지연
- 출력신호의 시작 부분에 0의 값을 가지는 신호요소를 추가함으로써 지연을 구현
- DELR과 함께 기준 신호와 수신신호의 지연을 맞춰 주는 역할을 함.

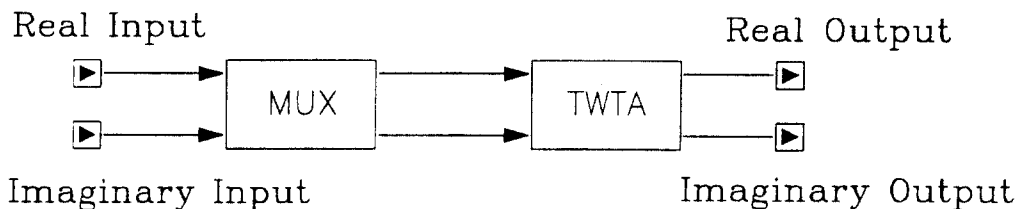


그림 IV-3 중계기

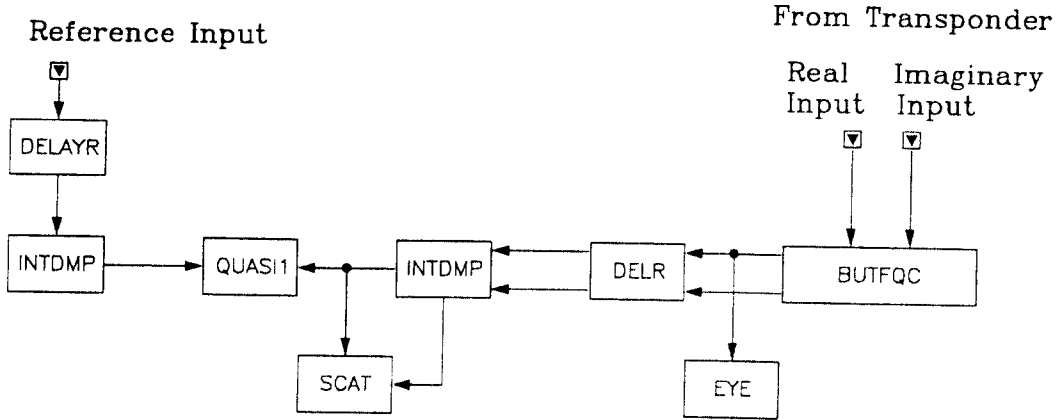


그림 IV-4 BPSK 수신부 및 성능분석부

- 파라미터
- DELAY : 입력신호가 지연되는 신호 요소의 수를 설정

3.4 INTDMP

- 적분하여 덤프함으로써 복조 역할을 담당
- 파라미터
- NUM_SAMPLES : 한번을 적분하여 덤프할 신호요소의 수를 설정

3.5 QUASII

- BPSK, AM 신호에서 BER 값에 대한 Quasi Analytic 추정을 수행
- 잡음의 분산이 VARIANCE라 가정하고 NUM_ITEMS개의 신호입력에 대해 오류적분을 계산함.
- 파라미터
- THRESHOLD : 수신 결정기의 threshold
- VARIANCE : 수신기 입력에서의 가정된 잡음 프로세서의 분산
- FIRST_ITEM : 추정 프로세서에 포함될 입력 신호의 첫번째 원소 앞부분의 모든 신호는 무시됨.
- NUM_ITEMS : 처리될 신호 원소의 총 수

3.6 SCAT

- 입력 복소신호에 대한 산란도표(Scatter Diagram)을 그려줌
- 파라미터

- FIRST_ITEM : 출력 데이터셋(dataset)에 포함될 첫번째 신호요소를 설정
- NUM_ITEMS : 출력 데이터셋(dataset)에 포함될 신호요소의 수를 설정
- SAMPLING_TIME : 복소입력신호의 표본화 시간

3.7 EYE

- 입력 신호에 대한 Eye Pattern을 그려줌
- 파라미터
- FIRST_ITEM : 출력 데이터셋(dataset)에 포함될 첫번째 신호요소를 설정
- NUM_ITEMS : 출력 데이터셋(dataset)에 포함될 신호요소의 수를 설정
- NUM_ITEM_IN_PERIOD : Eye Pattern의 한 주기의 신호 요소의 수를 설정
- SAMPLING_TIME : 입력신호의 표본화 시간

V. 시스템 구조와 실험결과

이 장에서는 위성통신시스템의 성능분석을 위하여 구현된 시스템의 구조, 파라미터 및 실험결과들을 나타낸다.

1. 시스템 구조

신호원으로는 30MHz를 정규화한 BPSK를 사용하며 하나의 심벌 당 16개의 표본을 추출하도록 하며 인접채널의 신호는 40MHz의 주파수 천이를 통해 구

현하였다. 채널에서는 인접채널 간섭만 고려하고 다중경로 현상은 고려하지 않았다. 그리고 중계기는 진행파관 증폭기(TWTA)와 입·출력 멀티플렉서인 필터로써 구현하였으며, 진행파관 증폭기(TWTA)의 동작점은 3dB 입력 백오프(Input Backoff)로 설정하였다. 시뮬레이션은 Quasi Analytic 방법을 적용하였으며 송·수신 필터는 5차 Butterworth 필터로써 구현하였다.

2. 입력데이터

중계기를 모델링하기 위한 주파수 이득, 군지연(group delay), 위상천이(phase shift), 이득전달(gain transfer) 특성은 무궁화 1호, 2호 위성의 FSS 시스템의 규격을 적용하였으며, 각 파라미터들의 특성이 20% 성능이 저하되었을 때 전체시스템은 어느 정도 영향을 줄 것인가를 실험하여 중계기 설계시 주의를 기울여야 할 항목을 유추하고자 한다.

적용된 파라미터로써 표 V-1, 표 V-2에 중계기의 필터 특성인 주파수 이득, 군지연(group delay)을 나타내었고, 표 V-3, 표 V-4에 중계기의 진행파관 증폭기(TWTA) 특성인 위상천이(phase shift), 이득 전달(gain transfer)을 나타내었다.

3. 결과

그림 V-2에서는 이상과 같은 입력데이터로 시뮬레이션을 실시한 결과 Eb/N0가 각각 8dB, 10dB, 12dB,

14dB, 16dB일 때의 BER을 구한 것의 내삽한 도표를 보여주고 있다.

그림 V-2의 결과로부터 알 수 있듯이 하나의 반송파를 전송할 경우 주파수 이득 특성이나 이득 전달과 같은 이득과 관련된 특성보다는 군지연 특성이나 위상천이와 같은 위상과 관련된 특성이 통신시스템의 성능에 결정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 한 예로써 10E-4의 BER 성능에서 성능이 20% 저하된 주파수 이득 특성과 이득 전달특성에 대하여 규격 특성과 Eb/N0와 비교하여 각각 0.01dB, 0.1dB 정도의 차이가 있는 반면에 성능이 20% 저하된 위상천이 특성의 경우 0.8dB, 성능이 20% 저하된 군지연 특성의 경우 약 2.4dB의 Eb/N0가 나타나는 것을 볼 수 있다.

그림 V-3부터 그림 V-7까지에서는 BER 성능분석과 관련하여 유추할 수 있는 Eye Pattern을 Eb/N0가 12dB 일 때 각 경우에 대하여 나타내었다.

VI. 결론

본 논문에서는 기존의 디지털 통신시스템 시뮬레이션 Tool을 위성통신시스템에 적합하도록 수정 보완하고 위성통신시스템에 사용되는 각종 H/W 모듈을 S/W적으로 모델링하여 시스템의 성능분석을 하는 기법을 소개하였다. 소개된 기법에 의해 시뮬레이션된 결과로부터 위성통신시스템에서 단일 반송파를 사용할 경우 시스템의 위상관련 특성들이 전체 성능에

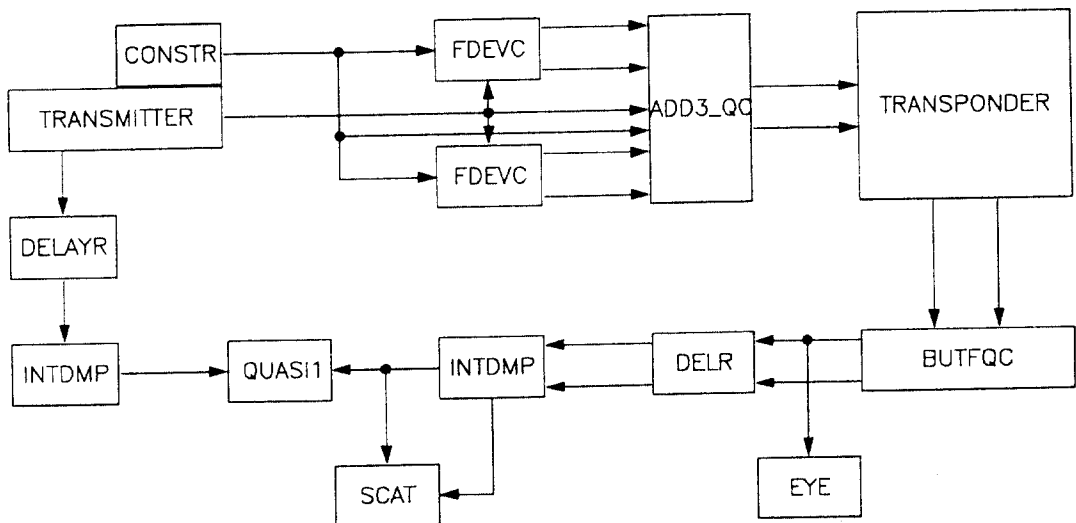


그림 V-1 위성통신시스템 구성도

〈표 V -1〉 주파수 이득 특성

채널 중심주파수와의 주파수 차이	±12MHz	±14MHz	±16MHz	±18MHz	±22MHz	±40MHz
규 격(dB)	-0.9	-1.3	-2.1	-4.3	-25	-70

〈표 V -2〉 군지연(group delay) 특성

채널 중심주파수와의 주파수 차이	0MHz	±6MHz	±8MHz	±10MHz	±12MHz	±14MHz	±16MHz	±18MHz
규 격(nsec)	2.4	5.6	9.0	15.0	22.0	30.0	50.0	100.0

〈표 V -3〉 위상천이(phase shift) 특성

입력 백오프 (Input Backoff)	0dB	3dB	6dB	10dB	14dB	17dB
규 격(deg)	45	37	27	17	11	5

〈표 V -4〉 이득전달(gain transfer) 특성

입력 백오프 (Input Backoff)	0dB	4.5dB	12.5dB	19.5dB
규 격(dB)	0	-0.4	-4.2	-10.6

결정적인 영향을 미치므로 통신시스템의 성능측면에서 위성 천이와 군지연 특성의 규격 설정에 비중을 높이는 것이 바람직할 것이다.

참 고 문 헌

[1] M. C. Jeruchim, P. Balaban and K. S. Shanmugan, "Simulation of Communication Systems," Plenum Press, New York, 1992

[2] W. Jacobs, "Principles of Communication Engineering" John Wiley & Sons, New York, 1965

[3] J. G. Proakis, "Digital Communications" McGraw-Hill, New York, 1989

[4] W. L. Morgan and G. D. Gordon, "Communications Satellite Handbook," John Wiley & Sons, New York, 1989

[5] B. G. Evans, "Satellite Communication Systems," Peter Peregrinus, 1987

[6] M. C. Jeruchim, "Techniques for Estimating the Bit Error Rate in the Simulation of Digital Communication Systems," IEEE J. Select, Commun., VOL. SAC-2, pp. 153-170, Jan. 1984

[7] D. Roddy, "Satellite Communications," Prentice-Hall, NJ, 1989

[8] CADIS GmbH, COSSAP Manual, 1993

[9] 한국통신기술, "위성링크 성능분석 및 Link Budget Tool 사용자 설명서," 1994

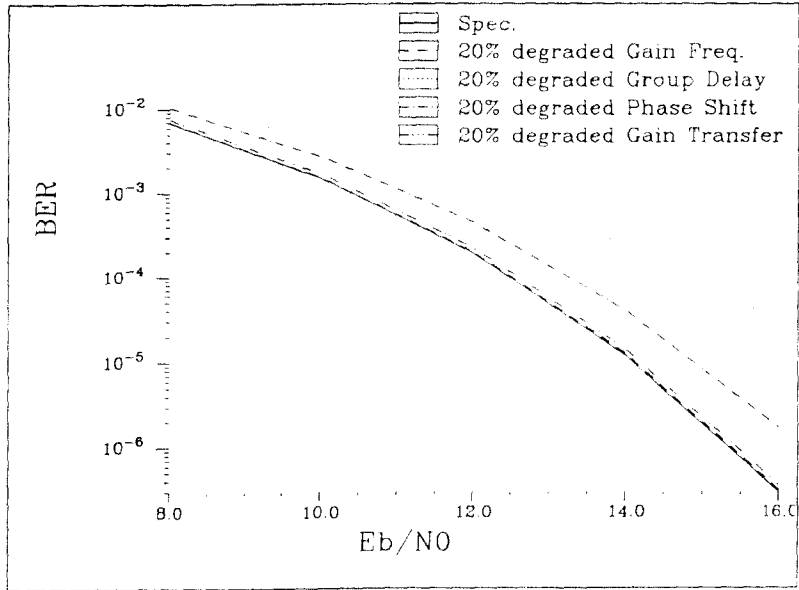


그림 V-2 추정된 BER 성능분석

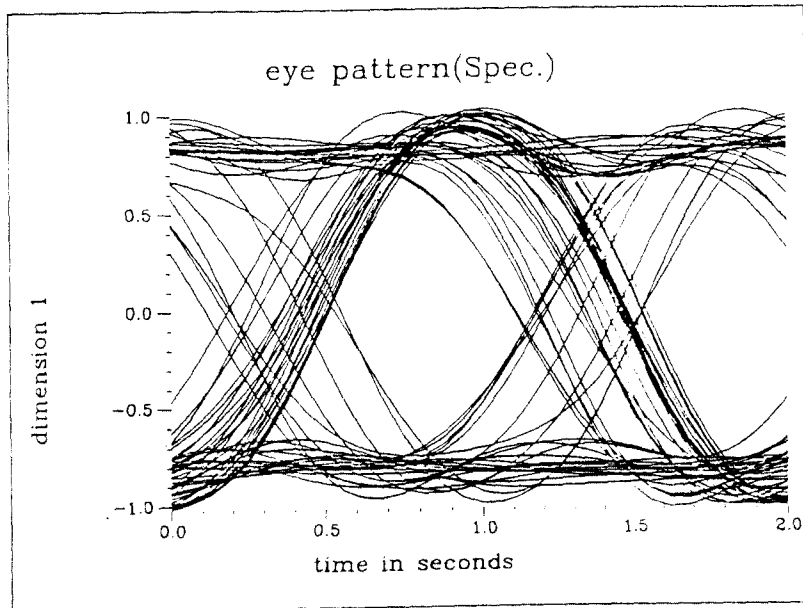


그림 V-3 규격특성에 대한 Eye Pattern

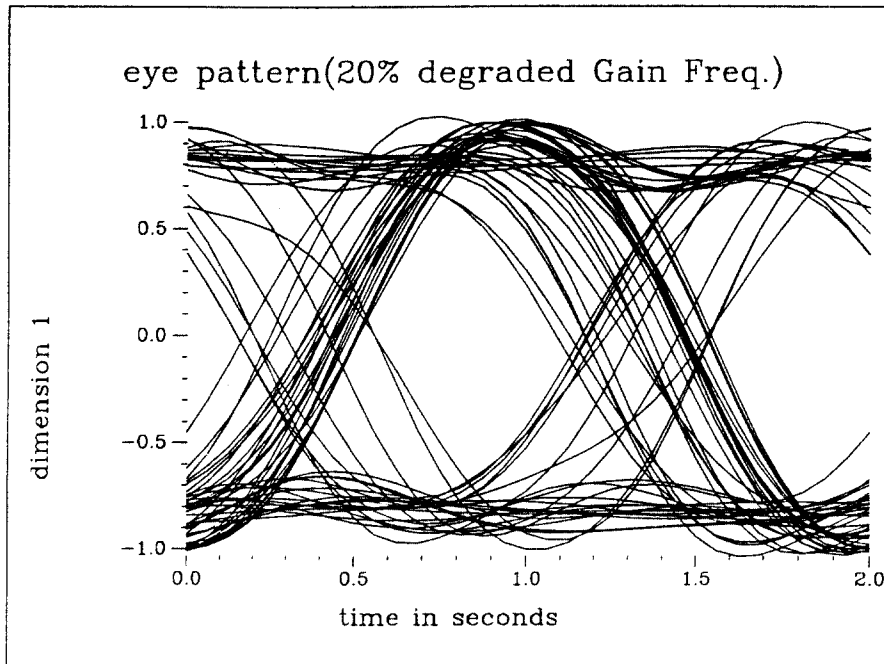


그림 V-4 성능이 20% 저하된 주파수 이득 특성에 대한 Eye Pattern

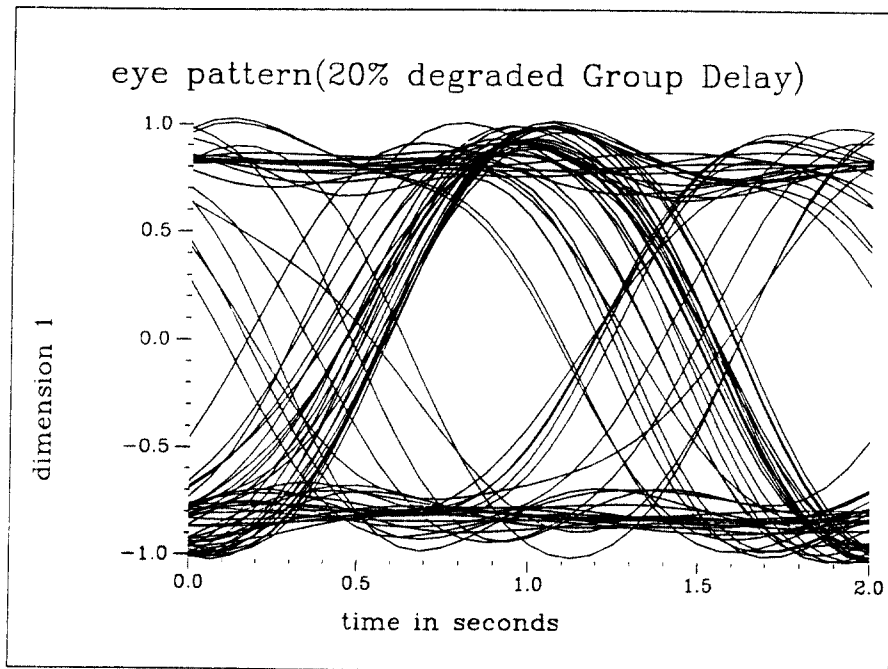


그림 V-5 성능이 20% 저하된 군지연 특성에 대한 Eye Pattern

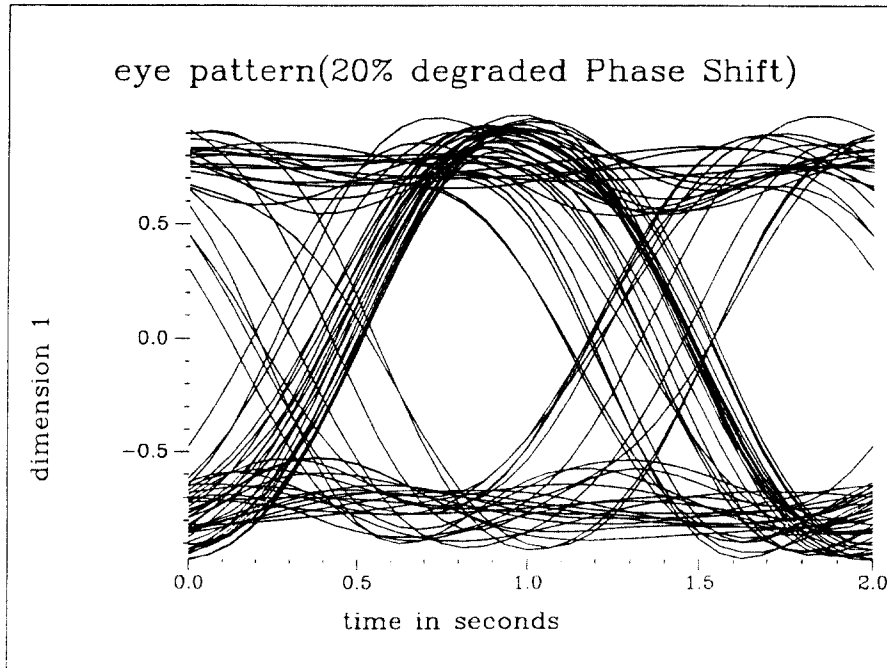


그림 V-6 성능이 20% 저하된 위상전이 특성에 대한 Eye Pattern

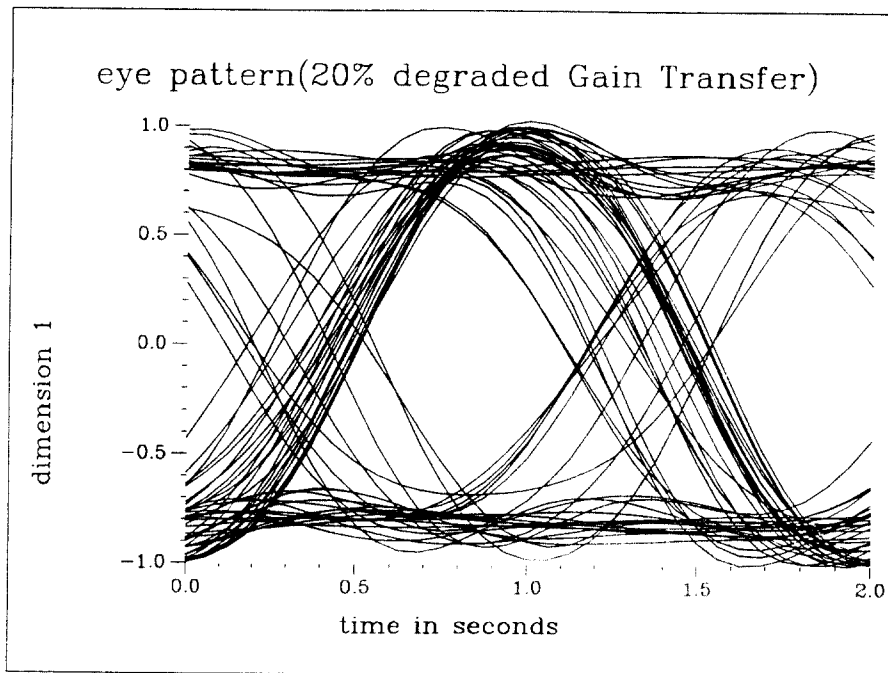


그림 V-7 성능이 20% 저하된 이득전달 특성에 대한 Eye Pattern



정 준 호

이 해 선

- 1993년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학사
- 1995년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사
- 1995년 2월 ~ 현재 : 한국통신기술(주)연구소 연구원
- 주관심 분야 : 초고주파 공학, 통신시스템, 안테나 분야

- 1984년 2월 : 서강대학교 전자공학과 공학사
- 1986년 2월 : 서강대학교 전자공학과 공학석사
- 1986년 1월 ~ 1991년 7월 : 금성전기(주) 연구소 선임연구원
- 1991년 7월 ~ 현재 : 한국통신기술(주) 연구소 위성 기술팀 부장
- 주관심 분야 : 무선통신 시스템, 초고주파 공학