

論文

통신해양기상위성의 위성 관제 신호 전송 방식의 최적화 연구

김영완*, 양우진*

A Study on the Optimization of the Transmission Method for COMS
Satellite Control Signal

Young-wan Kim* and Woo-jin Yang*

ABSTRACT

The power losses due to modulation index for multi-modulation scheme were analyzed under various transmission mode of satellite control and the necessary satellite link margin for transmission mode were proposed in this paper. On the basis of the analyses for interference between the transmission signals and threshold of satellite control signal receiver, the optimal subcarrier signals were proposed for satellite range measurement methods, respectively. The subcarrier signal of 12 kHz or 14 kHz is proper for telecommand using the ESA method, and 16 kHz for telecommand signal using the GSTDN method. On the other hand, the telemetry subcarrier of 65.536 kHz is a proper in the viewpoint of receiver threshold value.

초 록

본 연구에서는 다중 변조 방식의 변조 지수에 따른 전력 손실을 위성 관제 전송 모드 별로 해석하고, 위성 관제 전송 모드에 대한 필요한 위성 링크 마진을 제시하였다. NRZ/PSK/PM 다중 변조 신호의 전송 신호간 간섭 현상과 위성 관제 수신 신호의 임계값을 기준으로 원격 명령과 원격 측정 신호의 최적 부 반송파 신호를 제안하였다. ESA 거리 측정 방식을 사용하는 위성 관제 모드에서는 12 kHz 또는 14 kHz 의 원격 명령 부 반송파 신호를 그리고, GSTDN 방식을 사용하는 운용 모드에서는 16 kHz 부 반송파를 사용하여 다양한 위성 관제를 할 수 있도록 한다. 또한 원격 측정 신호의 부 반송파는 65.536 kHz를 사용하여 양호한 수신 성능 및 동작 영역을 보장하도록 한다.

Key Words : COMS(통신해양기상위성), Satellite control(위성제어), TT&C signal transmission method(위성관제 신호 전송 방식)

1. 서 론

통신해양기상위성(COMS)을 관제하는 위성 지상 관제시스템(Satellite Ground Control System : SGCS)은 원격 명령(Telecommand : TC), 원격 측정

(Telemetry : TM) 및 거리 측정 신호(Ranging Signal : RS)인 관제 신호를 S-band 주파수 영역을 사용하여 송수신한다[1][2]. 통신해양기상위성은 기상 및 해양 데이터를 관측하여 지상 송신하므로 정확한 궤도 예측과 보정 그리고 정밀한 위성 관제가 중요하다. 또한, 정지궤도에서 운용되는 통신해양기상위성은 충분한 링크 마진의 위성 관제 신호 운용이 필요하다. 위성 관제 신호는 원격 명령과 거리측정 신호로 구성되는 상향 링

† 2006년 9월 21일 접수 ~ 2006년 10월 17일 심사완료

* 정회원, 군산대학교 전자정보공학부

연락처, E-mail : ywkim@kunsan.ac.kr

크와 원격 측정과 거리 측정 신호로 구성되는 하향 링크로 구성되며, 다중 신호를 NRZ/PSK/PM 다중 변조한다[3]. 다중 변조 신호는 변조 지수에 의해 전송되는 신호 성분들의 신호 전력 크기가 다르며, 부 반송파 신호를 사용하여 신호간 간섭을 최소화 한다. 위성 관제는 국제적으로 표준화된 전송 규격을 사용하나, 변조 지수 및 부 반송파 신호는 운용되는 위성 환경에 적합한 방식과 신호를 사용하여 운용되고 있다[4]. 통신해양기상위성은 NRZ/PSK/PM 전송 방식과 톤 방식의 거리 측정 방식을 사용한다. 따라서, 다중 변조 방식에 따른 변조 지수에 의한 전력 손실을 해석하여 정지 궤도에서 안정적인 위성 관제 링크를 형성하게 하고, 거리 측정 방식과 적합한 부반송파 신호 선정이 필요하다.

본 논문에서는 통신해양기상위성의 다중 변조 위성 관제 신호의 관제 모드별 변조 지수에 대한 전송 신호 성분들의 전력 손실을 해석하고, 정지 궤도에서 요구되는 링크 마진을 분석한다. 위성 거리 측정 방식은 위성 관제 신호와 거리 측정 신호의 신호 분포 및 간섭을 정성적으로 분석하여 적합한 톤 방식을 선정하며, 원격 명령 및 원격 측정 신호의 최적 부 반송파 주파수 신호를 제안한다.

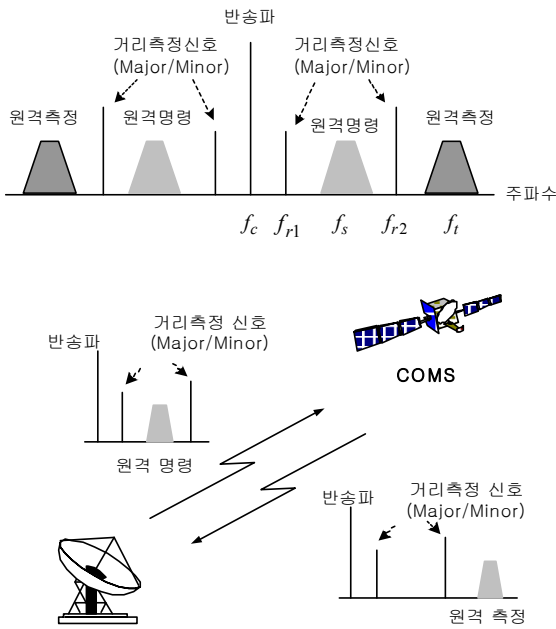


Fig. 1. Allocation of Satellite control signal for COMS control

II. 통신해양기상위성 관제 신호 해석

2.1 통신해양기상위성 위성관제 신호

위성 관제 신호는 원격 명령과 거리 측정 신호로 구성되는 상향 링크와 원격 측정과 그리고 거리 측정 신호로 구성되는 하향 링크로 구성되며, 신호간 간섭을 최소화하기 위하여 Fig. 1과 같이 NRZ/PSK/PM 다중 변조 방식으로 전송 신호가 분포되어, 위성 지상 관제시스템과 송수신된다. 이러한, 통신해양기상위성의 원격 명령 및 원격 측정 그리고 톤 방식의 위성 거리 측정 신호에 대한 전송 규격은 Table 1과 같다[1][2]. 위성 관제 신호는 PM 변조에 의해 전송 신호의 변조 지수에 따라 전력 손실이 발생하며, 반송파 신호와 전송 신호간의 전력 배분이 발생한다.

Table 1. Transmission method of COMS satellite control signal

| 항 목 | | 상향 링크 | 하향 링크 |
|--------------|-------------------|---------------|---------------------|
| 사용 주파수 (MHz) | | 2025 ~ 2110 | 2200 ~ 2290 |
| 변조 방식 | TC | NRZ/PSK/PM | - |
| | TM | - | NRZ/PSK/PM |
| 변조 지수 | TC | 1.4 rad ± 5% | - |
| | TM | - | 1.0 rad ± 10% |
| 부 반송 파 주 파 수 | TC | 8 kHz | - |
| | TM | - | 65.536 kHz |
| 데 이 타 율 | TC | 1000 bps | - |
| | TM | - | 2048 bps |
| 거리 측정 신호 | 변조방식 | PM | PM |
| | 변조지수 (Major only) | 1.4 rad ± 5% | 0.45 rad +10%, -15% |
| | (Major + Minor) | 0.75 rad ± 5% | 0.32 rad +10%, -15% |

2.2 다중 모드 신호 변조 및 부반송파

(1) 변조 손실

원격 명령 신호와 원격 측정 신호는 BPSK 변조된 신호 분포를 나타내며, 거리 측정 신호는 PM 변조된 주파수 분포를 갖는다. 위성 관제 신호 전송은 전송 신호에 따라 다음과 같은 3가지 모드로 전송된다[5].

모드 1 : 원격명령 또는 원격측정 신호 전송

$$c(t) = \sqrt{2} \sin[\omega_c t + \beta_s \sin(\omega_s t + \theta(t)) + \psi(t)] \quad (1-a)$$

모드 2: 거리 측정 신호 전송

$$c(t) = \sqrt{2} \sin[\omega_c t + \beta_{r1} \sin(\omega_{r1} t) + \beta_{r2} \sin(\omega_{r2} t) + \psi(t)] \quad (1-b)$$

모드 3 : 원격 명령 또는 원격 측정 신호와 거리 측정 신호 동시 전송

$$c(t) = \sqrt{2} \sin[\omega_c t + \beta_s \sin(\omega_s t + \theta(t)) + \beta_{r1} \sin(\omega_{r1} t) + \beta_{r2} \sin(\omega_{r2} t) + \psi(t)] \quad (1-c)$$

여기서 ω_c , ω_s , ω_{r1} 그리고 ω_{r2} 는 반송파 신호, 부 반송파 신호 그리고 거리 측정 신호의 주파수이다. 또한, β_s , β_{r1} 및 β_{r2} 는 부 반송파 신호 그리고 거리 측정 신호의 minor 톤 신호와 major 톤 신호의 변조 지수이며, $\theta(t)$, $\psi(t)$ 는 부반송파 신호와 거리 측정 신호의 위상값이다.

전송 모드 1 신호의 전력을 구하기 위하여 식 (1-a)를 삼각함수 및 Bessel 함수 정의를 이용하여 식 (2)와 같이 표현할 수 있다[6].

$$\begin{aligned} c(t) &= \sqrt{2} \sin[\omega_c t + \beta_s \sin(\omega_s t)] \quad (2) \\ &= \sqrt{2} \sin \omega_c t \cos(\beta_s \sin \omega_s t) \\ &\quad + \sqrt{2} \cos \omega_c t \sin(\beta_s \sin \omega_s t) \\ &= \sqrt{2} \sin \omega_c t [J_0(\beta_s) + 2 \sum_{k=1}^{\infty} J_{2k}(\beta_s) \cos(2k \omega_s t)] \\ &\quad + \sqrt{2} \cos \omega_c t [2 \sum_{k=0}^{\infty} J_{2k+1}(\beta_s) \sin\{(2k+1) \omega_s t\}] \end{aligned}$$

식 (2)를 정리하면,

$$\begin{aligned} c(t) &= \sqrt{2} J_0(\beta_s) \sin \omega_c t \quad (3) \\ &\quad + 2 \sqrt{2} J_1(\beta_s) \cos \omega_c t \sin \omega_s t \\ &\quad + 2 \sqrt{2} J_2(\beta_s) \sin \omega_c t \cos 2 \omega_s t \\ &\quad + 2 \sqrt{2} J_3(\beta_s) \cos \omega_c t \sin 3 \omega_s t \\ &\quad + \text{high order components} \end{aligned}$$

식 (3)은 반송파 신호 및 원격 명령(또는 원격 측정) 신호 그리고 고차 모드 신호 등 전송 신호

성분들로 구성된다. 여기서, 반송파 신호의 전력을 구하기 위해 자기상관도(autocorrelation)을 구하면,

$$\begin{aligned} R_c(\tau) &= \frac{1}{T} \int_0^T (2 J_0^2(\beta_s)) \sin \omega_c t \sin \omega_c(t + \tau) dt = J_0^2(\beta_s) \cos \omega_c \tau \quad (4) \end{aligned}$$

따라서, 반송파 신호의 전력은

$$\begin{aligned} P_c &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} c^2(t) dt = E\{c^2(t)\} \quad (5) \\ &= R(0) = J_0^2(\beta_s) \end{aligned}$$

이다. 즉, 신호 크기는 변조 지수를 파라미터로 하는 Bessel 함수값으로 나타난다. 또한, 원격 명령(또는 원격 측정) 신호에 대하여 식 (4)와 같이 자기 상관도를 구하면, 원격 명령(또는 원격 측정)신호는 반송파를 중심으로 양측대파로 나타나며, 동등한 전력을 갖는 신호로 표현된다. 따라서, 원격 명령(또는 원격 측정) 신호에 대한 신호 전력은 식 (5)에 의해 $2J_1^2(\beta_s)$ 임을 알 수 있다.

동일한 방법으로 고차 모드의 신호 성분의 신호 전력 크기를 구하면 일반적으로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P_{n-th} = 2J_n^2(\beta_s) \quad \text{for } n = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

(5)와 식 (6)은 변조 지수에 따라 전송 신호의 전력 크기를 나타낸 것으로 변조 지수에 따라 신호 크기가 작아지는 것을 알 수 있다. 따라서 이와 같은 신호 크기의 감소를 변조에 의해 나타나는 신호 손실로서 변조 손실이라고 한다. 식 (6)으로부터 전송 신호의 변조 지수가 1.4 rad 이하이면, 2차 이상의 고차 모드의 신호 전력은 10 % 미만이므로 고차 모드의 신호 성분은 무시할 수 있다. 따라서, 반송파 신호와 원격 명령 신호에 전력이 양분되어 위성 전송된다. Fig. 2는 식 1의 전송 모드 1 신호의 변조 지수에 따른 신호 전력 크기를 보여준다. 그림으로부터 변조 지수가 1.4 rad 이내 일 경우, 신호 전체 전력의 90.9 % 이상이 반송파 신호와 원격 명령 신호에 양분되어 전송 할 수 있음을 알 수 있다.

식 (1-b) 및 식 (1-c)와 같은 전송 모드 신호가 전송될 경우, 각 모드별 전송 신호 성분들의 전력 크기는 전송 모드 1과 같이 간단히 정리할 수 있다. 즉, 전송 모드 2와 전송 모드 3에 대한 신호 성분들의 전력 크기는 Table 2와 같다.

Table 2. Power density of signal components for transmission due to modulation index

| 모드 | 신호 성분 | 전력 크기 | |
|-------|-------------------|--|--|
| 2 | 반송파 | $J_0^2(\beta_{r1}) J_0^2(\beta_{r2})$ | |
| | 거리 측정 | major | $2 J_0^2(\beta_{r1}) J_1^2(\beta_{r2})$ |
| | | minor | $2 J_1^2(\beta_{r1}) J_0^2(\beta_{r2})$ |
| | 거리 측정 (major 전송)0 | 반송파 | $J_0^2(\beta_{r2})$ |
| major | | $2 J_1^2(\beta_{r2})$ | |
| 3 | 반송파 | $J_0^2(\beta_s) J_0^2(\beta_{r1}) J_0^2(\beta_{r2})$ | |
| | 부반송파 | $2 J_1^2(\beta_s) J_0^2(\beta_{r1}) J_0^2(\beta_{r2})$ | |
| | 거리 측정 | major | $2 J_0^2(\beta_s) J_0^2(\beta_{r1}) J_1^2(\beta_{r2})$ |
| | | minor | $2 J_0^2(\beta_s) J_1^2(\beta_{r1}) J_0^2(\beta_{r2})$ |

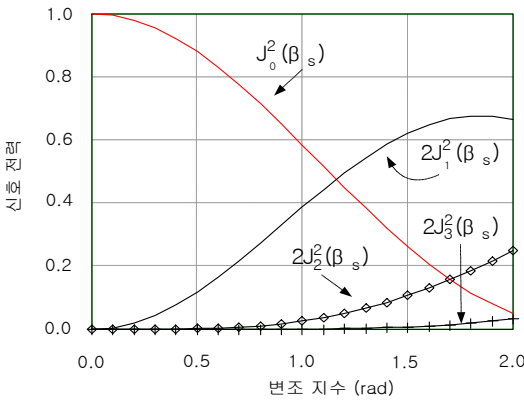


Fig. 2. Power density of transmission signals for mode 1 according to modulation index

일반적으로 반송파 신호를 제외한 고차 모드 성분을 포함한 전송 신호 각 성분에 대한 신호 크기는 다음과 같다.

전송 모드 2 :

$$2 J_m^2(\beta_{r1}) J_n^2(\beta_{r2}) \quad \text{for } m\omega_{r1} \pm n\omega_{r2}, \quad (7)$$

$$m, n = 1, 2, 3, \dots, m(n)$$

전송 모드 3:

$$2 J_m^2(\beta_s) J_n^2(\beta_{r1}) J_l^2(\beta_{r2}) \quad (8)$$

$$m, n, l = 1, 2, 3, \dots$$

따라서 위성 관제 신호는 NRZ/PSK/PM 다중 변조에 의해 전송 모드 (1), (2) 그리고 (3)에서 각 전송 신호 성분의 신호 크기가 변조 지수에

따라 변한다. 각 변조 손실은 전송되는 신호 성분들의 손실이므로 수신기의 임계값을 고려하여 전송 신호 성분들의 변조 지수를 선정하여야 한다.

(2) 부 반송파 신호

위성 전송 모드에 따른 식 (1)의 전송 신호들에 대한 전력 스펙트럼은 식 (3) 형식으로부터 구할 수 있다. 즉, 전송 신호의 전력 스펙트럼은 부 반송파 주파수와 거리 측정 신호 주파수의 정수배되는 주파수에 반복적으로 분포되며, 원격 명령 또는 원격 측정 신호와 거리 측정 신호를 동시에 전송할 때에는 전송 신호들의 정수배되는 주파수 성분과 두 신호의 혼 변조(Inter-modulation) 성분들이 나타난다. 따라서, 전송 신호를 복조할 수 있으며, 위성으로 전송되는 신호는 수신기가 전송 신호를 복조할 수 있는 필요 점유 대역폭(occupied band -width)으로 제한하여 전송된다. 전송 신호 대역폭은 부 반송파 주파수에 정비례하므로 대역 효율적인 전송을 위해서는 낮은 주파수의 부 반송파 신호를 사용한다. 수신기는 수신 데이터 동기를 위한 클럭(clock) 신호를 필요로 하며 부 반송파 신호는 클럭 신호와 동기된다. 따라서, 부 반송파 신호의 반송 주파수는 식 (9)와 같이 전송 데이터와 일정한 관계를 갖는다[4].

$$\frac{\text{부 반송파 주파수}}{\text{전송 데이터율}} = p, \quad (9)$$

$$4 \leq p \text{ (정수)} \leq 1024$$

일반적으로 전송 신호를 포함하는 모드 3의 관련 식 (1-c)를 Bessel 함수로 정리하고 3차 이상의 Bessel 함수값을 무시하고, 필요 전송 대역폭 내의 신호 스펙트럼 분포를 나타내면 Fig. 3과 같다. Fig. 3은 위성 관제 상향 링크 신호 및 전송 신호성분에 의해 발생하는 간섭 신호를 보여준다. Fig. 3에서 요구하는 상향 링크 전송 신호

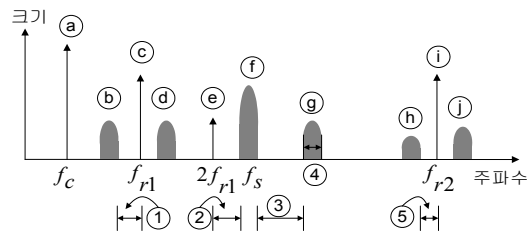


Fig. 3. Transmission signal spectrum of satellite control up-link

성분은 반송파 신호(ⓐ), 원격 명령 신호(ⓑ), 거리 측정 신호(ⓒ, ⓓ)이다.

그러나, 전송 신호간 간섭 신호들이 $2J_n(\beta_s)$, $J_m(\beta_{r1})J_p(\beta_{r2})$ 의 크기로 각각 발생한다. 여기서 n, m, l 은 식 (8)에서 정의한 전송 신호 성분에 대한 각각의 정수를 나타낸다. 즉, 부 반송파와 거리 측정 신호 주파수에 따라 결정된다. 위성 원격 명령 또는 원격 측정 신호와 거리 측정 신호의 혼 변조(inter-modulation) 신호(신호 형태 b, d, e, g, h, j)는 사용하는 부 반송파 신호와 거리 측정 신호의 주파수에 따라 스펙트럼 분포가 결정된다. 거리 측정 신호와 부 반송파 신호에 대한 간섭 현상을 최소화하기 위해서는 간섭 신호와의 주파수 간격 (①, ②, ③, ⑤)이 최대가 되어야 한다. 즉, 관제 신호의 전송 데이터 율에 따른 대역폭 (④) 내에 간섭 신호가 영향을 미치지 않도록 하여야 한다. 또한, 대역폭 내에 간섭 신호가 분포할 때에는 반송파 신호대 간섭 신호의 비 (C/I)가 최대가 되도록 전송 신호의 변조 지수를 선택하여야 한다.

III. 통신해양기상위성 관제 신호 전송 최적화

3.1 변조 지수

통신해양기상위성은 Table 1과 같은 변조 지수로 각 전송 신호 성분들이 다중 변조되어 전송된다. 각 전송 모드에 따라 변조 손실은 II 장의 전송 모드 1, 전송 모드 2, 그리고 전송 모드 3의 관련 식을 적용하면 Fig. 4와 같이 나타낼 수 있다. 여기서, "major only"는 major 거리 측정 신호만 전송할 경우이다.

Fig. 4로부터 상향 링크에서의 반송파 신호 전력은 전송 모드에 따라 약 7.326 dB, 원격 명령은 4.93 dB, 거리 측정 신호는 4.93 dB 전력 변화가 발생하며, 거리 측정을 위한 major 톤 신호 전송(minor 톤 미 전송)시에는 약 4.93 dB 전력 변화가 발생한다. 또한 하향 링크에서는 약 2.324 dB의 반송파 전력 변화가 발생하며, 원격 측정 신호는 4.93 dB, 거리 측정 신호는 약 2.324 dB 그리고 거리 측정을 위한 major 톤 신호 전송(minor 톤 미 전송)시에는 약 2.324 dB 전력 변화가 발생한다.

3.2 부 반송파 신호

통신해양기상위성의 위성 관제 신호의 원격 명령 신호는 1000 bps 및 1.4 rad 변조 지수를 가

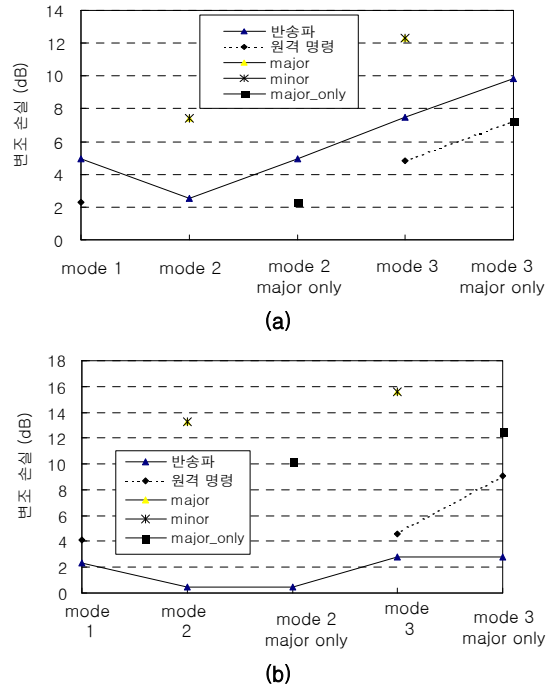


Fig. 4. Modulation loss(on-station) due to transmission mode of COMS, (a) up-link and (b) down-link

지며, 원격 측정 신호는 2048 bps 및 1.0 rad 변조 지수를 갖는다. 또한 거리 측정 신호는 상향 링크시 0.75 rad 그리고 하향 링크시에는 0.32 rad의 변조 지수를 갖는다.

상향 링크 전송에는 원격 명령 신호와 거리 측정 신호가 전송되므로 식 (9)와 Fig. 3 관계에 의해 사용되는 거리 측정 방식에 대한 부 반송파 신호를 선정할 수 있다. 또한 간섭 신호의 신호 전력은 전송 모드 3의 변조 손실을 직접 적용할 수 있다. 여기서는 거리 측정 방식으로 ESA 방식과 GSTDN 방식을 고려하며, 고차 모드에서는 신호 크기가 무시할 수 있는 값을 가지므로 4차 이상의 고차 신호 성분은 무시 한다.

Table 3은 Table 2와 Fig. 3으로부터 통신해양기상위성의 위성 관제용 원격 명령 신호 및 거리 측정 신호간의 간섭을 최소화하는 사용할 수 있는 부 반송파 신호 및 거리 측정 방식을 나타내고 있다. Table 3으로부터 거리 측정 방식으로 ESA 방식을 사용할 경우, 원격 명령의 부 반송파 신호로는 12 kHz 또는 14 kHz 가 적합하며, GSTDN 방식을 사용할 경우에는 16 kHz 가 적합함을 알 수 있다. 또한 원격 측정 신호의 부 반송파는 상향 링크와의 분리를 위하여 수십 kHz 주파수를 사용하며, 상향 링크의 원격 명령

신호가 하향 링크로 회귀(turn-around)될 수 있으므로 원격 측정 신호는 신호 크기가 억압되어 있지만 일정한 크기를 갖는 회귀된 원격 명령 신호와의 간섭을 최소화하여야 한다. 따라서, 용이한 설계를 위하여 다음 관계식을 만족하는 부 반송파를 사용한다[4].

$$Telemetry_{carrier} = data\ rate \times 2^n \quad (10)$$

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

따라서, 식 (10)을 만족하면서 전송 신호간의 간섭을 최소화하기 위하여 전송 신호 성분과 일정한 간격을 유지하는 주파수 성분 그리고 수신기의 임계 SNR 값을 최대 확보할 수 있는 65.536 kHz 주파수를 사용한다.

위성 지상 관제시스템의 전송 최적 파라미터는 Table 3과 Table 4를 기본으로 하며, 요구하는 성능을 위한 운용 파라미터를 설정한다. 분석 결과에 따라 원격 명령 신호의 부 반송파 신호는

Table 3. Interference between subcarrier signal and range measurement signal for COMS using the ESA method

| 부 반송파 신호 (kHz) | 거리 측정 신호 (kHz) | 간섭 신호 크기 (dBs) | 간섭 주파수 (kHz) |
|----------------|-------------------------|---|--------------|
| 8 | major: 100 minor: 16 | -7.875 $2J_1(\beta_s)J_1(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 8 |
| | | -8.735 $2J_2(\beta_s)J_1(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 16 |
| 10 | major: 100 minor: 20 | -13.59 $2J_2(\beta_s)J_1(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 반송파 |
| | | -7.875 $2J_1(\beta_s)J_1(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 10 |
| | | -0.765 $2J_2(\beta_s)J_0(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 20 |
| 12 | major: 100 minor: 16 | -27.05 $2J_1(\beta_s)J_2(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 20 |
| 14 | major: 100 minor: 16 | -21.06 $2J_2(\beta_s)J_1(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 2 |
| | | -12.72 $2J_1(\beta_s)J_1(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 12 |
| 16 | major: 100 minor: 16 | -5.255 $2J_1(\beta_s)J_1(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 반송파 |
| | minor: 16 | -0.005 $2J_0(\beta_s)J_1(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 16 |

Table 4. Interference between subcarrier signal and range measurement signal for COMS using the GSTDN method

| 부 반송파 신호 (kHz) | 거리 측정 신호 (kHz) | 간섭 신호 크기 (dBs) | 간섭 주파수 (kHz) |
|----------------|--------------------------|---|--------------|
| 8 | major: 100 minor: 4 | -19.59 $2J_1(\beta_s)J_2(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 반송파 |
| | | -0.395 $2J_1(\beta_s)J_1(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 4 |
| | | -21.82 $2J_0(\beta_s)J_2(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 8 |
| 10 | major: 100 minor: 20 | -13.62 $2J_2(\beta_s)J_1(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 반송파 |
| | | -7.875 $2J_1(\beta_s)J_1(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 10 |
| | | -0.765 $2J_2(\beta_s)J_0(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 20 |
| 12 | major: 100 minor: 4 | -8.735 $2J_2(\beta_s)J_1(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 4 |
| 14 | major: 100 minor: 4.8 | -27.05 $2J_1(\beta_s)J_2(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 4.4 |
| 16 | major: 100 minor: 20 | -12.72 $2J_1(\beta_s)J_1(\beta_{r1})J_0(\beta_{r2})$ | 4 |

Table 5. Required link margin for COMS control

| 상향 링크 | | 하향 링크 | |
|----------|---------|----------|---------|
| 반송파 신호 | 7.33 dB | 반송파 신호 | 2.33 dB |
| 원격 명령 신호 | 4.93 dB | 원격 측정 신호 | 4.93 dB |
| 거리 측정 신호 | 4.93 dB | 거리 측정 신호 | 2.33 dB |

사용되는 거리 측정 방식에 따라 결정한다. 즉, ESA 방식을 사용할 경우에는 부 반송파 신호로 12 또는 14 kHz를 사용하며, GSTDN 방식을 사용할 경우에는 16 kHz 신호를 사용하여 부 반송파 신호간의 간섭을 최소화한다. 또한 원격 측정 신호는 위성 관제 신호 수신 임계 신호대 잡음비를 최대한 확보하기 위하여 식 (10)에 의해 65.536 kHz 신호를 사용한다. 또한, 전송 전력에서 Table 1의 전송 신호의 변조 지수 및 전송 방식에 따라 각 전송 신호에 대한 전력이 변하므로 Table 5와 같은 링크 마진을 확보하여야 한다.

IV. 결 론

본 논문에서는 통신해양기상위성의 전송 방식에 적합한 변조 지수에 따른 전력 손실을 NRZ/PSK/PM 전송 모드별로 각각 해석하고, 양호한 위성 관제 링크를 형성하기 위한 링크 마진을 제시하였다. 또한, 원격 명령 및 거리 측정 신호, 그리고 원격 측정 신호를 전송하기에 적합한 부 반송파 주파수 신호를 전송 신호간 간섭 신호 해석과 수신 임계값 기준을 통하여 거리 측정 방식과 연계하여 제안하였다. 부 반송파 신호 선정은 위성 관제 모드를 다양하게 할 수 있는 운용 방안을 제시할 수 있는 중요한 설계 및 운용 요소이다.

참고문헌

- 1) 장대익, 김영완 외 2인, "COMS 통신위성 지구국의 효율적인 전송방식 및 망 구성방안", 한국통신학회, 하계종합학술대회, 2004.
- 2) 이성팔 외, "통신해양기상위성 위성통신시스템 개념설계", 한국통신학회 추계학술대회, 2004
- 3) 김영완, "PCM/PSK/PM 다중변조방식을 사용한 다목적 실용위성의 관제 신호 전송에 관한 연구", 한국항공우주학회지, 제 28권, 제 2호, pp. 97-107, 2000.
- 4) NASA, Radio Frequency and Modulation systems: Part-1 Earth Station, CCSDS 411.0 G-2 GREEN BOOK, Washington DC, 1990.
- 5) Cortex, *Command Ranging & Telemetry unit-CRT-XL user's manual*, Paris, 2003.
- 6) Frank Carden, *Telemetry System Design*, Artech House, Boston, 1995.