
COMS 센서 데이터 송수신 채널 시스템 설계

김 영 완*

Channel Design of COMS Sensor Data Transmitter and Receiver System

Young Wan Kim*

요 약

본 논문에서는 통신해양기상위성(COMS)의 기상 및 해양 과학 관측 센서 데이터 서비스를 제공하는 지상 지구국 채널 시스템의 설계 요소를 해석하고, 소형 사용자 단말 장비의 적합한 설계를 위한 채널 설계 파라미터를 제안한다. 통신해양기상위성의 해양 관측 데이터는 S/L-band를 사용하여 지상으로 전송되며, 기상 관측 데이터는 지상으로 전송되고, 전송된 데이터는 지상국에서 수신 처리되어 COMS 위성을 통하여 사용자에게 제공된다. 디지털 방식으로 전송되는 센서 데이터는 양방향 소형 단말기의 채널을 통하여 수신되므로 센서 데이터 전송 방식에 대한 요소 기술적 분석과 전송 채널 모델링을 통한 채널 열화 요소를 분석하여 최적의 센서 데이터 송수신 채널 시스템을 해석하고 설계한다.

ABSTRACT

The design parameters of transmitter and receiver channel systems for COMS, which provides meteorological and ocean data services, were analyzed and the channel design parameters for a proper design of a small user-terminal were proposed in this paper. The COMS transmits the oceanic observation data by using the S/L-band link to the earth station. The meteorological data also are transmitted to the earth station, the meteorological data services, which are processed in the earth station, are provided to user. The sensor data are transmitted as digital signal type and are received by bilateral small-sized user terminals. So the optimal channel system for transmission and reception of sensor data should be designed on the basis of the channel modeling and analyzed results for primary technologies.

키워드

COMS, channel design, sensor data transmitter and receiver

I. 서론

통신해양기상위성(Communication Meteorological, Ocean Satellite : COMS)은 2008년 발사를 목표로, Ka-band 통신 채널과 기상 및 해양 과학 측정을 위한 복합위성으로 다양한 링크 채널을 형성하여 요구되는 서비스를 단방향 또는 양방향으로 신호를 전송한다. 해양 과학 관측 데이터는 S-band를 이용하여 지상으로 송신하며, 기상

관측 신호는 측정 데이터를 지상으로 송신함과 동시에 전처리된 기상 신호를 사용자 단말로 송수신한다[1]. 기상 및 해양 관측 데이터인 센서 데이터는 위성 관제 송수신 시스템과 공용하거나, 수신을 위한 사용자 단말의 소형 수신 장비로 송신할 수 있다. 이동형 단말기의 신호 수신 및 센서 데이터의 효율적인 사용을 위해서는 저가의 소형 단말기의 필요성이 대두되고 있다. 점 대 다중 통신 방식에서 사용자 단말의 적합한 채널 시스템을 설

계하기 위해서는 전송 방식 및 데이터에 대한 해석과 분석을 통하여 최적의 설계 파라미터를 제시하고 적합한 채널 시스템으로 시스템이 구축되어 운용될 필요성이 강조되고 있다[2]. 즉, 센서 데이터는 요구 성능에 필요한 디지털 신호 전송 방식과 전송율로 송수신되므로 디지털 전송에 요소 기술인 군 지연과 진폭 특성 등 비선형성을 해석하여 과도한 설계 기준 또는 성능을 저하시키는 설계를 방지하고 적합한 설계 기준을 제안하여야 한다.

본 연구에서는 통신해양기상위성의 기상 및 과학 측정 신호인 센서 데이터 전송 방식에 대한 요소 기술적 분석과 전송 채널 모델링을 통한 채널 열화 요소를 분석하여 최적의 센서 데이터 송수신 채널 시스템을 해석하고 설계한다. 디지털 신호 전송에서 발생하는 군 지연 및 이득 평탄도에 대한 raw, HRIT 및 LRIT 신호에 대한 모델링 및 성능 분석을 통하여 지상 송수신 채널 시스템의 설계 파라미터를 제안한다. 또한 bent-pipe 형태로 서비스되는 기상 관측 신호에 대한 위성트랜스폰더의 비선형성을 분석한다. 이와 같은 채널 요소 기술을 분석을 통하여 최적의 센서 데이터 송수신 시스템 설계 방안을 제시한다.

II. 본 론

2.1 통신해양기상위성 및 센서데이터 전송

통신해양기상위성은 위성관제 신호 전송과 센서 데이터 전송 채널 그리고 Ka-band 통신 채널을 형성한다. 그림 1은 통신해양기상위성과 지구국 시스템의 구성도와 각 지구국의 임무 및 위성과의 신호 전송 주파수 영역

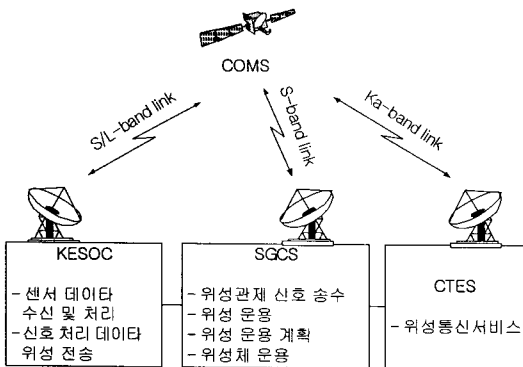


그림 1. COMS 위성과 지구국 시스템 구성도
Fig. 1. System configuration of COMS and ground system

을 보여준다. 통신해양기상위성을 관제하는 지상 위성 관제국(Satellite Ground Control System:SGCS)은 원격 명령, 원격측정 및 거리 측정 신호인 관제 신호를 S-band 주파수 영역을 사용하여 위성 송수신한다[1]

통신해양기상위성을 관제하는 지상 위성관제국은 원격 명령, 원격 측정 및 거리 측정 신호인 관제 신호를 S-band 주파수 영역을 사용하여 위성 송수신한다. 기상 해양 관측 데이터(센서 데이터) 운용 센터(Meteorological, Ocean data Acquisition Center:KESOC)는 S-band 주파수 대역의 센서 데이터를 수신하고, 수신된 raw 센서 데이터를 신호 처리하여 S/L-band 주파수 대역으로 LRIT(Low Rate Information Transmission) 데이터와 HRIT(High Rate Information Transmission) 데이터를 그림 2와 같은 링크를 형성하여 위성 송수신한다. 또한, 센서 데이터는 표 1과 같이 전송 데이터에 따라 BPSK 및 QPSK 디지털 변조 방식을 사용한다[3].

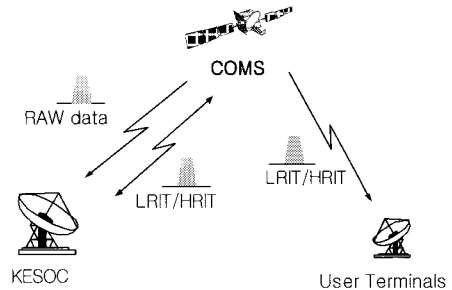


그림 2. 센서 데이터 송수신 링크
Fig. 2. Sensor data transmission and receiving link

표 1. COMS 위성의 센서 데이터 전송 방식
Table 1. Sensor data transmission method of COMS

항 목	상향 링크	하향 링크
전 송 대 이 타	LRIT/HRIT	Raw data /LRIT/HRIT
사 용 주 파 수 (MHz)	1670 ~ 1710	
변 조 방 식	Raw data	- QPSK
	LRIT	BPSK BPSK
	HRIT	QPSK QPSK
대 이 타 율	Raw data	- 6 Mbps
	LRIT	256 kbps 256 kbps
	HRIT	3 Mbps 3 Mbps

2.2 센서 데이터 채널 모델

군지연과 진폭 응답은 유사한 왜곡 특성을 갖는다. 높은 주파수 대역에서 더 적은 이득 특성을 갖는 선형망을 통하여 스퀘어 파형(square wave)이 전송될 경우, 입력 신호의 높은 주파수가 감쇠되는 현상이 나타난다. 또한 대역내 주파수 성분들이 다른 지연 특성을 갖는다면 통과 신호는 전력 손실은 발생하지 않으나 파형이 왜곡된다. 이러한 왜곡에 의해 원하지 않는 직교위상 신호가 발생되어 신호 간 누화(crosstalk)가 일어나 전송 신호의 성능이 저하된다[4].

선형망에 입력되는 전송 신호를 다음과 같이 표현하면,

$$s(t) = (1 + m \cos \omega_m t) \cos \omega_o t \tag{1}$$

선형망의 입출력 신호 간에는 위상차가 발생하여 시간 지연이 발생한다.

$$\begin{aligned} u(t) &= [1 + m \cos(\omega_m t + \Delta\theta)] \cos(\omega_o t + \theta_o) \tag{2} \\ &= [1 + m \cos \omega_m (t + \frac{\Delta\theta}{\omega_m})] \cos \omega_o (t + \frac{\theta_o}{\omega_o}) \\ &= [1 + m \cos \omega_m (t - t_p)] \cos \omega_o (t - t_e) \end{aligned}$$

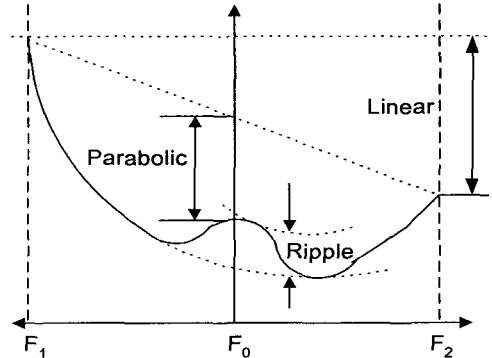
여기서, $t_p = -\theta_o / \omega_o$ 는 위상 지연(phase delay)이며, $t_e = -\Delta\theta / \omega_m$ 는 포락선 지연(envelope delay)이다.

군 지연은 포락선 지연과 같이 주파수에 대한 위상 응답 특성의 기울기로 정의된다[5].

$$t_g = -\frac{d\theta}{d\omega} = -\frac{d\theta}{2\pi df} \tag{3}$$

전송 신호의 시간 지연은 포락선 지연이나 군 지연에 의해 표현할 수 있다. 그러나, 포락선 지연은 선형 지연 특성을 갖는 회로에서는 군지연과 동일하나, 대역내 주파수 성분에 따라 지연이 변화하면 선형 부분인 작은 주파수 범위내의 포락선 지연의 평균값으로 군 지연을 고려하여야 한다.

채널의 비선형 지연 특성을 효과적으로 해석하기 위하여 군 지연 특성을 고려하며, 군 지연은 다항식 (polynomial) 항으로 표현할 수 있다. 즉, 군 지연 특성은 그림 3과 같이 선형 지연 왜곡(linear delay distortion), 파라볼릭 지연 왜곡(parabolic delay distortion) 그리고 큐빅 (cubic) 이상의 고차 성분으로 표현할 수 있다[6].



$$Group\ delay = A_0 + A_1 df + A_2 df^2 \dots \tag{4}$$

그림 3. 군 지연 특성 모델
Fig. 3. Group delay model

여기서, A_0 는 상수 지연(constant delay) 값이며, A_1, A_2 는 선형 지연과 파라볼릭 지연 상수이다. 단위는 각각 $ns/MHz, ns/MHz^2$ 이며, df 는 전송 채널 주파수 대역폭이다.

또한, 진폭 응답 특성도 군지연과 같은 다항식 항으로 그림 3과 같은 형태로 해석한다. 이때에는, A_1, A_2 는 선형 감쇠와 파라볼릭 감쇠 상수로 고려되며, 단위는 각각 $dB/MHz, dB/MHz^2$ 이다.

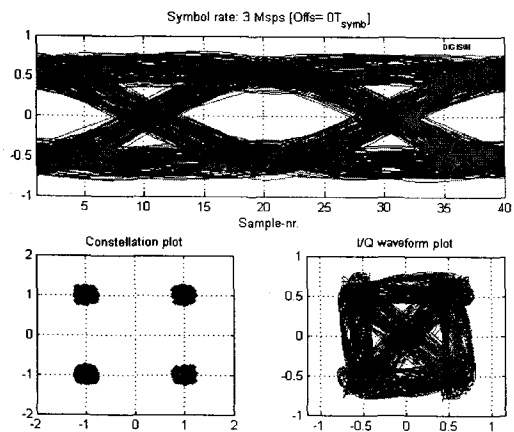
III. 채널 시스템 분석 및 설계

3.1 채널 시스템 분석

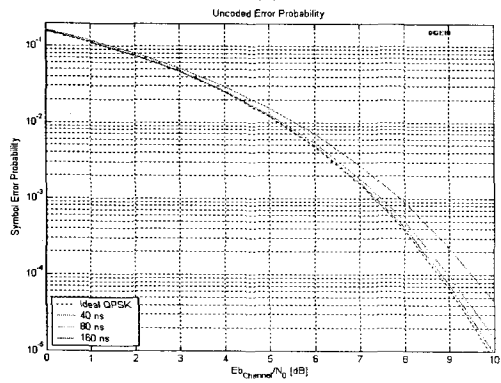
2장의 모델링을 기반으로 통신해양기상위성의 디지털 데이터 전송 방식을 갖는 센서 데이터 raw, HRIT 그리고 LRIT 신호에 대한 군 지연 및 진폭 응답 특성을 분석한다.

센서 데이터의 롤 오프 계수는 0.35를 가정하였으며, 전송 데이터는 QPSK 전송 방식의 최대 전송 데이터인 raw 신호(6 Mbps)를 분석하였으며, BPSK 신호는 256 kbps 전송율을 고려한다. 그림 4는 6 Mbps QPSK 전송 신호에 대한 군 지연의 선형 성분에 대한 영향을 보여준다.

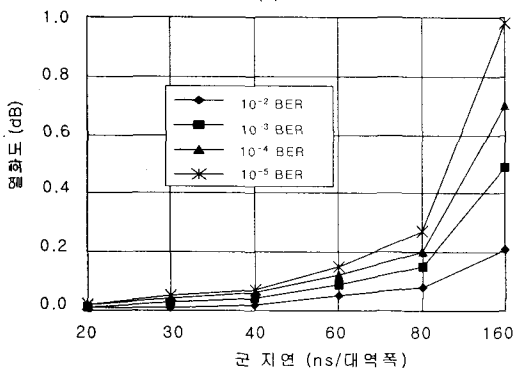
그림 4로부터 군 지연의 선형 성분에 의한 열화도가 10^3 BER 기준 시 0.1 dB 이하의 열화 특성을 갖기 위해서는 약 60 nsp-p/대역폭의 지연 특성을 가져야 함을 알 수 있다.



(a)



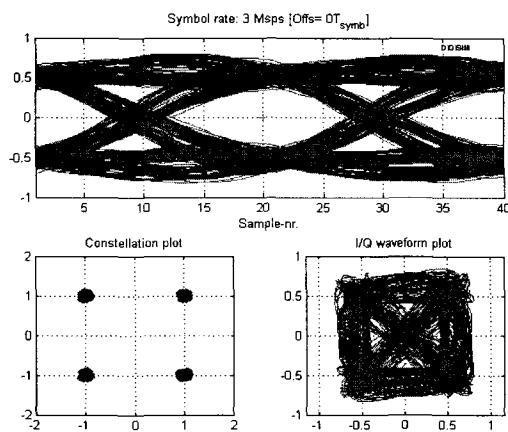
(b)



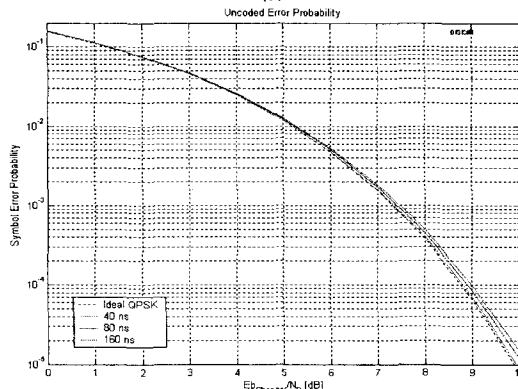
(c)

그림 4. 군 지연의 선형 성분에 의한 성능 특성 (@ 6 Mbps, QPSK), (a) 성상도 및 Eye diagram, (b) BER 특성 그리고 (c) 열화도

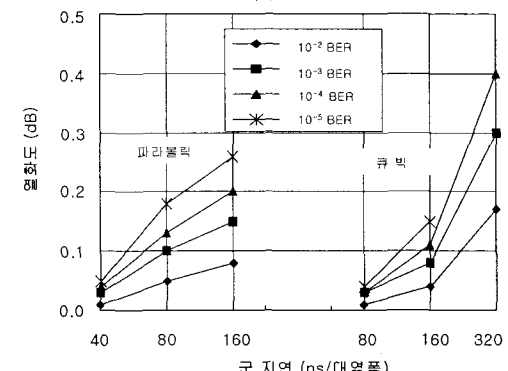
Fig. 4. Performance for linear component of group delay (@ 6 Mbps, QPSK), (a) constellation and eye diagram, (b) BER and (c) degradation



(a)



(b)



(c)

그림 5. 군 지연의 파라볼릭 및 큐빅 성분에 의한 성능 특성 (@ 6 Mbps, QPSK), (a) 성상도 및 Eye diagram, (b) BER 특성 그리고 (c) 열화도

Fig. 5. Performance for parabolic and cubic component of group delay (@ 6 Mbps, QPSK), (a) constellation and eye diagram, (b) BER and (c) degradation

그림 5는 6 Mbps QPSK 전송 신호에 대한 군 지연의 파라볼릭 성분과 큐빅 성분에 대한 영향을 보여준다.

선형 성분에 대한 영향과 동일하게 10^{-3} BER 기준시 0.1 dB 이하의 열화 특성을 갖기 위해서는 파라볼릭 및 큐빅 성분은 각각 약 80 nsp-p/대역폭과 180 nsp-p/대역폭의 지연 특성을 가져야 한다. 그러나, 성능 열화에 대해서는 선형 성분의 군 지연 특성보다는 파라볼릭 성분 및 큐빅 성분의 영향이 작게 나타나고 있다. 256 kbps BPSK 신호는 상대적으로 높은 군 지연 특성에서도 양호한 전송 성능을 갖는다. 그림 6은 256 kbps 전송 데이터를 갖는 BPSK 신호에 대한 군 지연의 선형 성분의 영향을 나타낸다.

그림 6으로부터 군 지연의 선형 성분에 의한 열화도가 10^{-3} BER 기준시 0.1 dB 이하의 열화 특성을 갖기 위해서는 약 1600 nsp-p/대역폭의 지연 특성을 가져야 함을 알 수 있다.

즉, 1.6 μ s-p 단위의 군 지연 특성을 갖는 채널에서도 양호한 전송 성능을 가질 수 있다. 따라서, 그림 4와 그림 5로부터 6 Mbps QPSK 전송 신호의 요구되는 군 지연 특성을 갖는 채널에서는 지속 데이터 및 BPSK 모드를 갖는 전송 신호에 대한 군 지연의 영향은 거의 무시될 수 있는 성능을 나타낸다.

대역폭내의 진폭 응답 특성에 대한 전송 성능 열화는 군 지연 특성과 동일하게 분석한다. 그림 7은 진폭 응답 특성의 선형 성분에 의한 열화를 나타내고 있다. 진폭 응답 특성은 군 지연에 의한 영향보다는 상대적으로 적으며, 동일한 대역 내 진폭 평탄도에 대해서는 전송 데이터 율에 관계없이 일정한 열화 특성을 갖는다. 진폭 응답 특성에서는 큐빅 성분에 의한 영향은 상대적으로 무시할 수 있는 작은 값을 가지나, 파라볼릭 성분에 의한 영향은 일정한 값의 열화를 갖는다.

그림 8은 진폭 응답 특성의 파라볼릭 성분에 의한 영향을 보여준다. 진폭의 파라볼릭 성분에 의한 영향은 선형 성분에 의한 영향과 거의 동등한 영향을 갖는다. 여기서, 위성 상향 링크와 하향 링크를 turn-around 하는 bent-pipe 형 센서 데이터의 전송은 위성체의 비 선형성에 영향을 받으므로, raw, LRIT 및 HRIT 데이터의 BPSK 및 QPSK 전송 방식에 대한 위성체 TWTA의 비 선형성을 분석한다. 여기서 비선형 모델은 일반적으로 사

용하는 위성 트랜스폰더의 TWTA AM-AM 및 AM-PM 특성을 고려한다.

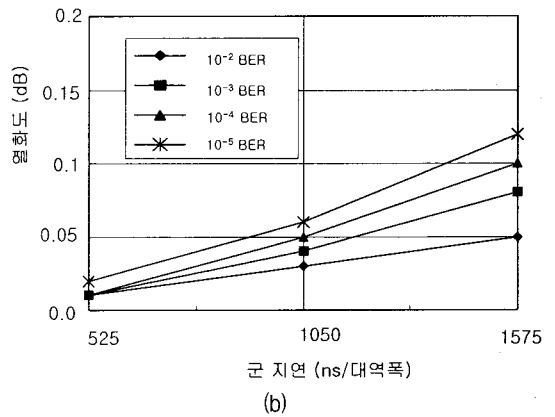
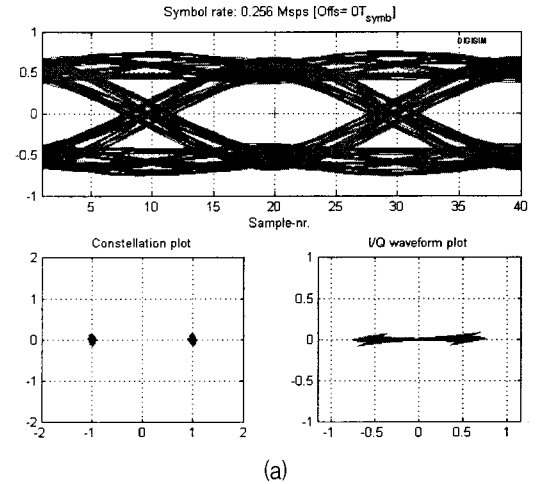


그림 6. 군 지연의 선형 성분에 의한 성능 특성 (@ 256 kbps, BPSK), (a) 성상도 및 Eye diagram 그리고 (b) 열화도

Fig. 6. Performance for linear component of group delay (@ 256 kbps, BPSK), (a) constellation and eye diagram and (c) degradation

그림 9는 위성체의 비 선형성에 의한 BPSK 와 QPSK 전송 신호에 대한 성능 열화도를 나타낸다. 그림으로부터 증폭기의 AM-AM, AM-PM 성분으로 인하여 심볼간 간섭이나 위상 왜곡 현상이 발생하여 시스템 성능이 저하되는 것을 알 수 있다.

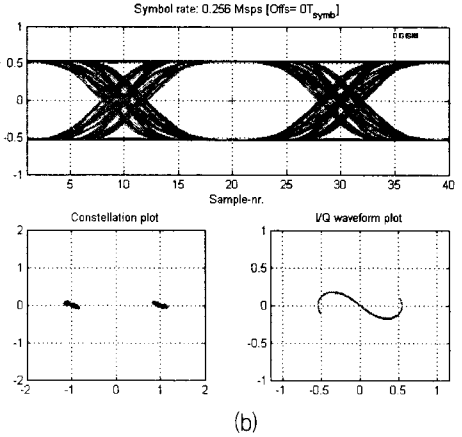
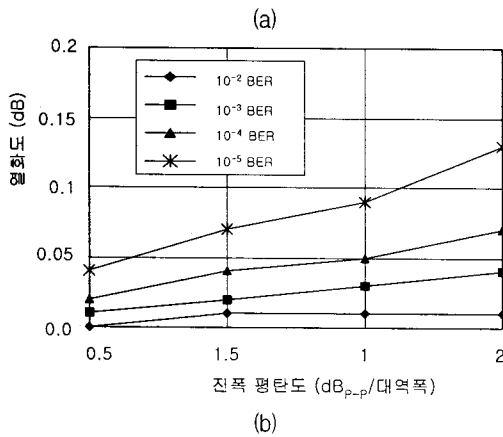
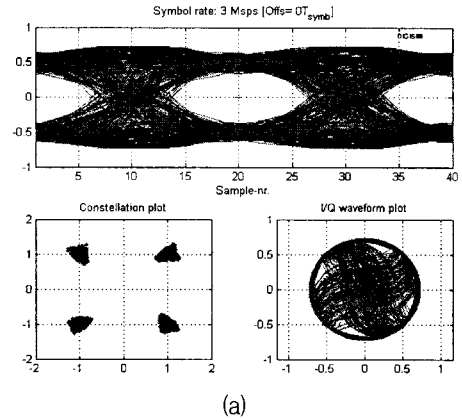
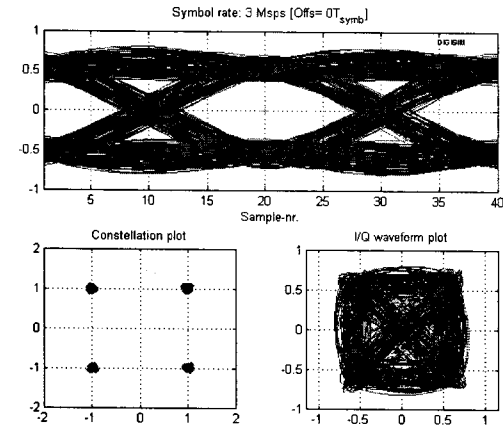


그림 7. 진폭 응답도의 선형 성분에 의한 성능 특성 (@ 6 Mbps, QPSK), (a) 성상도 및 Eye diagram 그리고 (b) 열화도

Fig. 7. Performance for linear component of amplitude (@ 6 Mbps, QPSK), (a) constellation and eye diagram, and (c) degradation

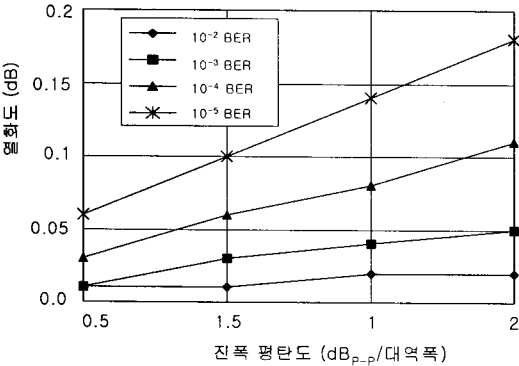


그림 8. 진폭 응답도의 파라볼릭 성분에 의한 열화 성능 특성 (@ 6 Mbps, QPSK)

Fig. 8. Performance for parabolic component of amplitude (@ 6 Mbps, QPSK)

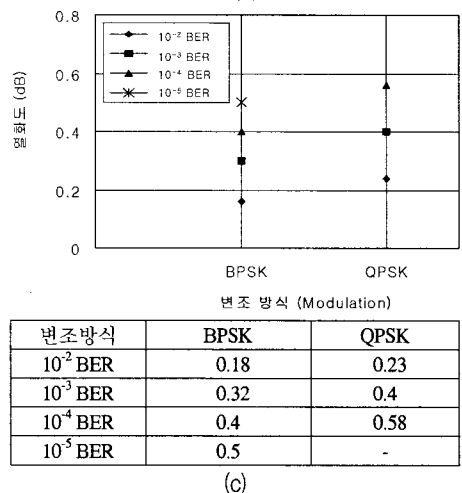


그림 9. 위성체의 비 선형성에 의한 BPSK 와 QPSK 전송 신호에 대한 성능 열화, QPSK : (a) (c), BPSK : (b), (c) 열화도

Fig. 9. Performance for non-linear of satellite transponder(@ BPSK & QPSK), QPSK : (a) (c), BPSK : (b), (c) degradation

또한, AM-AM 성분은 이득의 비선형으로 위상과 진폭의 변화를 가져오나, AM-PM 성분은 위상이 변화하는 특성을 가져오기 때문에, TWTA의 AM-AM 성분이 시스템 성능에 지배적으로 작용하는 것을 알 수 있다. 그리고, TWTA의 비선형에 의해 측대파 신호가 복원되고, 위상 왜곡에 의해 성상도가 회전하는 특성이 나타나므로 인접 채널에 간섭 신호로 작용하거나 신호 획득 시간에 영향을 가져온다. 인접 채널에 대한 간섭은 중계기의 출력 채널 필터에 의해 효과적으로 억압하여 간섭 영향을 줄일 수 있다.

3.2 채널 시스템 설계

센서 데이터 전송 시스템은 6 Mbps 및 3 Mbps QPSK 신호를 전송한다. 6 Mbps raw 신호는 지상 전송 시스템으로 하향 링크만 형성하나 3 Mbps HRIT 신호는 256 kbps BPSK 신호와 같이 상·하향 링크를 형성한다.

군 지연 특성은 전송 데이터 율에 영향을 받으므로 QPSK 전송 시스템에서는 6 Mbps 시스템을 그리고 BPSK는 256 kbps 전송 데이터를 대상으로 하며, 3.1절의 결과를 바탕으로 군지연 및 진폭 응답 특성 그리고 비선형성에 의한 일정한 열화 특성을 위한 시스템 파라미터를 정의한다.

채널 열화 특성은 10^{-3} BER를 기준으로 군 지연, 진폭 응답 특성 그리고 위상 잡음에 의한 영향을 각각 0.1 dB로 설정하며, 톨오프 계수는 0.35를 적용한다.

군 지연에 대한 열화 분석으로부터 선형 성분, 파라볼릭 성분 그리고 큐빅 성분은 각각 7.5 ns/MHz, 10 ns/MHz² 그리고 5 ns/MHz³ 이하의 특성을 요구한다. 또한, 진폭 응답 특성은 0.3 dB/MHz 이내의 선형 성분, 0.25 dB/MHz² 이내의 파라볼릭 성분 그리고 0.31 dB/MHz³ 이내의 큐빅 성분 특성을 가져야 한다. 그러나, BPSK에 대한 군 지연의 선형 성분은 2.89 us/MHz의 상대적으로 큰 군 지연 특성에서도 요구하는 성능을 만족할 수 있다. 또한 위성체의 TWTA에 의한 영향은 QPSK 전송에는 약 0.4 dB 그리고 BPSK 전송에서는 약 0.3 dB의 열화가 발생한다. 따라서, 센서 데이터의 채널 열화 요소로 인한 손실은 약 1.0 dB 이하의 특성으로 전송할 수 있으며, 동일한 전송 시스템에서 BPSK 및 QPSK 신호를 전송할 경우에는 QPSK의 요구 특성으로 센서데이터 송수신 채널 시스템을 설계한다.

IV. 결론

본 연구에서는 통신해양기상위성의 센서 데이터 송수신을 위한 채널 시스템의 요소 기술의 해석과 시스템 설계 파라미터를 제안하였다. 센서 데이터는 통신해양기상위성을 통하여 제공되며, 고정 지구국 및 이동형 수신 단말기를 통하여 지상으로 서비스된다. 디지털 방식으로 전송되는 센서 데이터는 소형 단말기의 채널을 통하여 수신되므로 저가 및 소형화된 단말기가 요구된다. 이에 디지털 전송의 요소 파라미터를 모델링하고 성능을 분석하여 적합한 채널 설계 파라미터를 제시하였다. Bent-pipe형 서비스는 위성 트랜스폰더의 비선형성을 고려하여 QPSK 및 BPSK에 적합한 동작점을 제시하며, 요구 성능에 적합한 채널 시스템 설계 및 운용이 가능하도록 하였다.

참고문헌

- [1] 장대익, 김영완 외 2인, "COMS 통신위성 지구국의 효율적인 전송방식 및 망 구성방안", 한국통신학회, 2004 하계종합학술대회, 2004
- [2] Young-Wan Kim, Yun-Jeong Song, Nae-Soo Kim and Dong-Chul Park, "Performance Analysis of Channel Impairment in High Data Rate Satellite Communication Service", International Microwave and Optoelectronics Conf., pp. 47-50, 2001.
- [3] 이성팔 외, "통신해양기상위성 위성통신시스템 개념 설계", 한국통신학회 추계학술대회, 2004
- [4] Tri. T. Ha, Digital Satellite Communication, 2nd ed., McGraw-Hill, NY, 1990.
- [5] Heinrich Meyr and Gerd Ascheid, Synchronization in Digital Communications, Volume 1, John Wiley & Sons, 1990.
- [6] 김영완, 박동철, "Ka 대역 초고속 위성통신 시스템에 대한 군지연 및 비선형 특성의 영향", 전자파학회논문지, 제 12권, 제 4호, 600-610, 2001

저자소개



김 영 완(Young-wan Kim)

1983년 경북대학교 전자공학사
1985년 경북대학교 전자공학석사
2003년 충남대학교 전자공학박사

1984~1990 동양정밀공업(주) 중앙연구소 과장

1990~1992 (주) 유영통신 이사

1992~2004 한국전자통신연구원 책임연구원

2004~현재 군산대학교 전자정보공학부 교수

※관심분야: RF/Microwave 시스템 및 회로설계,
디지털 위성방송/통신시스템, 마이크로파 소자