

스펙트럼 확산 시스템에 있어서 동기 추적에 관한 연구

이 의 현, 임 춘 원, 이 형 재
한국항공대학 항공전자공학과

A Study on the Tracking in Synchronization of Spread Spectrum System

Ik Hyun Lee, Choon Won Lim, Hyung Jae Lee
Dept. of Avionic Eng., Hankuk Aviation College

ABSTRACT

In this paper, tracking jitter of DLL is presented using the modified DLL model which does not affect the Arm gain unbalance compared to typical DLL. By computation of related parameter of mean tracking jitter we can check the various kinds of effect on performance of tracking loop, in the environment of gaussian noise and tone jamming signal.

I 서론

대역 확산 통신 방식 (Spread Spectrum: 이하 SS) 은 음성이나 데이터등의 정보신호를 주파수상에서 광대역으로 확산시킴으로서 낮은 레벨의 전력신호를 전송하는 방법으로 송신 및 수신 PN부호의 형태 및 비트 발생율이 정확히 일치하지 않으면 통신 상대와 접속되지 않고 단지 잡음으로만 들리며, 또한 동기가 유지 되지 않으면 통신내용이 전달되지 않는 단점을 지니고 있다. 부호 동기는 확산된 정보를 필요 대역폭으로 줄이며 반면에 상호 상관치가 적은 잡음 신호나 간섭 신호는 다시 재확산 시킴으로서 강한 간섭 배제 능력을 갖추는데 매우 중요한 역할을 한다.

빠른 동기 포착과 함께 오랜동안의 동기 유지가 전체 SS 시스템 수신기 성능을 좌우한다.

Delay Lock Loop (DLL)는 두 상관된 파형에서의 지연차를 추적하는 소자이다.

본 논문은 재 수정된 DLL 모델을 사용하여 평균 동기유지 시간에 중요한 변수인 평균 추적오차의 분산을 구하여 그것을 최소화하는 관련 파라미터의 최적값을 구하였다. 잡음 모델로는 일반 가우시안 잡음의 통계적 특성 및 Tone Jamming을 가정하였다.

재 구성된 DLL 은 상하 통신로상의 이득 불평형에 영향이 적으므로 해석 모델로 선정되었고 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 DLL의 최적필터 대역폭과 데이터의 변조 형식에 관련된 평균 추적 오차의 분산의 영향을 그래프로 나타내었다. PN 부호 동기기의 전반적인 구성도가 그림 (1)에 도시되었다. 그림 (2)는 디지털 데이터 변조형태에 따른 스펙트럼이며 그림 (3)은 DLL 추적 회로의 입력 시간 함수로 들어오는 추적 곡선으로 본 논문에서는 $\alpha=1/2$ 하여 분산의 선형 해석을 최대화하였다.

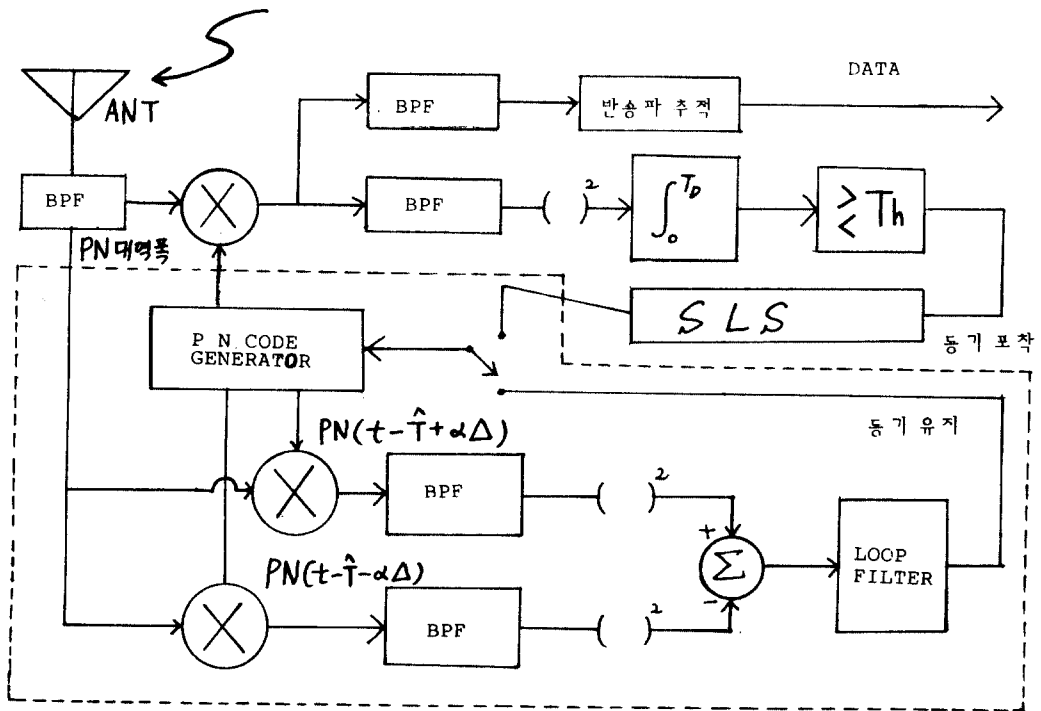


그림 (1) PN 동기기의 구성도.

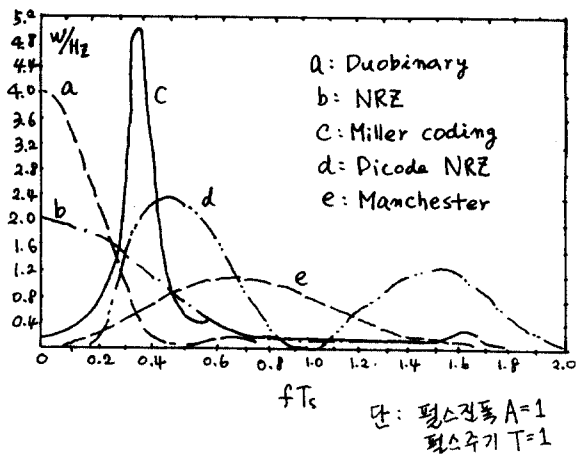


그림 (2) 데이터 변조에 따른 스펙트럼

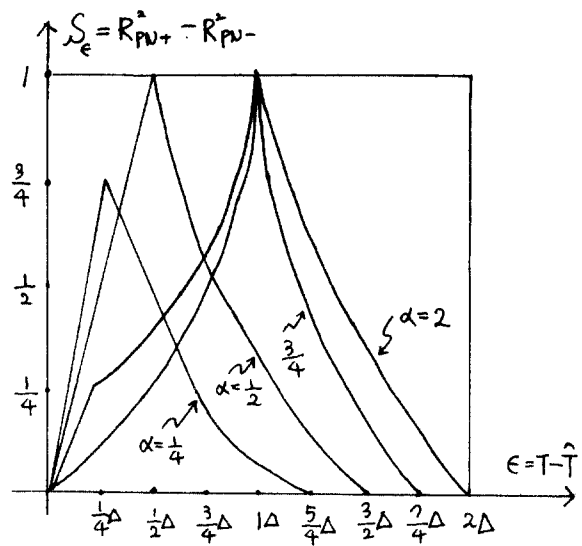


그림 (3) DLL의 추적 곡선

II 본론

1. 해석 모델

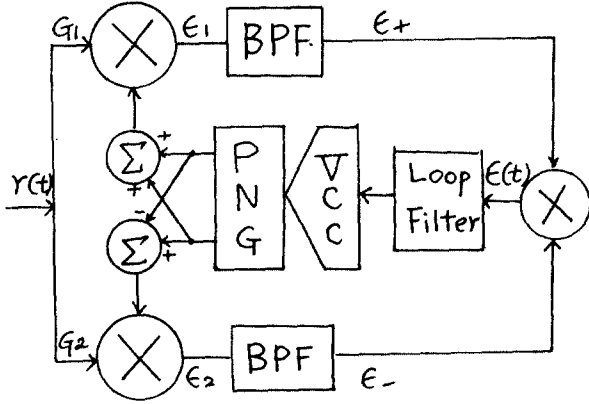


그림 (4) 재 구성된 DELAY LOCK LOOP

여기서

$$Y(t) = S(t) + N(t) + I(t)$$

$$S(t) = \sqrt{2P} PN(t - T_d) D(t - T_d) \cos(\omega_0 t + \theta)$$

$$N(t) = \sqrt{2} \{ N_c(t) \cos(\omega_0 t + \theta) + N_s(t) \sin(\omega_0 t + \theta) \}$$

$$I(t) = \sqrt{2P_I} \cos(\omega_1 t + \theta_1)$$

$Y(t)$: 수신신호 $S(t)$: 정보신호

$N(t)$: 잡음신호 $I(t)$: 간섭신호

P : 신호전력 P_I : 간섭전력

2. 동기 추적의 원리

잡음 및 간섭신호와 함께 입력신호로 들어오는 수신신호 $R(t)$ 는 국부 의사 잡음 발생기(Pseudonoise Generator: PNG)의 위상천이된 신호 $PN(t - \hat{T} - \frac{\Delta}{2})$ 및 $PN(t - \hat{T} + \frac{\Delta}{2})$ 의 합과차에 교차 상관되어 그 결과가 대역 통과 여파기를 거쳐 제 2 상관기에 의해 추적오차의 입력을 만들어 VCC (전압제어회로)를 작동시키게 된다. VCC는 PNG의 위상을 교정하게 되며 이로서 새로운 지연 상태의 PN 부호 계열을 만들게 되고 이와같은 자동제어에 의해 부호 동기를 계속 유지하게 된다.

3. 동기 추적 오차의 분산

N_c 와 N_s 는 서로 독립이며 $N_0/2$ 의 스펙트럼 밀도를 갖는 저역 통과된 백색 가우시안 잡음 성분이다.

Δ 는 PN 부호칩 지연 시간(초)이며 PNG의 상하 PN 부호칩의 간격이 일때 보통 이를 $1 - \Delta$ 부프라한다. 상관기를 통과한 출력신호 E_+ 및 E_- 는 대역 통과필터를 거치면 ([10] CHAPT. 10 과 같은 방법)

$$\begin{aligned} E_{\pm} = & G_{1,2} \sqrt{2P} \bar{D}(t) R_{PN}(T - \hat{T} - \frac{\Delta}{2}) \cos(\omega_0 t + \theta) \\ & \pm G_{1,2} \sqrt{2P} \bar{D}(t) R_{PN}(T - \hat{T} + \frac{\Delta}{2}) \cos(\omega_0 t + \theta) \\ & + G_{1,2} N(t) \bar{PN}(t - \hat{T} - \frac{\Delta}{2}) \\ & + G_{1,2} N(t) \bar{PN}(t - \hat{T} + \frac{\Delta}{2}) \\ & + G_{1,2} \sqrt{2P_I} H(s) \{ PN(t - \hat{T} + \frac{\Delta}{2}) \\ & \pm PN(t - \hat{T} - \frac{\Delta}{2}) \} \end{aligned}$$

여기서 \hat{T} 는 위상 지연 T 의 예측값이며 $G_{1,2}$ 는 각각 상관기 위아래의 서로 다른 이득값이다.

R_{PN} 는 PN 부호 계열의 자기 상관 함수이며 $\bar{D}(t)$ 는 데이터가 여파기를 거친 시간 함수이다. 추적 오차 입력식 $E(t)$ 는

$$E(t) = E_+ \times E_-$$

가 되며 여기서 $G_1 \times G_2$ 를 일정한 값으로 정규화하고 잡음함에 대하여 PSD를 구한후 VCC의 입출력 관계식 (1)에 따라 추적오차의 분산을 구할 수 있다.

$$\hat{T}(t) = K_{VCC} \Delta \frac{H(P)}{P} E(t)$$

결과적인 정규화 동기 추적 오차의 분산값은

$$\left[\frac{\sigma_{\hat{T}}}{\Delta} \right]^2 = \frac{1}{2P_I S_L}$$

$$S_L = \frac{D_m}{K_d(1+2JNR) + \frac{2K_L B_{if}/R_s}{R_d \cdot D_m(1+2JNR)}}$$

여기서

$$P_L = \frac{P}{N_0 B_L} : \text{루프 대역폭에서 SNR}$$

$$R_d = \frac{P T_s}{N_0} : \text{데이터 대역폭에서 SNR}$$

$$D_m = \int_{-\infty}^{\infty} S_d(f) \cdot H_B(j2\pi f)^2 df$$

$$K_d = \frac{1}{D_m} \int_{-\infty}^{\infty} S_d(f) \cdot H_B(j2\pi f)^4 df$$

$$B_{if} = \int_{-\infty}^{\infty} H_B(j2\pi f)^2 df$$

$$K_L = \frac{1}{B_{if}} \int_{-\infty}^{\infty} H_B(j2\pi f)^4 df$$

$$JNR = \frac{P_I \Delta}{N_0}$$

$$R_s = \frac{1}{T_s} : \text{데이터 BIT RATE}$$

4. 스캐어밍 손실의 계산

정규화 동기 추적 오차의 분산을 최소화 하기 위하여 스캐어밍 손실을 고려해 보는 것이 합리적이다. 데이터 형식에 관련된 D_m 및 K_d 값이 다음과 같이 계산되었다.

$$\text{NRZ} : D_m = 1 - \frac{1}{2B_{if}} (1 - e^{-2B_{if}})$$

MANCHESTER :

$$D_m = 1 - \frac{1}{2B_{if}} [3 - 4e^{-B_{if}} + e^{-2B_{if}}]$$

Duobinary :

$$D_m = \frac{1}{8} \left[1 - \frac{1}{4B_{if}} (1 - e^{-4B_{if}}) \right]$$

Dicode NRZ :

$$D_m = \frac{1}{4} - \frac{1}{8B_{if}} [2 - 2e^{-2B_{if}} + e^{-B_{if}} - e^{-3B_{if}}]$$

NRZ :

$$K_d = \frac{1}{D_m} \left[1 - \frac{3 - (3 + 2B_{if})e^{-2B_{if}}}{4B_{if}} \right]$$

MANCHESTER

$$K_d = \frac{1}{D_m} \left[1 - \frac{9 - 4(3 + B_{if})e^{-B_{if}} + (3 + 2B_{if})e^{-2B_{if}}}{4B_{if}} \right]$$

위의 결과는 버터워스 필터의 단일 POLE 에 대한 결과이며 NRZ 및 MANCHESTER 에 한하여 S_L 을 계산한 결과는 그림 (4) 및 그림 (5)에 나타나있다.

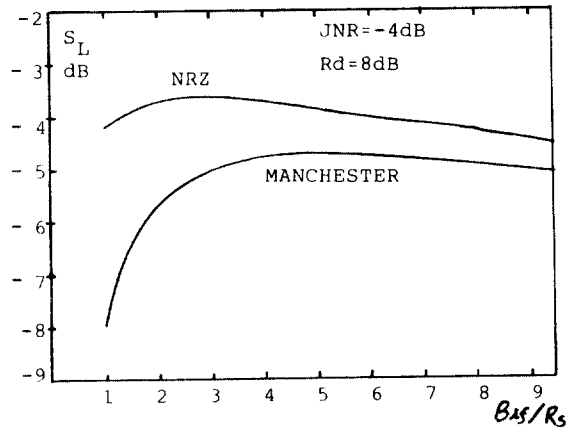


그림 (4) 주어진 R_d 및 JNR 에 따른 스캐어밍 손실

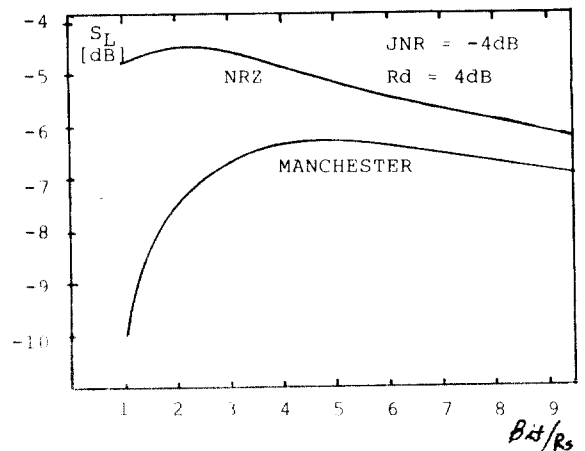


그림 (5) 주어진 R_d 및 JNR 에 따른 스캐어밍 손실

III 결 론

직접 확산 방식에서 부호화 된 입력의 동기 추적 오차의 평균 본산은 평균 동기 유지 시간을 늘리는데 중요한 변수가 된다. 이는 스퀘어링 손실의 표현 식에서 알 수 있듯이 데이터의 PSD (D_m 성분) 및 속도, 그리고 필터 형식 (K_L 성분) 등에 관계하며 그림에서 알 수 있듯이 NRZ 데이터 형식은 MANCHESTER 에 비해 동기 유지 성능이 우수함을 알 수 있다. 대역 통과 필터의 대역폭은 나이퀴스트 이론에 근접하는 값에서 최적적이며, 또한 수정된 DLL 해석 모델은 기존의 DLL과는 달리 상하 등신로 상의 이득 불평형에 영향이 적으며 추적오차 입력식에는 영향을 주지 않는다.

본 논문은 필터의 변조왜 (D_m)을 무시하지 않음으로서 가장 양호한 기저대역 데이터 형식을 찾아내는데 D_m 및 K_d 의 계산을 행하여 정확한 S_L 를 구하였다.

참 고 문 헌

[1] J. J. Spilker, Jr., "Delay-lock tracking of binary signals," IEEE Trans. on Space Electronics and Telemetry, vol. SET-9, pp. 1-8, March 1963.
[2] W. J. Gill, "A comparison of binary delay lock tracking-loop implementations," I-

EEE Trans. on Aerospace and Electronics Systems, vol. AES-2, pp. 415-424, July 1966.
[3] H. P. Hartman, "Analysis of a Dithering Loop for PN Code Tracking," Proc. Symp. SP. Spec. Comm., March 1973.
[4] M. k. Simon "Noncoherent PN Code Tracking Performances of S. S Receivers." IEEE Trans. vol. COM-25, No3, March 1977.
[5] P. M. Hopkins, "A unified analysis of pseudonoise synchronization by envelope correlation," IEEE Trans. Commun, vol. COM-25, pp. 770-778, AUG. 1977.
[6] R. A. Yost and R. W. Boyd, "A modified PN code tracking loop: Its performance analysis and comparative evaluation," IEEE Trans. Commun., Vol, com-30, pp. 1027-1036, May, 1982.
[7] R. C. Dixon, Spread Spectrum Systems John Wiley & Sons, 1976.
[8] R. L. Pickholts, D. L. Schillins and L. B. Milstein, "theory of Spread Spectrum communications-A tutorial," IEEE Trans. Commun., vol. Com-30, May, 1982
[9] Don J. Torrieri, Principle of Military Communication Systems, Artech House, INC. 1981