

이한섭 조형래 강창언

연세대학교 전자공학과

Direct Sequence Spread Spectrum Acquisition Using Matched-Filter
in A Mobile Channel

Han Sup Lee, Hyoung Rae Cho, Chang Eon Kang

Dept. of Electronic Eng., Yonsei Univ.

Abstract

This paper investigates the performance of the direct sequence spread spectrum (DS/SS) acquisition system for a AWGN channel and a fading mobile channel.

The acquisition systems used in this paper are the serial search and the parallel search with fix dwell detector.

As a result of simulation, it is shown that in a nonfading AWGN channel it is advantageous, at low signal to noise ratio, to increase the code sequence M, while at high SNR increasing the parallelism is advantageous.

In a fast fading channel, increasing parallelism is shown to be advantageous in all cases.

For all value of M there is about 2dB saving in SNR if the parallel system is used instead of the serial search in a nonfading channel.

In the fast fading channel (k=2 and k=5) this improvement increases to about 3.5 dB. Therefore the parallel acquisition system is a good candidate for spread spectrum systems operation in a fading mobile channel.

1. 서론

DS/SS의 PN 초기동기 과정은 일반적으로 수신된 PN 코드와 수신부에서 발생된 PN 코드간의 상관과정이므로 적합한 검파기와 결정방식 (Decision Rule), 그리고 검색방법 (Search Strategy)에 의하여 동기 여부를 결정하게 된다.

본 논문에서는 검파기로 비동기식 수동형 정합필터를 사용하였고, 초기동기 방식으로는 직렬 및 병렬 초기동기방식을 사용하여 가산성 백색가우시안 잡음(Additive White Gaussian Noise, AWGN)이 존재하는 채널 즉, 페이딩이 존재하지 않은 채널과 페이딩 성분이 존재하는 이동통신 채널에서 Weber가 제시한 동기해석 방법을 적용하였다.

기존의 Absorbing False Alarm 상태와는 달리 Returning False Alarm 상태로 초기동기를 해석하여 직렬 및 병렬 초기동기 시간을 비교 분석 하였다.

제 2 절 에서 이동통신 채널에 DS/SS를 적용시킬 경우 정합필터를 이용하여 직렬 초기동기에 관하여 고찰하였으며, 제 3 절 에서는 병렬 초기동기에 관하여 살펴보고, 제 4 절 에서는 컴퓨터 시뮬레이션에 의하여 AWGN 채널과 이동통신 채널에서 직렬 및 병렬 초기동기방식을 초기동기 시간을 구하여 비교분석 하였고, 제 5 장에서 결론을 내었다.

2. 이동통신 채널에서 DS/SS 초기동기

2-1. 정합필터를 이용한 DS/SS 직렬 초기동기

정합필터를 이용한 DS/SS 직렬 초기동기의 수신부 구조는 그림 2-1 과 같다. 그리고 수신부 동작을 살펴보면 다음과 같다.

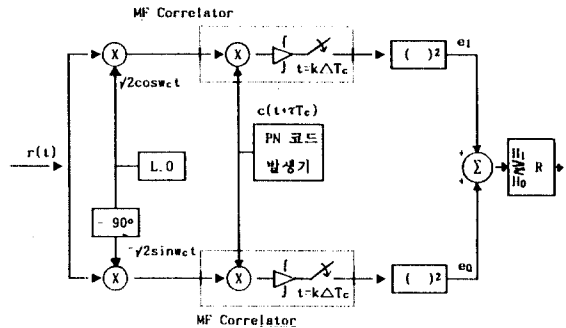


그림 2-1. 정합필터를 이용한 초기동기의 수신부 구조

정합필터가 고속동기를 이룰 수 있는 이유는 MT_c 동안의 적분 시간동안에 매 ΔT_c 초마다 레지스터에 들어오는 칩은 이미 $\Delta^{-1}M-1$ 개의 저장된 샘플값과 상관관계가 이루어져, 정합필터의 출력은 ΔT_c 초 마다 발생되며 따라서 검색속은 $1/\Delta T_c$ 이므로, 동등 상관방법에 비하여 고속동기를 얻을 수 있다. 그리고 비동기식 상관기/검파기 다음단계는 Coincidence Detector(CD)가 뒤따르며, CD는 검파기에서 H_1 의 판정에 대하여 잘못된 판정으로 인한 Penalty 시간을 줄이기 위한 것으로 그 동작은 다음과 같다.

일시적인 동기조건 즉, H_1 의 결정에 대하여 레지스터에 들어있는 코드는 국부발생 PN 발생기에 의하여 새롭게 되어 지며, 새롭게 되기전 얼마동안 수신코드와 국부발생 코드는 일정한 오프셋을 가지고 유지된다. 이때 비동기식 상관기/

검파기는 검파 검사를 수행하게되며, 서로 독립된 $M T_c$ 동안의 시간간격 동안에 A의 테스터 중에서 B번을 넘게되면 다수논리결정(Majority Logic Decision)은 끝나고 동기추적(Tracking) 과정으로 넘어가게 된다.

2-2. 직렬 초기동기 흐름도

직렬 초기동기 흐름도는 그림 2-2와 같으며 각 가지에 대한 이득은 식 2-1과 같다.

$$\begin{aligned}
 H_p(z) &= Z^j M T_c \\
 H_0(z) &= H_{NFA}(z) + H_{FA}(z) H_p(z) \\
 &= [(1 - P_{FA1}) + P_{FA1}(1 - P_{FA2}) Z^{M T_c}] \cdot Z T_c \\
 &\quad + P_{FA2}(K+1) T_c \cdot Z^j T_c \\
 H_D(z) &= P_D Z^{(K+1) T_c} \\
 H_M(z) &= [(1 - P_{d1}) + P_{d1}(1 - P_{d2}) Z^{M T_c}] Z T_c
 \end{aligned} \tag{2-1}$$

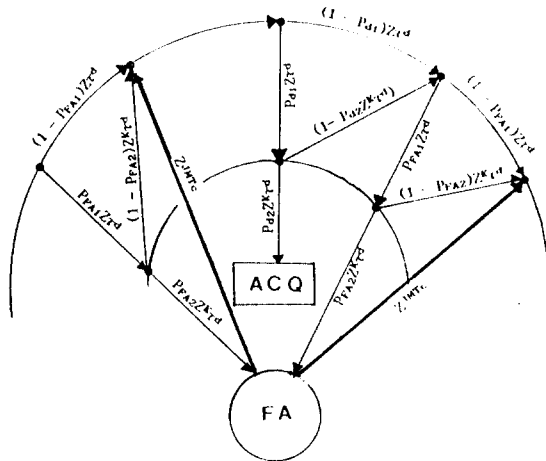


그림 2-2. 직렬 초기동기 흐름도

그리고 초기동기 시간을 구하기 위해서 발생함수를 구하면 식 2-2와 같다.

$$P_{ACQ}(z) = \frac{H_D(z) H_0^{2L-1}(z)}{1 - H_M(z) H_0^{2L-1}(z)} \tag{2-2}$$

따라서 초기동기시간은 발생함수의 1차 모멘트 이므로 Worst Case일 경우 식 2-3과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned}
 E\{T_{acq}\} &= \left. \frac{dP_{ACQ}(z)}{dz} \right|_{z=1} \\
 &= \frac{T_c}{2P_D} [1 + 2AM + (2L-1)(1+2AMP_{FA1}+2JMP_{FA})]
 \end{aligned} \tag{2-3}$$

2-3. 가우시안 채널에서 직렬초기동기

동기해석의 전제 조건으로 Returning FA 상태를 고려 하였으므로 $H_0(1)=1$ 인 관계를 얻으며 따라서 식(2-4)의 관계를 얻는다.

$$P_{D0} = \frac{H_0(1)}{1 - H_M(1)} = 1 \tag{2-4}$$

그리고 $H_0(1) + H_M(1) = 1$ 이므로 $H_0(1) = 1$ 인 경우는 사실상 단 하나의 Absorbing 상태 즉, ACQ가 존재함을 나타낸다. 그리고 앞으로의 동기해석은 다음과 같은 가정하에서 해석한다.

- . 정확한 위상에 상응하는 셀(H_1)은 오직 하나만 존재한다.
- . 모든 샘플은 서로 독립이다.
- . 수신된 코드 코드 열과 국부 발생 코드는 동위상이 아닐 때(H_0) 상관 관계값은 0이다.
- . 불확정 영역은 전체 코드 길이이다.

그림 2-1에서 알 수 있듯이 H_1 샘플의 확률밀도 함수는 평균이 0이 아니고 자승기의 출력인 램덤 변수이므로, 자유도(Freedom)가 2인 Chi-Square 분포를 가지며 식(2-5)와 같은 pdf를 갖는다.

$$p(y; H_1) = \frac{1}{2\sigma_n^2} \exp\left[-\frac{m^2+y}{2\sigma_n^2}\right] I_0\left(\frac{my}{2\sigma_n^2}\right) \tag{2-5}$$

여기서 $\sigma_n^2 = N_0 M T_c / 2$ 이며, 평균은 $m = S_1 + S_0 = M^2 T_c^2 S$ 이고 $I_0(\cdot)$ 는 차수가 0차이고 일정한 변형된 Bessel 함수이다. H_0 의 샘플에 대한 확률밀도 함수는 평균이 0이고 자승된 변수이므로 Central Chi-Square 분포를 취하므로 식(2-6)과 같다.

$$p(x; H_0) = \frac{1}{2\sigma_n^2} \exp\left[-\frac{x}{2\sigma_n^2}\right] \tag{2-6}$$

식(2-5)과 (2-6)을 이용하여 검색 단계에서 확률을 구하면 식(2-7)과 같다.

$$\begin{aligned}
 P_{D1} &= \int_{\gamma_1}^{\infty} p_R(y; H_1) \left[\int_0^y p_R(x; H_0) dx \right]^{M/\Delta-1} dy \\
 &= \frac{1}{2} \exp(-Mv) \int_{\gamma_1}^{\infty} \exp(-z/2) I_0(\sqrt{2Mvz}) [1 - \exp(-z/2)]^{2M-1} dz
 \end{aligned} \tag{2-7}$$

여기서 $\gamma_1 = \gamma_1 / \sigma_n^2$ 이며, v 는 칩당 SNR 즉, SNR/chip 이다. Missing 확률을 구하여 보면 식(2-8)과 같다.

$$P_{M1} = \int_0^{\gamma_1} p_R(y; H_1) dy \left[\int_0^{\gamma_1} p_R(x; H_0) dx \right]^{2M-1} dy \tag{2-8}$$

식(2-8)의 우변의 첫째 항은 식(2-9)로 정의 되는 Marcum's Q-function을 적용시키면

$$Q(a, b) = \int_b^{\infty} z \exp\left[-\frac{z^2+a^2}{2}\right] I_0(az) dz \tag{2-9}$$

식(2-8)은 식(2-10)으로 나타낼수 있다.

$$P_{M1} = \left[1 - \exp(-\gamma_1'/2) \right]^{2M-1} \left[1 - Q(\sqrt{2Mv}, \sqrt{\gamma_1'}) \right] \tag{2-10}$$

False Alarm 확률은 식(2-11)와 같다.

$$P_{F1} = 1 - (P_{D1} + P_{M1}) \tag{2-11}$$

확인단계(Verification Mode)에서 검파확률 P_{D2} 와 False Alarm 확률 P_{F2} 는 각각 식(2-12)와 (1-13)과 같다.

$$P_{D2} = \sum_{n=B}^A \binom{A}{n} P_{D1}^n (1 - P_{D1})^{A-n} \tag{2-12}$$

$$P_{F2} = \sum_{n=B}^A \binom{A}{n} P_{F1}^n (1 - P_{F1})^{A-n} \tag{2-13}$$

따라서 위의 관계식을 식(2-3)에 대입하여 초기동기 시간

을 구할 수 있다.

2-3. 고속 페이딩 채널의 직렬 초기동기

페이딩은 전송매체와 전송경로에 의하여 신호의 전계강도 즉, 신호의 포락선이 변화하는 현상이다.

반송파가 PN 코드에 의하여 역 위상변조(Biphase Modulation)될 경우 고속 페이딩 환경하에서 수신부에서 수신된 신호는 식(2-14)와 같다.

$$r(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \left\{ \sqrt{2}x\left[\frac{i}{k}\right](t)\cos(\omega_c t + c_i\pi) - \sqrt{2}y\left[\frac{i}{k}\right](t)\sin(\omega_c t + c_i\pi) \right\} + n(t) \quad (2-14)$$

$iT_c \leq t \leq (i+1)T_c$

여기서 c_i 는 PN 코드 값에 따라 0 또는 1의 값을 취한다. 그리고 $[i/k]$ 는 i 를 k 로 나누었을 때 정수 부분이다. $x_i(t)$, $y_i(t)$ 는 평균이 0인 가우시안 변수이며 모든 i 에 대하여 식(2-15)와 같은 분산을 갖는다.

$$E[x^2 i(t)] = E[y_i^2(t)] = \sigma_s^2 \quad (2-15)$$

I-Q 정합필터의 출력성분 e_1 , e_0 는 식(2-16)과 같이 주어진다.

$$e_1 = XT_c + N_1 \quad (2-16a)$$

$$e_0 = YT_c + N_0 \quad (2-16b)$$

여기서 N_1 와 N_0 는 평균이 0이고 가우시안 랜덤 변수이며 분산은 σ_n^2 이며, X 와 Y 는 평균은 0이지만, H_1 또는 H_0 에 따라 다른 값을 가지므로 각각의 경우에 대하여 살펴보기로 한다.

H_1 가정하에서 변수 X , Y 는 각각 $[M/k]$ 개의 평균이 0이고 분산이 $k^2\sigma_s^2$ 인 것과 $(M - [M/k]k)^2\sigma_s^2$ 을 합한 것이며, 후자의 분산값은 M/k 값이 항상 정수값을 취하지 않기 때문이다. 상기의 두가지로 표현되는 분산을 하나의 분산 형태로 나타내기 위하여 W 라는 변수를 식(2-17)과 같이 정의할 내린다.

$$W = k^2 \left\{ \left[\frac{M}{k} \right] + \left[\frac{M}{k} - \left[\frac{M}{k} \right] \right]^2 \right\} \quad (2-17)$$

따라서 e_1 와 e_0 는 평균이 0이고 분산이 $\sigma_1^2 = WT_c^2\sigma_s^2 + \sigma_n^2$ 인 가우시안 분포를 갖는다. 그리고 H_0 의 가정에서는 정합필터의 계수가 독립인 ± 1 의 값을 갖는 랜덤변수 이므로 X, Y 는 평균이 0이고 분산이 σ_s^2 인 분포를 갖는 가우시안 변수를 M 개를 합한 것이다. 그러므로 H_0 가정 하에서는 분산은 $\sigma_0 = MT_c^2\sigma_s^2 + \sigma_n^2$ 이다.

위의 결과를 이용하여 확률밀도함수를 구하여보자. H_1 과 H_0 가정하에서 e_1 성분과 e_0 성분은 평균이 0이므로 식(2-18)과 같이 자유도가 2인 Central Chi-Square 분포를 취한다.

$$p(y; H_i) = \frac{1}{2\sigma_i^2} \exp\left\{-\frac{y}{2\sigma_i^2}\right\} \quad i=0,1 \quad (2-18)$$

식(2-18)을 이용하여 검색 과정에서 검파 확률을 구하여 보면 식(2-19)와 같다.

$$P_{D1} = \int_{\gamma_1}^{\infty} p_R(y; H_1) \left[\int_0^y p_R(x; H_0) dx \right]^{M/\Delta - 1} dy \quad (2-19)$$

$$= \frac{1}{2(1+Wv/M)} \int_{\gamma_1}^{\infty} \exp\left\{-\frac{x}{2(1+Wv/M)}\right\} \left[1 - \exp\left\{-\frac{x}{2(1+v)}\right\} \right]^{2M-1} dx$$

그리고 검색 단계에서 Missing 확률은 식(2-20)과 같다.

$$P_{M1} = \left\{ 1 - \exp\left\{-\frac{\gamma_1}{2(1+Wv/M)}\right\} \right\} \left\{ 1 - \exp\left\{-\frac{\gamma_1}{2(1+v)}\right\} \right\}^{2M-1} \quad (2-20)$$

여기서 v 는 칩당 SNR이며 $2T_c^2\sigma_s^2/N_0$ 로 정의된다. 그리고 확인단계에서 검파확률 P_{D2} 와 False alarm 확률 P_{F2} 는 식(2-12)와 (2-13)을 적용하여 구할 수 있다. 식(2-3)에 지금까지 구한 결과를 대입하여 동기시간을 구한다.

3. 정합필터를 이용한 DS/SS 병렬 초기동기

3-1. 수신부 구조 및 동작

정합필터를 이용한 병렬 초기동기의 수신부 구조는 그림 3-1과 같으며, N 개의 병렬 I-Q 비동기식 정합필터로 구성되며, 각각의 I-Q 정합필터의 구조는 그림 2-1과 같으며 그 동작을 살펴보자.

PN 코드 길이가 L 이라면 PN 코드는 N 개의 정합필터로 나누어지며 각 필터는 $L/N = M$ 개의 코드 길이를 갖는다. 따라서 1칩 지속 시간이 T_c 일 경우 PN 정합필터의 전체 지연시간은 $MT_c(\Delta T_c \times M \Delta^{-1})$ 초가 되며, MT_c 초 동안에 MN/Δ 개의 샘플이 N 개의 정합필터에 실려 저장되며 각 샘플 값을 불확정영역이 PN 코드 전체 길이 L 이라고 할 경우 불확정영역 중 어느 하나의 값에 대응한다. 만일 MN/Δ 개의 샘플이 N 임계치 γ_1 보다 크면 일단 위상이 맞다고 간주하고 확인 단계로 넘어가게 되고, 만일 γ_1 을 넘지 못하면 새로운 MN/Δ 개의 샘플을 취한다.

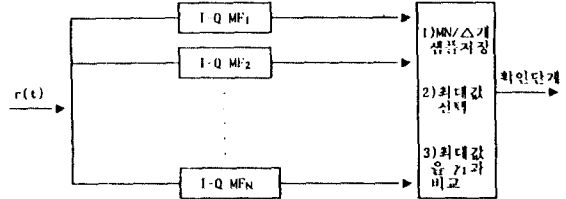


그림 3-1. 병렬 검색을 위한 수신부 정합필터

3-2. 호름도를 이용한 병렬 초기동기

병렬 초기동기 시스템의 상태전이 다이어그램은 그림 3-2와 같으며 그 호름도는 그림 3-3과 같다. 그리고 그림 3-2의 각 가지이득은 식(3-1)과 같이 정의된다.

$$H_D(z) = P_{D1} z^{MT_c} P_{D2} z^{AMT_c} \quad (3-1a)$$

$$H_{FA}(z) = P_{F1} z^{MT_c} P_{F2} z^{AMT_c} \quad (3-1b)$$

$$H_M(z) = P_{M1} z^{MT_c} + P_{D1} z^{MT_c} (1 - P_{D1}) z^{AMT_c} + P_{F1} z^{MT_c} (1 - P_{F2}) z^{AMT_c} \quad (3-1c)$$

$$H_P(z) = z^{JMT_c} \quad (3-1d)$$

그림 3-2. 병렬 초기동기 상태전이 다이어그램

그림 3-3. 병렬 초기동기 호름도

그림 3-2에서 발생함수를 적용하면 식(3-2)와 같다.

$$P_{Acq}(z) = \frac{H_D(z)}{1 - H_M(z) - H_{FA}(z)H_P(z)} \quad (3-2)$$

따라서 초기동기 시간은 식(3-3)으로 표현된다.

$$E[T_{\text{acc}}] = \frac{d}{dz} \text{Pacq}(z) \Big|_{z=1} \quad (3-3)$$

$$= \frac{[M + AM(1-P_{M1}) + JMP_{FA}]T_c}{P_D}$$

$$= \frac{[1 + A(1-P_{M1}) + JP_{FA}]LT_c}{NP_D}$$

여기서 $P_D = P_{D1} \cdot P_{D2}$ 이고 $P_{FA} = P_{F1} P_{F2}$ 이며 각각 전체 검파확률과 False Alarm 확률을 나타낸다. 그리고 식(3-3)에서 예견할 수 있는 사실은 정합필터의 갯수 N 가 증가함에 따라서 초기동기 시간이 감소 되리라는 것을 추측할 수 있다.

3-3. 가우시안 채널에서 병렬 초기동기

앞절에서 직렬 초기동기에 관하여 살펴본것과 같이 병렬 초기동기에서도 똑같은 가정하에서 해석을 한다.

직렬 초기동기에서 살펴 보았듯이, H_1 샘플의 확률밀도 함수는 평균이 0이 아니고 자승기의 출력인 램덤 변수이므로, 자유도가 2인 Chi-Square 분포를 가지며 식(3-4)와 같은 pdf를 갖는다.

검색 단계에서 확률을 구하면 식(3-5)와 같다.

$$P_{D1} = \int_{\gamma_1}^{\infty} p_R(y; H_1) \left[\int_0^y p_R(x; H_0) dx \right]^{L/\Delta - 1} dy \quad (3-5)$$

$$= \frac{1}{2} \exp(-Mv) \int_{\gamma_1}^{\infty} \exp(-z/2) I_0(\sqrt{2Mvz}) \left[1 - \exp(-z/2) \right]^{2L-1} dz$$

Missing 확률을 구하여 보면 식(3-6)과 같다.

$$P_{M1} = \int_0^{\gamma_1} p_R(y; H_1) dy \left[\int_0^{\gamma_1} p_R(x; H_0) dx \right]^{2L-1}$$

$$= \left[1 - \exp(-\gamma_1'/2) \right] \left[1 - Q(\sqrt{2Mv}, \sqrt{\gamma_1'}) \right] \quad (3-6)$$

False Alarm 확률은 식(3-7)과 같다.

$$P_{F1} = 1 - (P_{D1} + P_{M1}) \quad (3-7)$$

확인단계(Verification Mode)에서 검파확률 P_{D2} 와 False Alarm 확률 P_{F2} 는 각각 식(3-8), (3-9)와 같다.

$$P_{D2} = \sum_{n=B}^A \binom{A}{n} P_1^n (1 - P_1)^{A-n} \quad (3-8)$$

$$P_{F2} = \sum_{n=B}^A \binom{A}{n} P_2^n (1 - P_2)^{A-n} \quad (3-9)$$

여기서 P_1, P_2 는 각각 H_1, H_0 셀이 임계치 γ_2 를 넘게될 확률을 나타내며 식(3-10)와 (3-11)과 같다.

$$P_1 = \int_{\gamma_2}^{\infty} p_R(y; H_1) dy = Q(\sqrt{2Mv}, \sqrt{\gamma_2'}) \quad (3-10)$$

$$P_2 = \int_{\gamma_2}^{\infty} p_R(x; H_0) dy = \exp\left[-\frac{\gamma_2'}{2}\right] \quad (3-11)$$

여기서 $\gamma_2' = \gamma_2/\sigma_n^2$ 이다. 위에서 얻은 결과들을 (3-3)에 대입하여 초기동기 시간을 구할 수 있다.

3-4. 고속 페이딩 채널의 병렬 초기동기

페이딩이 존재하는 채널의 병렬 초기동기는 앞절의 직렬 초기동기와 유사하게 해석되며, 차이점은 직렬 초기동기의 경우 PN 코드의 일부에 대하여 검색을 하는 반면에 병렬 초기동기는 PN 코드의 전체 즉, 불확정 영역을 모두 동시에 검색한다. 그리고 수신부에서 받은 신호의 확률 밀도 함수는

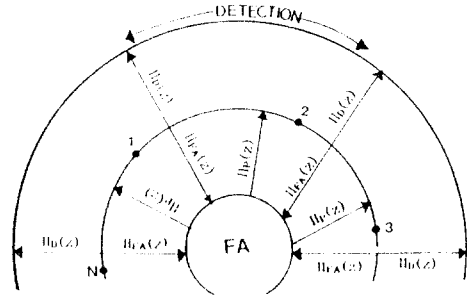


그림 3-2. 병렬 초기동기 상태전이 다이어그램

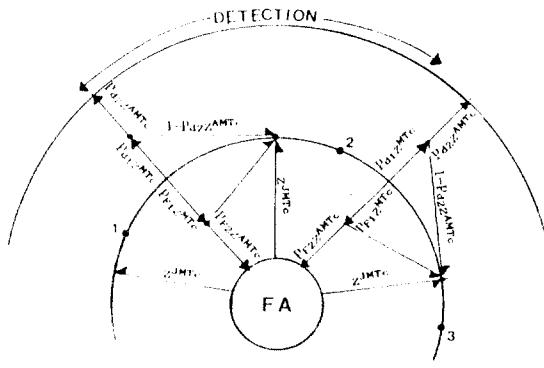


그림 3-3. 병렬 초기동기 흐름도

직렬 초기동기에서 살펴본것과 같으므로 앞의 관계식을 그대로 적용한다.

병렬 초기동기 시간을 구하기 위하여 검파확률, Missing 확률, 그리고 False Alarm 확률을 구하여야 하므로 앞절의 관계식을 적용하면 검색단계에서 검파확률은 식(3-12)와 같다.

$$P_{D1} = \int_{\gamma_1}^{\infty} p_R(y; H_1) \left[\int_0^y p_R(x; H_0) dx \right]^{L/\Delta - 1} dy \quad (3-12)$$

$$= \frac{1}{2(1+Wv/M)} \int_{\gamma_1}^{\infty} \exp\left[-\frac{x}{2(1+Wv/M)}\right] \left[1 - \exp\left[-\frac{x}{2(1+Wv)}\right] \right]^{2L-1} dx$$

그리고 Missing 확률을 구하면 식(3-13)와 같다.

$$P_{M1} = \int_0^{\gamma_1} p_R(y; H_1) dy \left[\int_0^{\gamma_1} p_R(x; H_0) dx \right]^{2L-1} dy \quad (3-13)$$

식(3-13)은 식(3-14)로 나타낼수 있다.

$$P_{M1} = \left[1 - \exp(-\gamma_1'/2) \right] \left[1 - Q(\sqrt{2Mv}, \sqrt{\gamma_1'}) \right] \quad (3-14)$$

False Alarm 확률은 식(3-15)과 같다.

$$P_{F1} = 1 - (P_{D1} + P_{M1}) \quad (3-15)$$

확인단계(Verification Mode)에서 검파확률 P_{D2} 와 False Alarm 확률 P_{r2} 은 앞절에서 사용한 수식 관계를 적용하면 구할 수 있으며, 이때 P_1 과 P_2 는 식(3-16), (3-17)과 같다.

$$P_1 = \int_{\gamma_2}^{\infty} p_{PR}(y; H_1) dy = \exp\left[-\frac{\gamma_2'}{2(1 + Mv/M)}\right] \quad (3-16)$$

$$P_2 = \int_{\gamma_2}^{\infty} p_{PR}(x; H_0) dy = \exp\left[-\frac{\gamma_2'}{2(1 + v)}\right] \quad (3-17)$$

위에서 얻은 결과를 식(3-3)에 대입하여 병렬초기 동기 시간을 구할 수 있다.

4. 시뮬레이션 및 결과고찰

본 논문에서 초기동기해석을 위하여 설정한 파라미터의 값들은 표 4-1 에 나타내었다.

표 4-1. 동기해석 설정 파라미터

PN 코드길이 (L)	$2^{10} - 1 = 1023$
칩율(Chip Rate, R)	$1/T_c = 10^6$
스텝 사이즈(Δ)	0.5
확인단계 파라미터	A = 4, B = 2
Penalty 계수(J)	1000
상관과정 칩수(M)	64, 128, 256
정합필터 갯수(N)	8, 16, 4

그림 4-1 과 그림 4-2 는 각각 AWGN 채널에서 직렬 및 병렬 초기동기 방식을 사용할 경우 수신부에서 SNR에 따른 검파확률을 나타내고 있다.

두 그림으로부터 알 수 있는 공통적인 사실은 정합필터의 상관 칩수(M)가 증가함에 따라 검파확률이 높아짐을 알 수 있다. 그리고 그림으로부터 직렬 초기동기 방식이 병렬 초기동기 방식 보다 M의 증가에 따른 동기시간의 효율성을 예견할 수 있다.

그림 4-3 은 AWGN 채널에서 병렬 초기동기 방식을 적용할 경우 SNR 에 따른 최적 임계치를 나타내고 있으며, 수신부에서 검색단계의 임계치 γ_1 과 확인단계에서 임계치 γ_2 에 따른 초기동기 시간을 구하여 정규화하여 나타내었다. 그림에서 보여주고 있는 사실은 SNR이 낮을수록 초기 동기시간은 임계치 의하여 크게 영향받는다는 사실을 알 수 있다. 그리고 일반적으로 검색단계의 임계치 γ_1 이 확인단계의 임계치 γ_2 보다 큰 이유는 False Alarm 으로 인한 동기 지연 시간이 동기예 큰 영향을 미치기 때문이다.

본 논문에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 검색단계 및 확인단계의 임계치가 각각 15.7 일 경우 최적이었음을 확인하였다.

그림 4-4 와 그림 4-5는 AWGN 채널에 직렬 및 병렬 초기 동기 방식을 적용할 경우 SNR 과 정합필터의 상관적분 칩수 M 값의 변화에 따른 초기 동기시간을 나타내었다.

그림 4-4와 그림 4-5를 비교하여 볼때 병렬 초기동기방식이 동기 속도가 빠르다는 것을 알 수 있으며, 병렬 초기동기가 직렬보다 동기시간에 있어서 2dB의 이득의 증가분이 있음을 나타내어 주고있다.

그림 4-6과 그림 4-7은 페이딩 채널에서 SNR 에 대한 정합필터의 상관적분칩수 M의 변화에 따른 직 병렬 초기동기 시간을 나타내고 있다.

그림으로부터 알 수 있는 사실은 아주 낮은 SNR 즉, 페이딩이 심할 경우 M의 증가는 초기동기 시간을 증가시키는 요인이 된다. 그림 4-5를 그림 4-6, 4-7 과 주의있게 비교하여 볼때 인견할 수 있는바는 AWGN 채널에서 M의 증가는 초기 동기시간을 단축 시키는 반면에 페이딩 채널에서 M의 증가는 악영향을 끼쳐 오히려 동기시간이 길어진다는 것이다. 즉, 다시말하자면 정합필터 갯수의 증가는 곧 동기시간을 단축시킨다. 그리고 정합필터 갯수 4 ($N=4(1023/256)$,

8(1023/128), 12(1023/64)) 개 증가함에 대하여 고속 페이딩 환경하에서 5dB의 이득의 증가를 가져온다.

그림 4-8 및 그림 4-9는 고속 페이딩 채널 ($k=3$)에 대하여 M 값의 변화에 따른 직 병렬 초기 동기 시간을 나타내었으며, 그림 4-6 및 4-7의 고속 페이딩 ($k=5$) 비교하여 볼때 M의 값이 감소함에 따라 이론인한 동기시간의 단축효과 는 더욱 현격하게 나타나고 있다.

결과적으로 앞의 그림 4-3 에서 그림 4-9 까지 고찰하여 본 결과들을 표로 나타내면 표 4-2와 같다.

표 4-2. 직·병렬 초기동기 성능비교

채널	AWGN 채널			Fading 채널 (k=3)		
	직렬 동기	병렬 동기	동기 시간	직렬 동기	병렬 동기	동기 시간
M	SNR (Range)	[-15dB]	[-15dB]	[-15dB]	[-15dB]	[-15dB]
M=64 — M=128	1dB	2dB	2dB	1dB	감소	-5dB -2dB -8dB -2dB 증가
M=128 — M=256	3dB	2dB	2dB	1.5dB	감소	-6dB -3dB -8dB -2dB 증가

5. 결 론

고속 페이딩 채널에서 상관칩수의 감소 즉, 정합필터의 갯수가 증가함에 따라 초기 동기시간이 확연히 감소함을 관찰할 수 있었고, 또한 병렬 초기동기 방식을 사용할 경우 초기 동기시간은 검색단계의 임계치에 의해서는 큰 변화는 없으나, 확인단계의 검파기의 임계치는 초기 동기시간을 결정하는 중요한 요소임을 알 수 있었다. 본 논문에서 나타난 바와같이 최적 임계치는 SNR에 따라 변화함을 관찰하였고, 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 검색 및 확인단계에서 임계치는 각각 15.7 로 하였을 경우 SNR 전 범위에서 양호한 초기 동기 시간을 얻을 수 있었다.

AWGN 채널에서 정합필터의 상관칩수가 증가함에 따른 초기 동기시간은 직렬 및 병렬 초기동기 방식 모두가 고속의 동기가 이루어 짐을 확인할 수 있었다.

페이딩 채널에서는 AWGN 채널에서와는 달리 정합필터의 상관칩수의 증가는 동기시간의 증가를 초래하였다. 병렬 초기동기 방식은 페이딩 채널에서 직렬 초기동기방식보다 3dB의 이득의 증가를 가져왔다. 따라서 직접내역확산 통신방식을 페이딩이 존재하는 이동통신 채널에 적용할 경우 병렬 초기동기 방식이 직렬초기 동기방식 보다 성능이 뛰어난 것을 확인할 수 있었고 하드웨어의 문제점은 하드웨어의 기술이 발전됨에 따라 충분히 보상되리라 생각된다.

고속의 정확한 동기를 이루기 위하여 초기 동기장치의 개발과 동기추적 (Tracking) 알고리즘에 관한 연구가 계속 되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] R. L. Pickholtz, D. L. Schilling, and L. B. Milstein, "Theory of spread spectrum communications - A tutorial," IEEE Trans. Commun., vol. COM-30, pp. 855-884, May 1982.
- [2] Rodger E. Ziemer Roger L. Peterson Digital Communications and Spread Spectrum System : Macmillan Publishing Company, 1985.
- [3] George R. Cooper, Clare D. McGillem, Modern Communications And Spread Spectrum: McGraw-Hill, Inc. 1986.
- [4] G. F. Sage, "Serial synchronization of pseudonoise systems" IEEE Trans. om., Tech., vol. COM-12, pp. 123-127, Dec. 1964.
- [5] R. B. Ward, "Acquisition of pseudonoise signals by sequential estimation," IEEE Trans. on Comm. Tech. vol. COM-13, No. 4, p. 475, Dec. 1965.
- [6] YU T. SU, "Rapid Acquisition Algorithms Employing PN Matched Filters" IEEE Trans. Comm., vol. 36, no. 6, pp 724-733, June 1988

- [7] Cheng, V., "Performance of a Class of Parallel Spread Spectrum Code Acquisition Schemes in the Presence of Data Modulation," *IEEE Trans., Comm.*, Vol. 36, No. 5, May 1988.
- [8] S.S Rappaport and D.M. Greico, "Spread-Spectrum Signal Acquisition: Method and Technology," *IEEE Comm. Mag.*, vol. 22, pp 6-21, June 1984.
- [9] J.K. Holmes and C.C. Chen "Acquisition time performance of PN spread spectrum" *IEEE Trans. Com.*, vol. COM-25, pp. 778-783, Aug. 1977.
- [10] A. Polydoros and C. L. Weber, "A unified approach to serial search spread-spectrum code acquisition - Part I: General theory," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-32, pp 542-549, May 1984.
- [11] Marvin K. Simon, Jim K. Omura, Robert A. Scholtz, Barry K. Levitt, *Spread Spectrum Communications*, vol I, II, III: Computer Science Press, 1985.

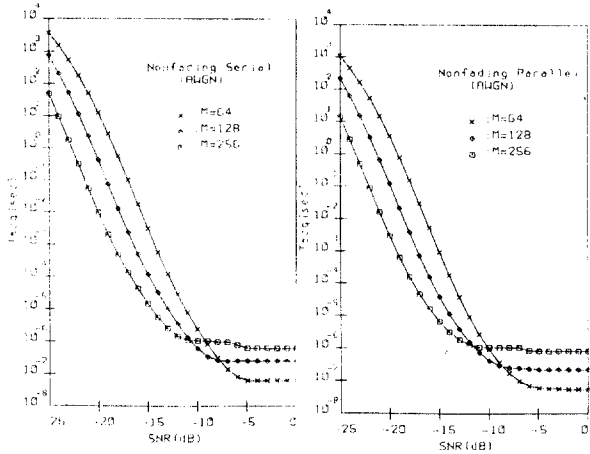


그림 4-4. AWGN 채널의 직렬 초기동기시간 (좌)
그림 4-5. AWGN 채널의 병렬 초기동기시간 (우)

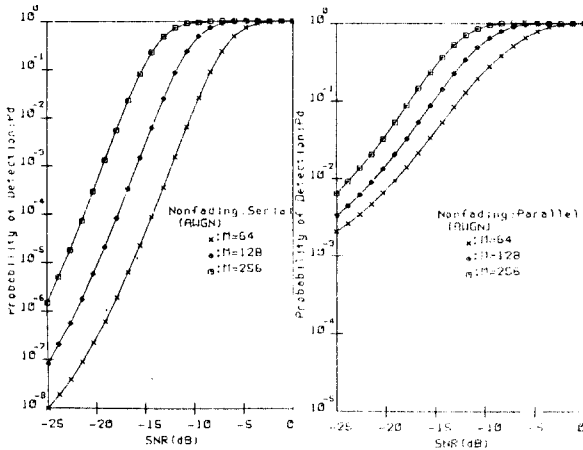


그림 4-1. AWGN 채널의 직렬 초기동기의 검파확률 (좌)
그림 4-2. AWGN 채널의 병렬 초기동기의 검파확률 (우)

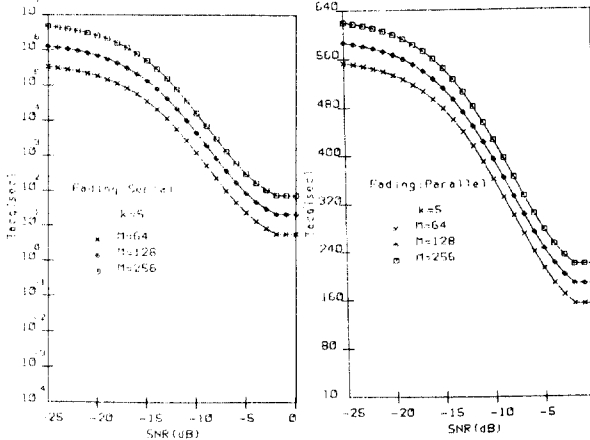


그림 4-6. 페이딩 채널(k=5)의 직렬 초기동기시간 (좌)
그림 4-7. 페이딩 채널(k=5)의 병렬 초기동기시간 (우)

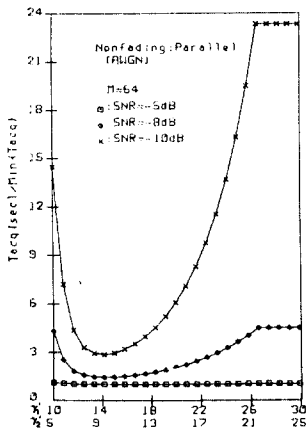


그림 4-3. SNR에 따른 임계치의 감도

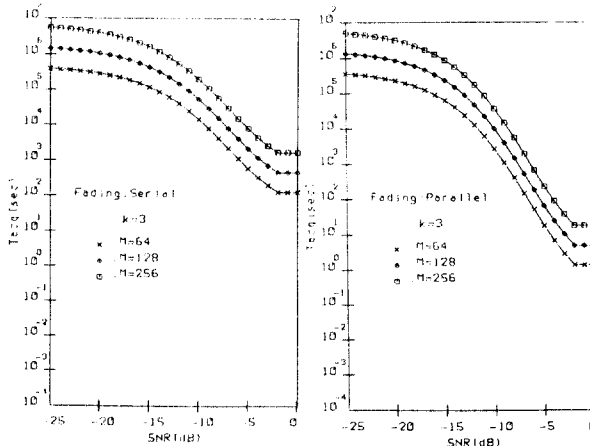


그림 4-8. 페이딩 채널(k=3)의 직렬 초기동기시간(좌)
그림 4-9. 페이딩 채널(k=3)의 병렬 초기동기시간(우)