

비선형 채널상에서 직접 확산(DS) 시스템의 영향

이 상 목, 김 원 후  
한국항공대학 항공전자공학과

Influence of DS Spread-Spectrum Systems on Nonlinear Channel

Sang Mok Lee, Won Hoo Kim  
Dept. of Avionic Eng., Hankuk Aviation College

ABSTRACT

In this paper, we have proposed the hard-limiting of a band limited signal and a wide spread signal transmitted over the the high frequency channel, and evaluated to the high SIR and effect of the process gain in random noise environment.

1. 서 론

대역 확산 통신 방식 (Spread Spectrum ; SS)은 정보 전송에 필요한 최소 주파수 대역보다 훨씬 더 넓은 대역폭으로 확산시켜 전송하는 시스템으로서 잡음과 간섭에 대해서 우수한 특성을 가지고, 정보의 비확성이 크며, 높은 해상력을 가지고 있을 뿐 아니라 다원 접속이 가능하므로 위성 통신, RADAR, 군사 통신 등에 특히 유리하지만 주파수 할당과 같은 문제가 약간 남아있다.

따라서 본 논문에서는 다중화에 유리한 직접 확산(DS) 통신 방식이 비선형 채널상에 미치는 영향을 고찰하여 기존 채널의 성능 열화를 평가한다.

2. 해석 모델

그림 1은 랜덤 잡음 환경하에서 2 신호가 이상적인 hard-limiter 를 통하여 전송되는 블록 다이어그램을 나타낸다.

Limiter 에서의 입력  $x(t)$  는

$$x(t) = A \cos(\omega_c t + \phi_c(t)) + B c(t) \cos(\omega_c t + \phi_c(t)) + \eta_c(t) \quad (1)$$

여기서  $A \cos(\omega_c t + \phi_c(t)) = S_1(t)$  ; 기존 채널의 신호  
 $B c(t) \cos(\omega_c t + \phi_c(t)) = S_2(t)$  ; SS 신호  
 $\eta_c(t)$  ; 백색 가우스성 잡음  
 $c(t)$  ; PN 코드 신호

Limiter 출력의 자기상관함수  $R_y(\tau)$  는 Davenport 방식을 도입하여 다음과 같이 유도할 수 있다.

$$R_y(\tau) = \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{2}{k!} h_{kmn}^2 R_{\mu}^k(\tau) \cdot \cos m \omega_c \tau \cos n \omega_c \tau \quad (2)$$

여기서 2 : Neumann 상수  
 $R_{\mu}(\tau)$  : 입력 잡음의 자기상관함수  
 $h_{kmn} = \left\{ \frac{2}{\pi} (-1)^{(k+m+n-1)/2} \cdot \int_0^{\infty} \omega^{\mu-1} J_m(A\omega) \cdot J_n(B\omega) \right.$  (3)

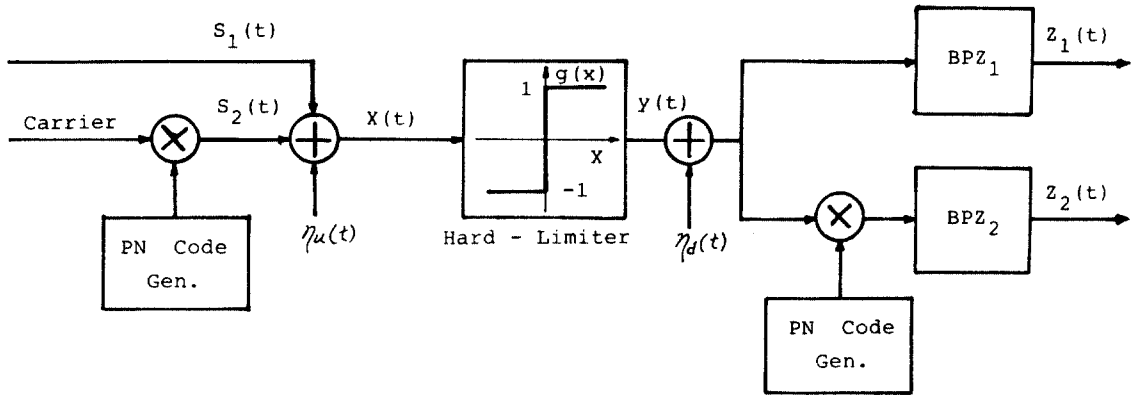


그림 1. 전송 모델

$$\begin{cases} \cdot \exp(-\eta_d \omega^2 / 2) d\omega & k+m+n \text{ 기수} \\ 0 & k+m+n \text{偶수} \end{cases}$$

$J_m(\cdot)$  : 제 1 종 n 차 Bessel 함수

(1)  $h_{kmn}$ 의 수학적 모델

식 (3) 에서  $h_{kmn}$ 이 자승으로 나타나므로  $(-1)^{(k+m+n)/2}$ 은 의미가 없게된다. 즉 다음과 같이 재 정의 할 수 있다.

$$h_{kmn} = \begin{cases} \frac{2}{\pi} \left(\frac{\eta_d}{2}\right)^{k/2} \int_0^\infty \omega^{k-1} \\ \cdot J_m(A\omega) J_n(B\omega) & (4) \\ \cdot \exp(-\eta_d \omega^2 / 2) d\omega & k+m+n \text{ 기수} \\ 0 & k+m+n \text{偶수} \end{cases}$$

식 (4) 에서 참고문헌 (6) 의 도움으로 급수 전개시키고  $\int$ 의 위치를 바꾸어서  $J_m(A\omega)$ 를 대치시키면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} h_{kmn} &= \left(\frac{\eta_d}{2}\right)^{k/2} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(-1)^i \left(\frac{A}{2}\right)^{i+n/2}}{i!(i+m)!} \\ &\cdot \left[ \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \omega^{2i+k+m-1} J_n(B\omega) \right. \\ &\cdot \left. \exp(-\eta_d \omega^2 / 2) \right] d\omega \end{aligned} \quad (5)$$

식 (5) 를 풀어야하면

$$\begin{aligned} h_{kmn} &= \frac{1}{n! \pi} \left(\frac{A}{\eta_d}\right)^{n/2} \left(\frac{B}{\eta_d}\right)^{n/2} \\ &\cdot \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(-1)^i \left(\frac{A}{\eta_d}\right)^i}{i!(i+m)!} \\ &\cdot \Gamma\left(i + \frac{k+m+n}{2}\right) \\ &\cdot {}_1F_1\left(i + \frac{k+m+n}{2}; n+1; -\frac{B}{\eta_d}\right) \end{aligned} \quad (6)$$

k+m+n 기수

여기서  $\Gamma(\cdot)$  : Gamma 함수

${}_1F_1(\cdot)$  : 합류형 초월 기하 함수

(2) 출력 잡음

식 (5) 에서 출력 잡음  $\eta_d$  은

$$\eta_d = N \cos(\omega_c t + \xi)$$

$$R_{\eta_d}(\tau) = N^2 c(\tau) \cos(\omega_c \tau + \xi) \quad (7)$$

$$\text{p.d.f.}(\xi) = \frac{1}{2\pi}$$

$R_{\eta_d}(\tau)$ 의 분산  $\sigma_{\eta_d}^2$  은

$$\sigma_{\eta_d}^2 = \frac{\sigma_d^2}{p} \quad (8)$$

여기서  $\sigma_d^2$  : 출력측 백색 가우시안 잡음

p : PN 코드 c(t)의 처리이득

### 3. 수치해석 및 검토

앞장에서 고찰한 자기상관함수를 입력 신호 대 잡음 전력 비, 출력 신호 대 입력 신호 전력 비, 신호 대 신호 전력 비 및 처리이득 (P) 를 함수로 해서 얻어진 결과를 그림 2- 그림 6 에 나타냈다.

(1) 그림 2- 그림 6 에서 S (SS 신호) 신호를 간섭으로 취급하여 제 특성을 고찰하였다.

처리이득이 1 이란 것은 SS 신호가 아닌 기존의 다른 신호로 생각 할 수 있다. 그림 2 로 부터  $(S_2/S_1)_i^{-1} = SIR$  이 1 일 때  $S_1$  이  $S_2$  의 영향을 많이 받지만, 100 이상일 때 거의 영향을 받지 않는다.

(2) 그림 7 에서 SIR 을 100 으로 고정시킨 후 처리이득의 변화에 따른 출력특성을 나타냈다. 그림 7 에서 처리이득을 증가시키면  $S_1$  이  $S_2$  의 영향을 거의 받지 않는다.

(3) 그림 8 은 SIR 을 100 으로 고정시킨 후 상호 변조 성분이 처리이득의 변화에 따른 영향을 고찰하였다. 그림 8 로부터 상호 변조 성분은 낮은 SNR 일 때 처리이득의 영향을 많이 받음을 알 수 있다.

### 4. 결 론

동일 주파수 대역에서 강한 신호가 존재하는 환경하에서 약한 신호로서 정보를 전송한다는 것은 앞장에서 고찰한 바와 같이 불가능하므로 낮은 레벨로서도 고품질의 정보를 전송할 수 있는 SS 방식을 강한 출력으로 전송하고 있는 TV 채널에 적용시키면 영향을 거의 주지 않고 정보를 전송할 수 있다.

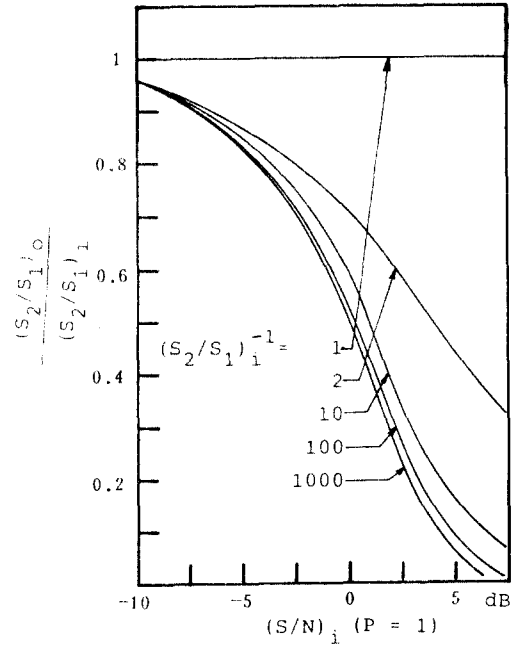


그림 2. 출력 특성

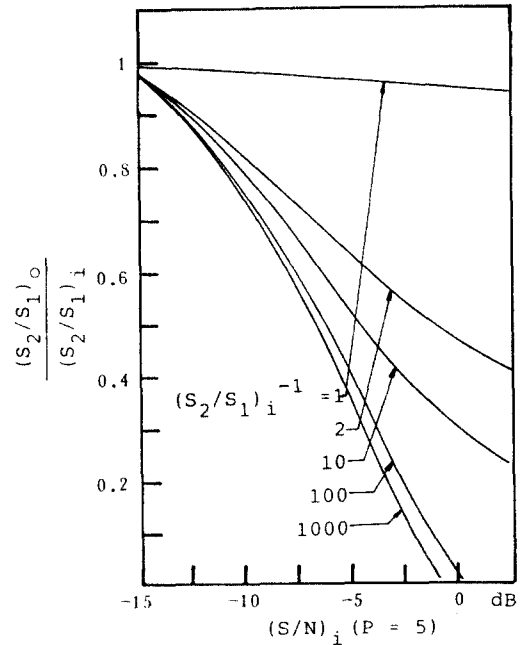


그림 3. 출력 특성

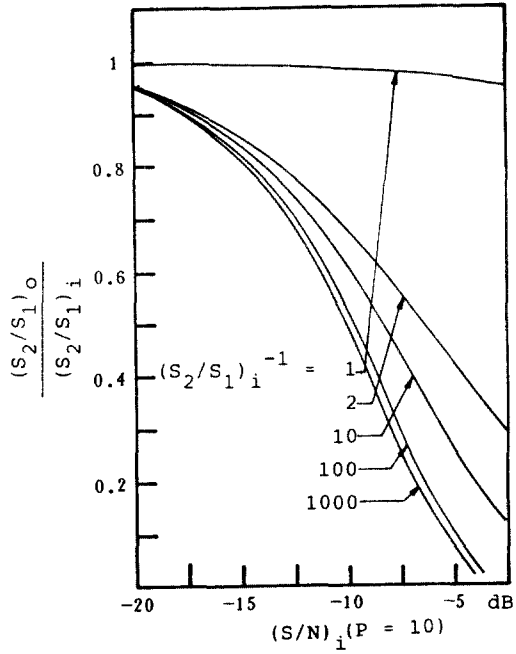


그림 4. 출력 특성

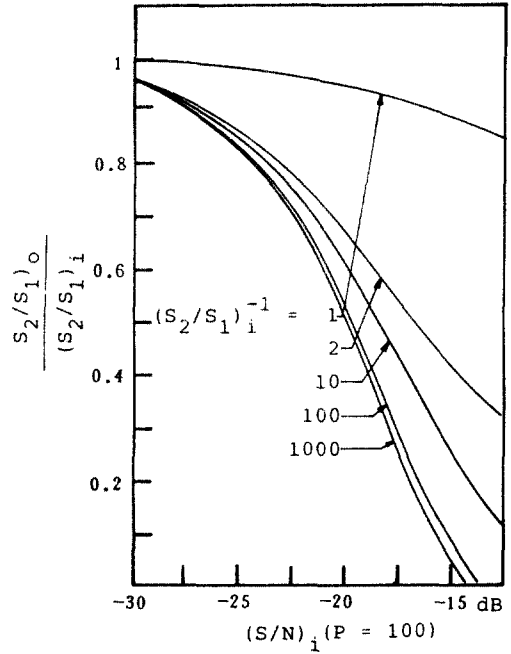


그림 5. 출력 특성

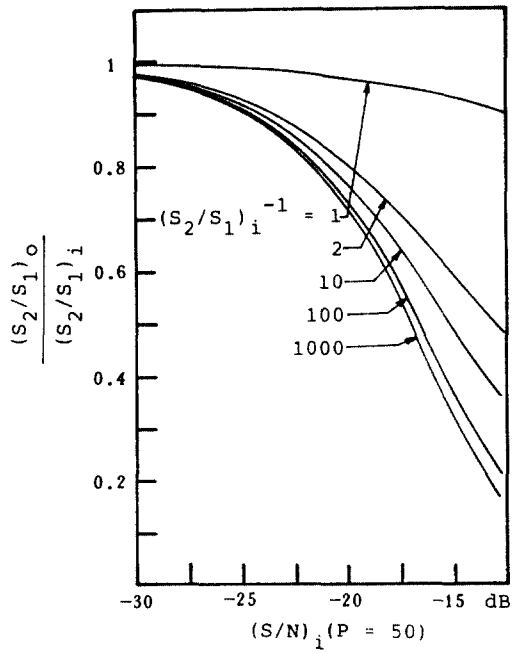


그림 6. 출력 특성

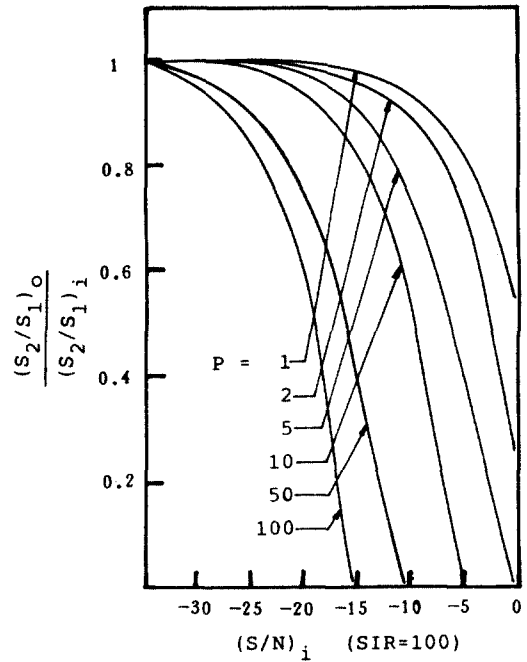


그림 7. 처리이득에 따른 출력 특성

(참고 문헌)

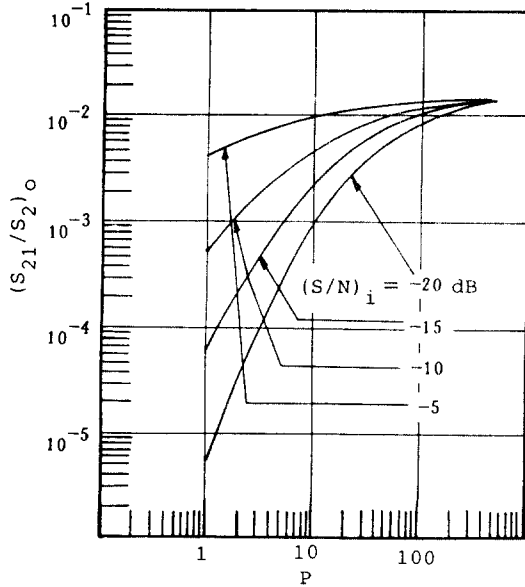


그림 8. 처리이득에 따른 상호변조적 성분 특성

- [1] H.P.Baer, "Interference Effects of Hard-Limiting in PN Spread-Spectrum," IEEE Trans. Commun., Vol.COM-30 No.5, May 1982.
- [2] D.R.Anderson, K.U.Wintz, "Analysis of a Spread-Spectrum Multiple Access Systems with a Hard-Limiter," IEEE Trans.Comm. Vol..COM-30 No.5 May 1982.
- [3] W.B.Davenport, Jr., W.L.Root, Random Signals and Noise, New York; McGraw-Hill Inc, 1958.
- [4] N.M.Blachman, "The Signal x Signal, Noise x Noise, and Signal x Noise Output of a Nonlinearity," IEEE Trans.Inf. Theory, Vol.IT-14 No.1 Jan.1968.
- [5] R.C.Dixon, Spread Spectrum Systems, N.Y.; John Willy & Sons, Inc., 1976.
- [6] I.S.Gradshteyn and I.M.Ryshik, Table of Integrals of Series and Products, New York; Academic, 1980.