

論文99-36S-6-4

# 톤 재밍환경에서 DS-CDMA방식 위성통신 링크의 용량분석

## (Capacity of a DS-CDMA Satellite Communication System under a Multitone Jamming)

崔 英 均 \*

(Young Kyun Choi)

## 요 약

군 위성통신 체계는 재밍환경을 고려하여 설계되어야 한다. 재밍에 대한 대책으로 위성통신에 직접확산 부호분할 다중접속 방식(DS-CDMA)을 사용시 다중톤 재밍 환경에서 링크용량과 재밍마진을 분석하였다. 위성은 정지궤도에 위치한 위성으로 역확산/재확산방식 중계기를 사용하는 경우와 변복조 및 오류수정까지 하는 경우를 고려하여 각각 링크용량과 재밍마진을 계산하였다. 중계기에서 변복조 및 오류수정까지 하는 경우는 역확산/재확산만 하는 경우보다 용량이 2배이상 증가되는 것으로 나타났다.

## Abstract

Jamming is an important factor in the military satellite communication system. In this paper, link capacity and jamming margin of the DS-CDMA(Direct Sequence-Code Division Multiple Access) military satellite communication system are analyzed and calculated under a multitone jamming. The analysis was performed with two types of transponders loaded on a geosynchronous satellite. Calculation methods for link capacity and jamming margin were obtained. The results of the analysis show that capacity of a transponder which does modulation/demodulation, decoding/encoding in addition to despreading/respreading is twice as much as that of a transponder which does despreading /respreading only.

## I. 서 론

다중접속방식 군 위성통신의 경우 수신기에는 다른 가입자들로 인한 비의도적인 간섭신호 뿐만아니고 의도적인 재밍(통신방해)신호도 존재할 수 있다. 이 경우 위성통신 링크의 용량은 매우 감소하게 되거나 재밍신호가 매우 큰 경우는 통신이 불가능해질 수도 있다. 따라서 이에 대한 대책이 필요하게 된다. 주파수도약 변조와 직접확산 변조기법이 재밍에 대한 대책으로 많이 활용되고 있으나 이 두가지 변조방식은 동기,

Near-Far Margin, Fading, 신호의 피탐지 가능성, 확산가능 대역폭 및 이에 따른 Processing Gain 등 여러 가지면에서 다른 특성을 보인다. 주파수도약 변조방식은 동기, Near-Far특성, Fading에 대한 특성 등이 우수하며 확산가능 대역폭이 커 이에 따른 Processing Gain이 클 수 있다. 직접확산 변조방식은 상대방이 신호를 탐지하기 어려운 특성이 있으며 확산가능 대역폭은 현재로서는 여러 가지 이유로 최대 100MHz 정도로 제한된다.<sup>[1]</sup>

직접확산 변조기법은 군에서 비화통신을 위하여 개발되었으나 현재는 상용 개인 이동통신망(PCS)에서도 활발히 이용되고 있다. 다중 셀 환경에서 상용 DS-CDMA통신망(예:IS-95)과 CDMA 방식 무선 LAN에 대한 성능특성, 용량등은 그 동안 국내외에서

\* 正會員, 國防科學 研究所

(Agency for Defense Development)

接受日字1998年8月3日, 수정완료일:1999年5月27日

활발히 연구되었으며 많은 저서<sup>[2]</sup>와 논문<sup>[3]</sup>이 발표되었다. 현재는 저궤도 위성군을 이용한 DS-CDMA 범세계 이동 통신망과 차세대 광대역CDMA 통신망에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 상용 DS-CDMA 통신망에서 성능분석은 큰 재밍신호를 고려하지 않으며 채널간 및 인접 셀간 간섭신호가 성능 및 용량을 결정하는 주된 요소가 되고, 이동환경에서 제한된 주파수 자원으로 용량을 최대화하면서 통화 품질을 유지하는데 초점이 맞추어진다.

직접확산 변조기법은 군 통신에서는 용량증대보다는 재밍에 대한 대처방안으로 연구 및 활용되고 있다. 재밍 환경에서 단일 직접확산 변조채널의 성능특성은 참고문헌<sup>[4]</sup> 등에 분석되어 있으며, 단순 중계방식의 수동 중계기를 사용하는 위성 DS-CDMA 통신망의 재밍 환경에서 성능특성은 참고문헌<sup>[5]</sup>에 분석되어 있다. 위성 CDMA 통신망의 경우 On Board Processing을 하는 능동 중계기를 사용하면 단순 중계방식의 수동 중계기를 사용하는 경우보다 훨씬 높은 재밍 대응능력을 가질 수 있어 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

FH-CDMA(Frequency Hopping-Code Division Multiple Access)통신망의 성능특성, 용량등도 그동안 활발히 연구되었으며 많은 논문이 발표되었다.<sup>[6-8]</sup> FH-CDMA방식은 군 통신망에 많이 활용되고 있으며 주로 통신용량 문제 때문에 상용통신에서 DS-CDMA만큼 광범위하게 활용되고 있지 않다.

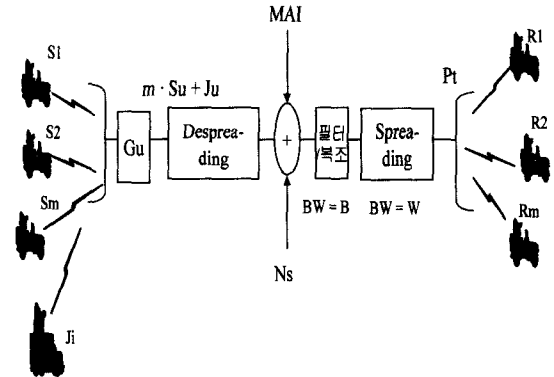
재밍에 대한 대응능력은 여러 가지 측면으로 표시될 수 있겠으나 궁극적으로는 통신용량으로 표시될 수 있다. 여기에서는 직접확산 변조신호에 효과적인 다중톤 재밍 신호가 있는 조건에서 능동중계기를 사용하는 DS-CDMA 위성통신링크의 통신용량과 재밍마진을 분석하였다. 위성은 정지궤도에 위치한 위성이고 지상 단말들도 정지된 상태에서 운용하는 것으로 가정하였다.

## II. 위성통신 체계 모델

### 1. 체계 모델

지상단말들은 안테나크기, 송수신 데이터 속도변조 방식등이 모두 같은 동일한 단말들로 가정하였다. 각 단말들은 상호간섭을 최소화하는 직교성이 우수한 코드를 사용하여 DS-CDMA방식으로 위성과 접속한다.

위성통신의 경우 재밍은 대부분 효과가 큰 상향링크에 대해 이루어지므로 그림 1 에서와 같이 상향링크 재밍을 가정하였다. 상향링크에 재밍이 있는 경우 상향링크 용량이 하향링크 용량보다 현저하게 적어지므로 시스템의 용량은 상향링크 용량에 따라 결정된다.



$S_i$  = 지상단말의 송신 EIRP (EIRP : Effective Isotropically Radiated Power)

$J_i$  = 재머의 송신 EIRP

$G_u$  = 채널의 상향링크 복합이득 [  $=G_r/(L \cdot M)$  ]

$G_p$  = 대역확산변조 프로세스이득 (  $=W/B$  )

$S_u$  = 중계기에 수신된 가입자 신호크기 (  $=S_i \cdot G_u$  )

$J_u$  = 중계기에 수신된 재밍신호 크기 (  $=J_i \cdot G_u$  )

$I_m$  = 다중 접속으로 인한 상호 간섭신호(MAI)

$N_s$  = 중계기 열잡음

$P_t$  = 중계기의 전체 송신 출력

$B$  = 데이터 대역폭

$W$  = 확산신호 대역폭

그림 1. 위성 통신체계 구성도

Fig. 1. Satellite communication network model.

중계기는 수신한 신호를 역확산하여 통과시킨 후 다시 재확산하여 지상으로 송신하는 경우와 역확산, 복조 및 오류수정까지 한후 다시 재확산하여 지상으로 송신하는 재밍 대응능력이 있는 On Board Processing 중계기를 사용하는 경우를 가정하였다. 위성과 접속하여 동시에 송수신하고 있는 지상 단말수는 m개로 가정한다. 지상단말 및 위성이 정지상태에서 운용하는 것으로 가정하였으므로 도플러 페이딩은 고려하지 않아도 된다. 다중경로로 인한 페이딩은 안테나의 각도, 위치, 주변지형에 따라 다르나 여기서는 강력한 LOS(Line of Sight)파와 상대적으로 미약한 몇개의

다중 경로파가 있다고 가정하였다. 이 경우 LOS파와 Additive Gaussian 잡음으로 생각할 수 있다.<sup>[9]</sup> 다중경로로 인한 Additive Gaussian 잡음은 상향링크 재머의 통신 방해신호에 비하여 매우 작은 것으로 가정하였다.

2. 위성 중계기

위성에서 수신한 지상단말의 정보신호  $S_u$ 는 다음과 같이 표시된다.  $m$ 개 지상단말에서 송신한 신호는 위성에서 모두 동일한 크기  $S_u$ 로 수신된다고 본다.

$$S_u = \frac{R_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \lambda^2}{(4\pi d)^2 \cdot M} = \frac{S_i \cdot G_r}{L \cdot M} \quad (1)$$

- 여기서  $R_t$  = 지상단말 송신출력
- $G_t$  = 송신(지상단말) 안테나 지향성 이득
- $G_r$  = 수신(중계기) 안테나 지향성이득
- $\lambda$  = 송신(상향링크)신호의 파장(=1/ $f_{tx}$ )
- $d$  = 지상단말과 위성간 거리
- $L$  = Free Space 신호감쇄
- $M$  = 링크마진

그림 1에서  $S_i, J_i, S_u, J_u, I_m, N_s, P_t$ 의 단위는 Watt 이고,  $B$ 와  $W$ 의 단위는 Herz이다. 그리고 식 (1)에서  $R_t, S_i, S_u$ 의 단위는 Watt이며,  $\lambda$ 와  $d$ 의 단위는 Meter이다.  $G_t, G_r, L, M$ 은 단위가 없는 숫자가 된다. 위성에서 수신된 상향링크 재머의 통신 방해신호  $J_u$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$J_u = \frac{J_i \cdot G_r}{L \cdot M} \quad (2)$$

위성 중계기 안테나 지향성 이득  $G_r$ 은 방향에 따라 다르며 따라서 지상단말에 대한  $G_r$ 와 재머에 대한  $G_r$ 은 서로 다르다. 일반적으로 지상단말에 대한  $G_r$ 을 가능한 최대로 하고 재머에 대한  $G_r$ 은 가능한 한 최소가 되도록 설계/운용한다. 지상단말들이 넓은 지역에 펼쳐져 위치할 경우는 지상단말에 대한  $G_r$ 도 각각 달라지나 DS-CDMA에서는 지상단말의 출력조절을 통해 지상단말 송신신호가 위성에 모두 동일한 크기로 수신되도록 한다. FH-CDMA에서는 출력차의 영향이 DS-CDMA만큼 크지않아 정밀한 출력조절은 요구되지 않는다.<sup>[10]</sup> 먼저 역확산/재확산만하는 중계기를 분석한다. 역확산과정을 거치면서 재밍신호는 프로세스

이득 때문에  $1/G_p$ 로 감쇄되고, 다중접속으로 인한 채널간 상호간섭(Multiple Access Interference)이 발생한다. 이러한 신호들은 통과 대역폭이 채널(데이터) 대역폭과 같은  $B$  hz의 협대역필터를 거친후 재확산되고 증폭되어 하향링크를 통해 지상으로 송신된다. 정보신호, 재밍신호, 다중접속 간섭신호, 중계기 열잡음 등 모든 신호성분들은 그 크기비율에 따라 중계기의 출력력을 분할점유 하게된다. 즉 지상(단말)으로 송신되는 출력중 정보신호 성분  $S_d$ , 재밍신호 성분  $J_d$ , 채널간 상호간섭신호 성분  $I_m$ 은 각각 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$S_d = (S_u / [mS_u + m \sum_{j=1}^m S_{uj} \rho_j + (J_u/G_p) + N_s]) \cdot P_t \quad (3)$$

$$J_d = ((J_u/G_p) / [mS_u + m \sum_{j=1}^m S_{uj} \rho_j + (J_u/G_p) + N_s]) \cdot P_t \quad (4)$$

$$I_m = (\sum_{j=1}^m S_{uj} \rho_j / [mS_u + m \sum_{j=1}^m S_{uj} \rho_j + (J_u/G_p) + N_s]) \cdot P_t \quad (5)$$

단 식 (3), (4) 및 (5)에서  $j \neq i$  이다.  $S_d$ 는 채널당 송신출력이며,  $S_{uj} \rho_j$ 는 채널  $j$ 가 채널  $i$ 에 주는 간섭이다.  $\rho_j$ 는 간섭의 정도를 표시하며 수신기 구조, 사용 코드등에 따라  $0 \leq \rho_j \leq 1$ 의 값을 가진다.  $\rho_j=1$ 은 채널 상호간 완전간섭(full interference)을 의미하며  $\rho_j=0$ 는 채널이 상호 orthogonal하여 간섭이 전혀 없는 경우를 의미한다. 중계기 열잡음  $N_s$ 의 크기가 다른 신호성분에 비하여 상대적으로 작을 경우 무시할 수 있다. CDMA통신은 재밍신호가 있는 경우는  $J_d$ (예,  $J_d \gg I_m$ )에 따라 재밍신호가 없는 경우는  $I_m$ 에 따라 통신용량이 결정된다.

III. DS-CDMA방식 통신의 링크용량

1. DS-CDMA방식 지상 수신기

지상단말에서 수신하여 복조된 신호의 신호 대 잡음비는 다음과 같은 식으로 표시할 수 있다.

$$S = \frac{(S_u / [mS_u + m\Omega + (J_u/G_p)]) \cdot P_t}{N \{[(J_u/G_p) + \Omega] / [mS_u + m\Omega + (J_u/G_p)] \cdot P_t + \Omega_r + kT_r B\}} \quad (6)$$

여기서  $\Omega = \sum_{j=1}^m S_{uj} \rho_j = (m-1)S_u \rho$  (단  $j \neq i$ ) (7)

$$\Omega_r = \sum_{j=1}^m (P_r/m)_j \rho_{dj} = (m-1)(P_r/m) \rho \quad (8)$$

(단  $j \neq i$ )

$$P_r = \frac{P_r \cdot G_r \cdot G_r}{L \cdot M} \quad (9)$$

$k$  = Boltzman 상수

$T_r$  = 지상단말의 실효온도(°K)

$G_r$  = 수신(지상단말) 안테나 지향성이득

$G_t$  = 송신(중계기) 안테나 지향성 이득

$\Omega$ 은 위성의 역확산 처리과정에서 발생하는 상향링크 채널간 상호간섭이며  $\Omega_r$ 은 지상 수신기에서 복조(역확산)시 발생하는 하향링크 채널간 상호간섭 잡음 성분을 나타낸다. 상호간섭 잡음의 크기는 CDMA 방식(예, Synchronous Detection 또는 Asynchronous Detection)과 상향링크 및 하향링크 수신신호의 크기에 따라 결정된다.<sup>[11]</sup>  $\Omega$  및  $\Omega_r$ 에서 간섭의 정도를 나타내는  $\rho_j$ 는 그림 1과 같은 CDMA 통신에서 상향링크와 하향링크 통신방식이 같은 경우  $\rho_j$ 도 동일하다고 볼 수 있다( $\rho_j = \rho_{dj} = \rho$ ).  $kT_r B$ 는 지상 수신기의 열잡음 성분이다. 채널간 상호 간섭신호  $I_m$ 과 DS-CDMA 수신기에서 역확산/재확산과정을 거친 다중톤 재밍신호도 Additive Gaussian Noise로 취급할 수 있다. 따라서 이들의 합도 Gaussian Noise로 취급할 수 있다.<sup>[12] [13]</sup>

### 2. 톤 재밍 환경에서 링크용량

모든 단말이 다른코드를 사용하는 Asynchronous 방식 DS-CDMA 통신의 경우 채널간 상호 간섭정도  $\rho$ 는 식 (10)으로 표시될 수 있다.<sup>[14]</sup>

$$\rho = 1/G_p \quad (10)$$

식 (10)을 식 (6)에 대입하면 다음과 같은 식이 얻어진다.

$$S = \frac{(S_u / [mS_u + (J_u / G_p)]) \cdot P_r}{N \{ [(J_u + mS_u) / G_p] / [mS_u + (J_u / G_p)] \} \cdot P_r + P_r / G_p + kT_r B} \quad (11)$$

단,  $G_p \gg m$

식 (11)은 다중톤 재밍 환경에서 DS-CDMA 방식으로 통신하는 지상단말이 수신 복조한 신호의 신호 대 잡음비를 나타낸다. (11)식은 부분대역 잡음 재밍

환경에도 적용될 수 있다.<sup>[4]</sup> DS-CDMA 통신의 경우 채널 대역폭  $B$ 는 데이터 전송속도  $R$ 과 같으므로 식 (14)와 같은 관계식이 성립한다.

$$S = E_b \times R \quad (12)$$

$$N = N_o \times B \quad (13)$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_o = E_b / N_o \quad (14)$$

식 (12), (13), (14)에서  $E_b$ 는 복조된 데이터의 1비트당 에너지이고  $N_o$ 는 수신기 복합잡음의 전력밀도(Composite Noise Power Spectral Density)이다. 식 (11)의  $S/N$ 을  $E_b/N_o$ 로 대체한 후  $m$ 에 대하여 정리하면 식 (15)가 얻어진다.

$$m = \frac{[G_p / (E_b / N_o)] - (J_u / S_u)}{(kT_r W / P_r) + 2} \quad (15)$$

식 (15)에서  $m$ 은 채널의 최소요구 신호 대 잡음전력밀도비가  $E_b/N_o$ 일 때 동시에 접속 통신할 수 있는 최대 단말 수를 표시한다. 이때 단말(채널)당 가능한 최대 데이터 전송 속도  $R$ 은 식 (15)와 식(16)을 활용하여 구할 수 있으며 식 (17)과 같이 표시된다.

$$G_p = W/B = W/R \quad (16)$$

$$R = \frac{W / (E_b / N_o)}{(mkT_r W / P_r) + 2m + (J_u / S_u)} \quad (17)$$

재밍 신호가 없는 경우의 최대 동시접속 가능 단말 수 및 최대 데이터 전송 속도는 식 (15) 및 (16)에서  $J_u=0$ 으로 놓으면 구할 수 있다. 식 (15)와 (16)에서 살펴보면 재밍 신호가 있는 경우 최대 동시 사용자 수 및 가능한 데이터 전송 속도가 줄어듦을 알 수 있다.  $m$ 개의 지상단말이 통신 중에 있고 최소 요구되는 신호 대 잡음전력 밀도비가  $E_b/N_o$ 인 경우 DS-CDMA 방식 통신체계가 견딜 수 있는 최대 재밍신호 대 정보신호 비율(재밍마진)  $J/S$ 는 식 (15)를  $J_u/S_u$ 에 대하여 정리하면 얻어지며 식 (18)과 같이 표시된다.

$$J_u / S_u = G_p / (E_b / N_o) - m(2 + kT_r W / P_r) \quad (18)$$

식 (18)에서  $m=1$ 인 경우  $J/S$ 는 식(19)로 표시되며,

$$J_u / S_u = G_p / (E_b / N_o) - (2 + kT_r W / P_r) \quad (19)$$

$J_u/S_u$ 가 식 (19)로 표시되는 것 보다 커지면 1개의 단말도 요구되는 최소 신호대 잡음전력 밀도비, 또는 원하는 전송품질(BER)을 얻을 수가 없게된다. 따라서 식 (19)는 다중톤 재밍 환경에서 원하는 전송품질 (BER)을 확보할 수 있는 DS-CDMA방식 위성 통신 체계의 J/S 상한을 표시한다. 또한  $G_p/(E_b/N_0)$ 가 반드시  $J_u/S_u$  보다 커야 DS-CDMA방식 통신체계에서 통신이 가능함을 알 수 있다.

### 3. DS-CDMA방식에서 운용 가능한 단말수

다음과 같은 환경에서 DS-CDMA 방식 통신체계가 운용된다고 할 때 최대 운용 가능한 단말 수를 구한다.

확산 대역폭(RF필터)	W = 40 Mhz
Symbol Rate	R = 9.6 Kbps/단말
프로세스이득	$G_p = 36.2\text{dB}$
최소필요 S/N	$E_b/N_0 = 6\text{dB}$
재밍 대 정보신호비	$J_u/S_u = 30\text{dB}(=1000\text{배})$
수신기 실효온도	$T_r = 300^\circ\text{K}$
위성 중계기출력	$P_t = 16\text{dBW}(40\text{W})$
중계기 안테나이득	$G_t = 40\text{dBi}$
단말 안테나이득	$G_r = 40\text{dBi}$
Free Space 감쇄	L = 202dB
링크마진	M = 3dB

$E_b/N_0 = 6\text{dB}$ 는 BPSK 변조, Viterbi 1/2 Rate 오류정정 코드를 사용할 때, BER  $10E^{-5}$ 를 얻기 위한 최소 필요신호 대 잡음전력 밀도 비이다. 위와 같은 운용환경에서 최대 통신 가능한 단말 수를 계산하면  $m = 20$ 개가 된다. 동일한 운용환경에서 단말의 전송속도만 증가시킨다면 R = 10 Kbps에서 프로세스 이득이 36dB로 줄어들고 운용 가능한 단말수가 0이 된다 [식 (15) 참조]. 따라서 위와 같은 운용환경에서는 10 Kbps가 최대 전송 가능한 속도가 된다. 다시 동일한 운용환경에서 만약 100개 단말이 운용된다면 견딜 수 있는 최대의 재밍 신호 대 정보신호 비율  $J_u/S_u$ 는 식 (18)에 의해 29.2dB(840배)가 된다.

### 4. 위성중계기에서 변복조까지하는 경우 링크용량

식 (15)는 중계기에서 역확산/재확산 하는 경우의 통신용량이고 여기서는 중계기에서 역확산, 복조, 오류수정한 후 재확산하는 경우의 통신 용량을 구한다. 중계기에서 역확산 과정을 거쳐 복조된 신호의 신호 대

잡음비는 다음과 같은 식으로 표시된다.

$$\frac{S}{N} = \frac{S_u}{(J_u/G_p) + \Omega + N_s} \approx \frac{S_u}{(J_u/G_p) + \Omega} \quad (20)$$

여기서  $\Omega$ 는 식 (7)로 표시되는 상향링크 채널간 상호간섭이며  $N_s$ 는 중계기 열잡음이다. 식 (15)에서의 경우와 같이 식 (20)의 S/N을  $E_b/N_0$ 로 대체한 후 m에 대하여 정리하면 식 (21)이 얻어진다,

$$m = \frac{G_p}{E_b/N_0} - \frac{J_u}{S_u} \quad (21)$$

중계기에서 역확산, 복조, 오류수정, 및 재확산을 하는 위성 통신체계에서, 상향링크 재밍이 있는 경우 시스템의 용량은 상향링크 용량에 따라 결정된다. 식 (21)은 채널의 최소요구 신호 대 잡음 전력밀도비가  $E_b/N_0$ 일때 상향링크 용량이며 이것은 중계기에서 역확산, 복조, 오류수정을 하는 DS-CDMA 방식 위성 통신체계에서 동시에 접속 통신할 수 있는 최대 단말 수를 표시한다. 식 (15)와 (21)을 비교하면 중계기에서 역확산, 복조, 오류수정 및 재확산을 하는 경우의 링크 용량이 역확산/재확산만 하는 경우의 링크 용량 보다 2배 이상이 됨을 알 수 있다. 단말채널당 가능한 최대 데이터 전송 속도 R은 식 (22)과 같이 표시된다.

$$R = \frac{W/(E_b/N_0)}{m + (J_u/S_u)} \quad (22)$$

m개의 지상단말이 통신 중에 있을 경우 DS-CDMA방식 통신체계가 견딜 수 있는 최대 재밍 신호 대 정보신호 비율(재밍마진) J/S는 식 (23)과 같이 표시된다.

$$J_u/S_u = G_p/(E_b/N_0) - m \quad (23)$$

위의 III. 3항에서와 동일한 운용환경에서 역확산, 복조, 오류수정 및 재확산을 하는 중계기를 사용할 경우, 최대 동시 통신이 가능한 단말 수를 계산하면  $m = 41$ 개가 된다.

## IV. 결 론

DS-CDMA를 군 위성통신 시스템에 적용하였을 때 재밍 환경에서 링크용량과 재밍 대응능력을 분석하

였다. 상향링크에 다중톤 또는 부분대역 잡음 통신 방해 신호가 있는 경우의 링크용량 및 재밍마진을 2종류의 On Board Processing 중계기 즉, 수신한 신호를 역확산/재확산하여 지상으로 송신하는 경우와 역확산, 복조 및 오류수정까지한 후 다시 재확산하여 지상으로 송신하는 경우에 대하여 각각 분석하였다. 각각의 경우에 대하여 정확한 링크용량과 재밍마진을 계산할 수 있는 식을 도출하였으며 이식을 활용하여 분석한 결과에 의하면 중계기에서 역확산, 복조, 오류수정 및 재확산을 하는 경우의 링크 용량이 역확산/재확산만하는 경우의 링크 용량보다 2배이상 되었다. J/S가 재밍마진에 가까운 환경에서 운용되는 경우 J/S의 변화에 따라 링크용량 또는 최대 동시 사용가능 단말수가 급격히 변화함도 알 수 있다. J/S가 재밍마진에 가까워 통신이 제한을 받는 경우에 전송(데이터)속도를 줄이면 최대 동시 사용가능 단말수가 급격히 늘어나게 됨을 알 수 있다. 통신환경에 따라 달라지겠지만 본 논문의 예에서는 전송속도를 20% 줄이는 경우 최대 동시 사용가능 단말 수는 6배로 증가하였다.

#### 참 고 문 헌

- [ 1 ] A. Nejat Ince *Digital Satellite Communications Systems and Technologies*, pp72-80, Kluwer Academic Publisher, 1992.
- [ 2 ] Vijay K. Garg, Kenneth Smolik, Joseph E. Wilkes, *Applications of CDMA in Wireless / Personal Communications*, Prentice Hall, 1997.
- [ 3 ] Guillermo E. Atkin, Ian F. Blake, "On the Capacity of a Cellular CDMA System" *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 40, No2, pp. 303-312, Feb. 1991.
- [ 4 ] Rddger E. Zimmer, Roger L. Peterson, *Digital Communications and Spread Spectrum Systems*, pp570-602, 1985.
- [ 5 ] Pravin C. Jain, *Stratigic/Tactical Communications by Satellite*(Intensive Short Course Teaching Material).
- [ 6 ] Manjunath V. Hegde, Wayne E. Stark, "Capacity of Frequency-Hop Spread Spetrum Multiple-Access Communication Systems" *IEEE Journal of Selected Areas in Communications*, Vol. 38, No7, pp. 1050-1059, July, 1990.
- [ 7 ] Guillermo E. Atkin, Ian F. Blake, "Performance of Multitone FFH/MFSK Systems in the Presence of Jamming" *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 35, No2, pp. 428- 435, March, 1989.
- [ 8 ] Evaggelos Geraniotis, Jeffrey W. Gluck, "Coded FH/SS Communications in the Presence of Combined Partial-Band Noise Jamming, Rician Nonselective Fading, and Multiuser Interference" *IEEE Journal of Selected Areas in Communications*, Vol. Sac-5, No2, pp. 194-213, Feb., 1987.
- [ 9 ] Theodore S. Rappaport, *Wireless Communications*, Prentice Hall, 1996.
- [ 10 ] Ryuji Kohno, Reuven Meidan, Laurence B. Milstein "Spread Spectrum Acces Methods for Wireless Communications" *IEEE Commun. Mag.*, pp.58-67, Jan. 1995.
- [ 11 ] Shimon Moshavi "Multi-User Detection for DS-CDMA Communications" *IEEE Commun. Mag.*, pp.124-136, Oct. 1996.
- [ 12 ] Athanasios Papoulis, *Probability, Random Variables, and Stochastic Process*, 2nd edition. McGraw Hill, 1984
- [ 13 ] Brian D. Woerner, Jeffrey H. Reed, Theodore S. Pappaport, "Simulation Issues for Future Wireless Modems", *IEEE Commun. Mag.*, pp.42-53, July, 1994.
- [ 14 ] Larry C. Palmer, Enrique Laborde, Alan Sterm, Phillip Y. Sohn, "A Personal Communications Network Using a Ka-Band Satellite" *IEEE Journal of Selected Areas in Communications*, Vol. 10, No2, pp. 401-417, Feb.. 1992.

## 저 자 소 개



崔 英 均(正會員)

1951년 7월 6일생. 1974년 3월 한양  
대학교 전자공학과, 학사. 1987년 4월  
미국, University of South Florida,  
전기과, 석사. 1989년 12월 미국,  
University of South Florida, 전기  
과, 박사. 1975년 3월 ~ 현재 국방

과학연구소, 책임 연구원