

스펙트럼 확산 시스템에서 동기화 관한 연구

84327

강 성 봉 김 원 후  
항공 전자공학 학과 한국항공대학

A Study of Synchronization in Spread Spectrum System

Sung Bong KANG Won Hoo KIM  
Department of Avionic Eng., Hankuk Aviation College

Abstract

This paper describes the mean(average) time delay and its variance before transition from search to lock mode by means of signal flow graph and its transfer function.

A relation between hit probability and search stage number is presented with the comparison of the open loop and closed loop. From these results optimum transition probability which we must hold can be obtained.

1. 서론

스펙트럼 확산( spread spectrum ) 통신방식은 보안성과 방해에 강한 점 및 주파수대의 효율적인 이용 등으로 여러분야에서 적용되고 있다.

SS 통신방식은 direct sequence, frequency hopping, time hopping, chirp 그리고 hybrid 방식 등이 있다.

SS 송신은 동기가 맞지 않으면 (초기 동기 혹은 초기 포착)<sup>[1]</sup> 수신자에게는 단지 잡음으로만 들리며, 동기가 유지되지 않으면 (동기 추적)<sup>[2]</sup> 통신 내용이 전달되지 않는다.

본 논문은 Search and Lock Strategy(SLS)의 모우드 [8] 를 Markov chain 모델을 사용하여 도시 하였으며, 페루우프 와 개루우프에 대한 신호 흐름도 및 전달함수로 부터 search 에서 lock 모우드로 천이되기 전에 search mode 에서 소모

되는 평균시간 및 분산을 확률밀도의 time moment 와 power series 의 계수와의 관계를 이용하여 구하였다.

2. 본론

(1) SLS 시스템

PN (불규칙 의사 잡음) 동기기의 구조가 그림 1에 도시되었다.

그림 1은 세 부분으로 나눌 수 있다.<sup>8</sup>

- (i) search - lock strategy
- (ii) correlation detector
- (iii) delay - lock loop

SLS 의 선택은 위상 위치를 테스트하는데 소요되는 시간과 동기를 유지시키는데 필요한 시간등의 이유로 중요하다.

그림 2에 SLS 의 모델을 도시하였다.

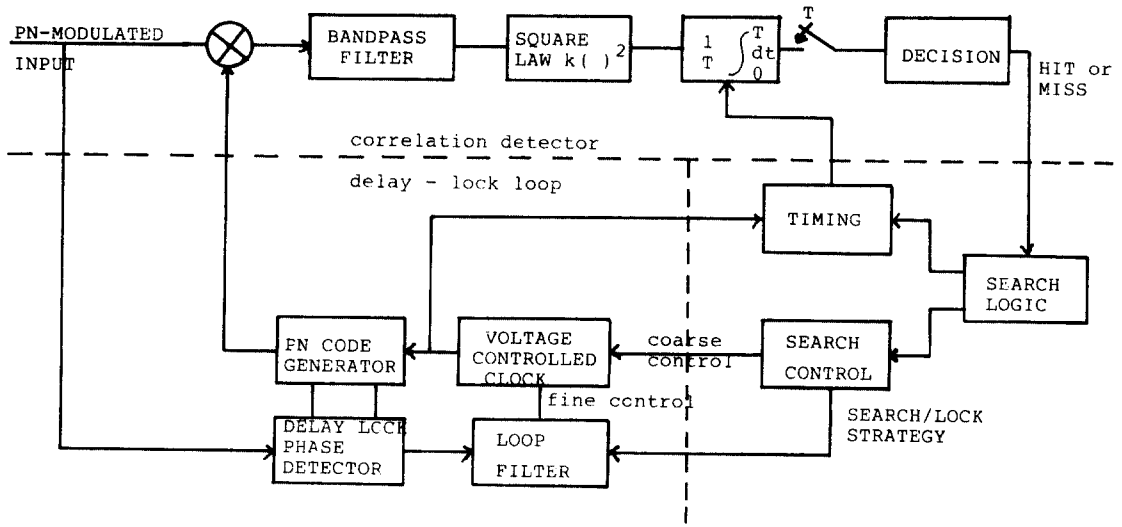


그림 1. 불규칙의사 동기기의 구조

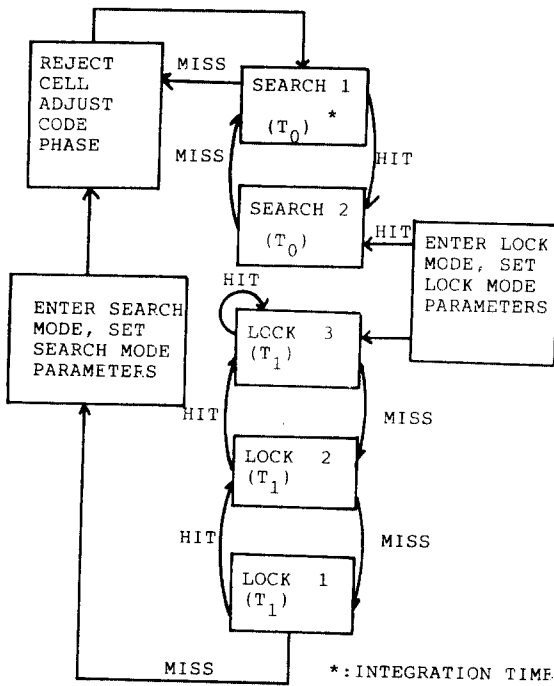


그림 2. SLS

그림 3은 그림 2에 대한 신호 흐름도를 나타내었다.

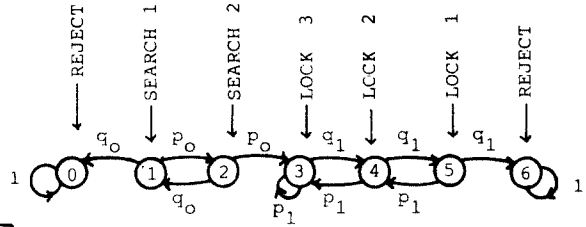


그림 3. SLS의 Markov chain 모델

(2) 해석의 배경

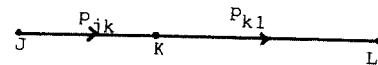


그림 4. 상태 J에서 L로의 전이도

그림 4에서 상태 J으로부터 L으로 전이할 확률 밀도는

$$\begin{aligned}
 P_{j1}(t) &= \int p_{jk}(t_1) \cdot p_{k1}(t-t_1) dt_1 \\
 &= P_{jk} * P_{k1} \quad (1)
 \end{aligned}$$

이며, 라플라스 변환인

$$\mathcal{L}[p_{j1}(t)] \triangleq P_{j1}(s) \quad (2)$$

을 적용하면

$$P_{j1}(s) = P_{jk}(s) \cdot P_{k1}(s) \quad (3)$$

으로 나타낼 수 있다.

확률밀도  $p(t)$  의 라플라스 변환  $P(s)$  를  $p(t)$  의 time moment 와 power series 의 계수 사이의 관계를 산출하기 위하여  $s=0$  에서 power series 를 전개시킨다.

$$P(s) = a_0 + a_1 s + a_2 s^2 + \dots \quad (4)$$

여기서

$$\begin{aligned} a_0 &= \int p(t) dt = P(0) \\ a_1 &= \int -tp(t) dt = P'(0) \\ 2a_2 &= \int t^2 p(t) dt = P''(0) \\ &\vdots \end{aligned} \quad (5)$$

이며,

$a_0$  은 임의의 시간에 전이할 확률

$-a_0/a_0$  은 전이하기 전의 평균지연시간

$$\frac{2a_2}{a_0} - \left(\frac{a_1}{a_0}\right)^2 \text{ 은 전이 시간의 분산이다.}$$

### (3) 해석

그림 3을 신호 흐름도로 표시하면 그림 5와 같다.

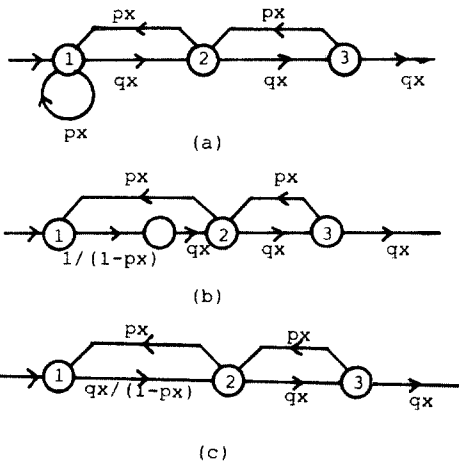


그림 5. 개부우프의 신호흐름도

여기서  $T$  초마다 Sampling 한다고 가정한다.

hit 하여 다음 stage 로 전이할 확률 밀도는 시간 영역에서  $q \delta(t-T)$  로 표시되며 라플라스 변환 시키면  $qe^{-sT}$  이다.

$$qe^{-sT} = qx \quad \text{라 놓자. 그러면}$$

$$\begin{aligned} x &= \exp(-sT) \\ &= 1 - sT + (sT)^2/2! + (sT)^3/3! + \dots \end{aligned} \quad (6)$$

로 표시된다.

그림 5의 전달함수를 구하면 다음과 같다.

$$F_3(s) = \frac{q^3 x^3}{(1-px-2pqx^2+p^2qx^3)} \quad (7)$$

(7)식에 (6)식을 대입한 후 식(4)의 형태로 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} F_3(s) &= 1 - (1+2q^2) \cdot (sT)/q^3 + (2+8q^2 \\ &\quad -5q^3+6q^4-2q^5)(sT)^2/2q^6 + \dots \end{aligned} \quad (8)$$

(8)식으로 부터

$$(i) \text{ 평균 시간 : } (1+2q^2) \cdot T/q^3$$

$$(ii) \text{ 분산 : } (1+4q^2-5q^3+2q^4-2q^5) \cdot T^2/q^6$$

을 구할 수 있다.

마찬가지 방법으로 4-stage 인 경우에 대하여 구하여 본다.

$$F_4(s) = \frac{q^4 x^4}{(1-px-3pqx^2+2p^2qx^3+p^2q^2x^4)} \quad (9)$$

식(9)를 식(4)의 형태로 정리하면

$$\begin{aligned} F_4(s) &= 1 - (1-q+2q^2+2q^3) \cdot (sT)/q^4 \\ &\quad + (2-4q+10q^2-7q^3+23q^4-6q^5-14q^6) \\ &\quad \cdot (sT)^2/2q^8 + \dots \end{aligned} \quad (10)$$

이며 (10)식으로 부터

$$(i) \text{ 평균 시간 : } (1-q+2q^2+2q^3) \cdot T/q^4$$

$$(ii) \text{ 분산 : } (1-2q+5q^2-7q^3+9q^4-4q^5-2q^6) \cdot T^2/q^8$$

을 구할 수 있다.

그림 6은 closed loop 에 대한 신호흐름도이다.

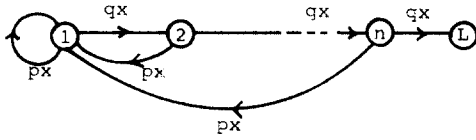


그림 6. 페루우프의 신호흐름도

그림 6에 대한 전달함수  $G_n(s)$  은 다음과 같다.

$$G_n(s) = \frac{q^n x^n}{1 - px \cdot \sum_{i=0}^{n-1} q^i x^i}$$

$$= \frac{q^n x^n - q^{n+1} x^{n+1}}{1 - x + pq x^{n+1}} \quad (11)$$

식(11)을 식(4)의 형태로 고치면 식(12)이 된다.

$$G_n(s) = 1 - (1 - q^n) \cdot (sT) / pq^n + (2 - pq^n - 2npq^n - 2q^n + pq^{2n}) \cdot (sT)^2 / 2(pq^n)^2 + \dots \quad (12)$$

식(12)로부터

- (i) 평균:  $(1 - q^n) \cdot T / pq^n$
- (ii) 분산:  $(1 - pq^n - 2npq^n - q^{2n+1}) \cdot T^2 / (pq^n)^2$

을 구할 수 있다.

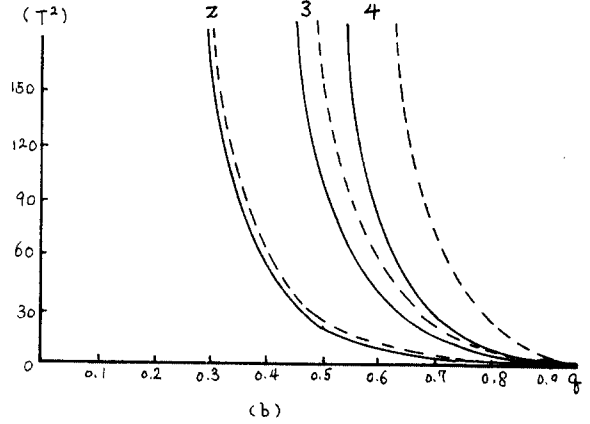
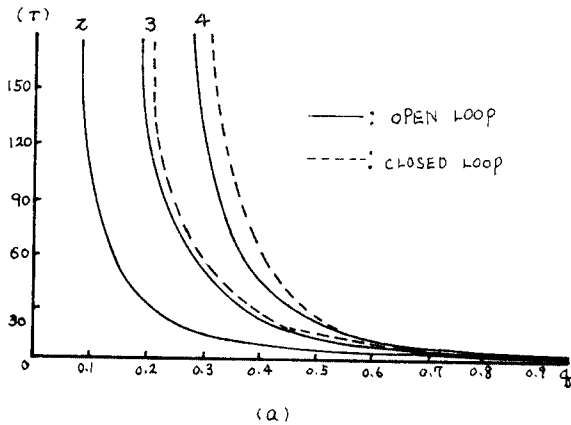


그림 7. (a) 평균 지연 시간 (b) 분산

앞에서 구한 평균시간 및 분산을 그림 7에 도시하였다. 그림 7에서 2-stage 인 경우 평균시간은 일치하나 그의 분산값은 개루우프쪽이 우세함을 알 수 있다. 3-stage 인 경우에 평균은 q가 클 수록 ( $q > 0.45$ ) 거의 개루우프와 페루우프가 별 차이가 없으나, 분산은 2-stage 인 경우보다 더 큰 차이가 난다. 마지막으로 4-stage 인 경우는 ( $q > 0.5$ ) 개루우프가 페루우프보다 평균시간이 작고 분산값이 작음을 알 수 있다.

### 3. 결론

다음 단으로 천이할 확률 q는 3-stage 이상일때 0.45보다 크면 별로 차이가 없으나 q가 0.45 이상이면 개루우프가 약 2배 이상 우세함을 알 수 있다.

평균 지연 시간을 구하는 데는 다른 방법도 사용되고 있으나 본 방식에서는 신호 흐름도와 전달함수를 이용하여 쉽게 구할 수 있었다.

### REFERENCE

[1] Spilker, J.J. Jr.: "Delay-Lock Tracking of Binary Signals." IEEE Trans. On space Electronics and Telemetry, Vol. SET-9, March 1963,

- [2] Gill,W.J.: "Effect of Synchronization Error in Pseudo-Random Carrier Communications."1st IEEE Annual communications Convention, June 1965.
- [3] Hartmann,H.P: "Analysis of Dithering Loop for PN Code Tracking." IEEE Trans. On Aerospace and Electronic Systems, Vol. AES-10, NO.1,Jan. 1974.
- [4] Rice,S.O.: "Mathematical Analysis of Random Noise." Reprinted in Selected Papers on Noise and Stochastic Processes, Nelson Wax,ed.,Dover Publications Inc., New York, 1954.
- [5] Marcum,J.I.: "A Statistical Theory of Target Detection by Pulsed Radar, Mathematical Appendix.",IRE Trans. Vol.IT-6, Apr. 1960.
- [6] R.W.Sittler, "System Analysis of Discrete Markov Processes." IRE Trans. on Circuit Theory, Dec. 1956
- [7] W.H.Huggins, "Signal Flow Graphs and Random Signals."Proc.of IRE, Jan. 1957
- [8] P.M.Hopkins, " A Unified Analysis of Pseudonoise Synchornization by Envelope Correlation. "IEEE Trans. Comm., Vol.COM-25,NO.8,Aug.1977
- [9] S.J.Mason.: "Feedback Theory, Further Properties of Signal Flow Graphs." Proc. IEEE,Vol.44,NO.7,July,1956
- [10] R.C.Dixon," Spread Spectrum Systems." New York : Wiley .1975