

# Rayleigh 페이딩 채널에서 강인한 동기 획득 시스템

## Robust Code Acquisition System in Rayleigh Fading Channel

장경운\* · 김기채\*\* · 박용완\*

Kyung-Woon Jang\* · Ki-Chai Kim\*\* · Yong-Wan Park\*

### 요 약

이 논문은 Rayleigh 페이딩 채널환경에서 가산 백색 가우시안 잡음 제거 필터를 적용한 직렬 탐색 동기 획득 방식에 대한 성능을 분석하고, 임계치를 페이딩 정도에 따라 변화시킬 수 있도록 참조 필터를 추가하여 페이딩 환경에서 강인하게 동기 획득이 이루어지도록 하였다. 성능 분석을 위해 사용된 채널 모델은 JAKE 모델이며 성능 분석 결과, 제안된 동기 획득 방식이 기존의 직렬 탐색 동기 획득 방식과 수신된 신호에 대한 칩별 연속 평균을 구해 페이딩에 의한 감쇄요소를 보상하는 가산 백색 가우시안 잡음 제거 필터만을 적용한 동기 획득 방식보다 낮은 신호대잡음비에서 평균 동기 획득 시간이 줄어듦을 알 수 있었다.

### Abstract

In this paper, we perform a performance analysis of serial search acquisition scheme using AWGN rejection filter in Rayleigh fading channel and propose robust acquisition scheme using Reference filter, which is utilized to vary threshold at fading rate, in Rayleigh fading channel. AWGN rejection filter is utilized to evaluate running average for compensating channel gain. The JAKE model, which is a channel model, is used for the analysis. The simulation result shows that the mean acquisition time of the proposed acquisition system is minimized than acquisition system using AWGN rejection filter and serial-search acquisition system.

### I. 서 론

직접확산 코드분할 다중접속 방식(DS-CDMA)에서, 사용자들이 사용자 고유의 PN(Pseudonoise) 코드에 의해 구분되고 대역 확산이 이루어지므로 송신자와 수신자 사이의 코드 동기를 맞추는 것은 대역 확산 통신 방식에 의한 다원 접속을 가능하게 하며 정확한 동기는 다원 접속 통신 시스템의 효율성을 결정짓는 아주 중요한 요소이다<sup>[1],[2]</sup>. 대역 확산 전송 시스템에서의 초기 동기는 크게 동기 획득 과정과 동기 추적 과정을 통하여 이루어진다. 수신된 PN 코드와 국부 발생된 PN 코드간의 코드 위상차이를 1

칩(또는 1/2, 1/4 ...) 이내로 접근시키는 것을 동기 획득(Code Acquisition)이라 하고, 동기 획득이 이루어진 후 코드 위상 차이를 좁히고 계속 유지하는 과정을 동기 추적(Code Tracking)이라 한다<sup>[3],[4]</sup>.

동기 획득 방법은 크게 직렬 탐색, 병렬 탐색, 혼합 탐색, 순차 검출기(Sequential Detection), 순차 추정 방식(Sequential Estimation)등으로 구분할 수가 있다. 이러한 동기 획득 방법들은 높은 신호대잡음비(SNR) 구간에서 평균 동기 획득 시간이 일정하게 유지되나 신호대잡음비가 어느 한계치 이하로 되면 성능이 급격히 나빠지는 특성이 있다. 특히 순차 추정 방식은 가장 빠른 동기 획득을 수행할 수 있으나 인

\* 영남대학교 정보통신공학과(Dept. of Information & Communication Engineering, Yeungnam Univ.)

\*\* 영남대학교 전자정보공학부(Dept. of Electronics & Information, Yeungnam Univ.)

· 논문 번호 : 2000208-015

· 수정완료일자 : 2000년 4월 12일

가되는 잡음이 증가하게 되면 성능이 다른 동기 획득 시스템에 비해 급격히 저하되어 실제로 사용하는 것이 어렵다<sup>[9]-[18]</sup>. 동기 획득 방법은 탐색 방법에 따라 그 성능도 변하지만, 원하는 신호의 유무를 판단하는 임계치도 중요하다. 임계치를 너무 높게 잡으면 오보(False Alarm)에 빠질 확률은 낮아지나 퇴출(dismiss)할 확률은 커지게 되고, 너무 낮게 잡으면 오보에 빠질 확률이 높아지나 퇴출할 확률은 작아진다. 그러므로 최적의 임계치를 구하는 것이 무엇보다도 중요하다. 일반적으로 임계치는 참조 필터(Reference filter) 혹은 채널 추정기를 통해 많은 실험을 거쳐 최적의 임계치를 정한다<sup>[9],[10]</sup>.

이 논문에서는 기존의 가산 백색 가우시안 잡음 제거 필터를 적용한 동기 획득 방식을 Rayleigh 페이딩 채널 환경에서 분석하고, 이러한 동기 획득 방식에 참조필터를 추가하여 페이딩 정도에 따라 임계치를 변화시킬 수 있도록 하여 페이딩 환경에서 빠른 동기 획득이 이루어지도록 하였다. 2장에서는 수신 신호, PN 코드의 주기성에 대한 모델링을 하였고, 3장에서는 제안한 동기 획득 시스템에 대해 설명하고, 4장에서는 모의 실험을 통해 제안한 동기 획득 시스템의 성능을 비교 분석한다. 성능 분석을 위해 JAKE 모델을 사용하였고 도플러 주파수에 따르는 성능 비교 분석을 하였다.

## II. 시스템 모델

무선 통신 환경에서는 다중경로가 존재하고 채널 상황이 시간에 따라 변화하게 되므로 송신신호를 시변 다중경로 채널을 통과시키면 시간 퍼짐(time spread)과 시변(time variance) 현상이 나타나는데, 송신신호의 크기와 위상이 변화하게 된다<sup>[11]</sup>. 이 논문에서 적용한 Rayleigh 페이딩 채널은 JAKE에 의해 제안된 여러 개의 정현파 신호를 더하는 방법으로 정현파의 개수가 충분히 크면 가우시안 랜덤과정에 근사한 신호를 얻을 수 있다<sup>[12]</sup>.

### 2-1 수신 신호

일반적으로 Rayleigh 페이딩 채널에서 수신된 신호  $r(t)$ 는 다음과 같다.

$$r(t) = \sqrt{2S}g(t+kT_c)\{i(t)\cos(\omega_0 t) + j(t)\sin(\omega_0 t)\} + n(t) \quad (1)$$

여기서,  $S$ 는 수신된 신호전력,  $g(t)$ 는 PN 코드,  $\omega_0$ 는 반송파 주파수,  $k$ 는 찾자 하는 부호 위상,  $n(t)$ 는 가산 백색 가우시안 잡음 성분이고  $i(t)$ 와  $j(t)$ 는 페이딩 성분으로 평균이 0이고 분산이  $\sigma^2$ 인 가우시안 랜덤과정이다.

실제 동기 획득 과정에서는 신호가 확산되어 있으므로 신호대잡음비가 낮아 반송파의 동기를 이루기 어렵기 때문에 동기(coherent) 복조는 일반적으로 고려되지 않지만, 분석을 쉽게 하기 위해서 수신된 신호의 반송파의 위상을 안다고 가정한 동기 복조를 고려한다.

수신된 신호  $r(t)$ 는 국부 발진기를 통해 동기 복조가 되어 저역 통과 필터(LPF)를 거치게 되면 기저 대역 신호  $\hat{r}(t)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\hat{r}(t) = \sqrt{\frac{S}{2}}g(t+kT_c)\alpha(t) + n_o(t) \quad (2)$$

여기서,  $n_o(t)$ 는 저역통과한 정규 잡음이다. 기저 대역 신호  $\hat{r}(t)$ 는 페이딩에 의한 감쇄요소  $\alpha(t)$ 에 따라 수신 신호전력이 변하여 신호대잡음비의 변화를 주므로 정확한 동기 획득이 이루어지지 못한다. 따라서, 페이딩에 의한 감쇄요소  $\alpha(t)$ 를 보상해줄 수 있는 채널 보상기와 페이딩 채널환경에서 정확한 동기 획득을 위한 방안이 필요하다.

### 2-2 PN 코드의 주기성

파일럿 채널(pilot channel)이 존재하는 직접확산 코드분할 다중접속 방식에서 PN 코드가 주기적으로 반복된다. 이때 송신기에서 정확한 타이밍에 따라 신호가 만들어진다면 수신된 신호  $r(t)$ 는 PN 코드의 반복주기  $N$ 에 또는 프레임에 따라 반복된다.

따라서 기저대역 신호  $\hat{r}(t)$ 를  $i$ 번째 이후로 PN 코드의 반복주기  $N$ 번째마다 신호를  $M$ 번 표본화하여 평균을 낸 것을  $\hat{r}_{i,M}(t)$ 라 하면 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다<sup>[13]</sup>.

$$\hat{r}_{i,M}(t) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \hat{r}_{i+(m-1) \times N}(t)$$

$$= \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sqrt{\frac{S}{2}} g_{i,m}(t) \alpha_{i,m}(t) + \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M n_{0i,m}(t) \quad (3)$$

여기서,  $n_{0i,m}(t)$ 은 평균이 0인 넓은 뜻에서 정상인(WSS) 가산 백색 가우시안 잡음이므로  $n_{0i,m}(t)$ 를 무한한 시간 동안의 평균을 구하면 중앙값 정리(central limit theorem)에 의해 0으로 수렴하므로  $n_{0i,m}(t)$ 의 평균은 아래와 같이  $\hat{n}_{0i,m}(t)$ 로 나타낼 수 있다.

$$\hat{n}_{0i,m}(t) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M n_{0i,m}(t) \cong 0 \quad (4)$$

그러므로 식 (3)은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\hat{r}_{i,M}(t) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sqrt{\frac{S}{2}} g_{i,m}(t) \alpha_{i,m}(t) \quad (5)$$

식 (5)와 같이, 어떤 주기 신호의 주기에 해당되는 시간마다 표본화하여 평균을 구하면 가산 백색 가우시안 잡음 성분은 사라지고 원래 신호의 평균값과 Rayleigh 페이딩에 의한 감쇄요소의 평균값만 남게 됨을 알 수 있다.

### III. 시스템 적용

#### 3-1 제안한 동기 획득 시스템

그림 1은 제안된 동기 획득 시스템이다. 검출용(Detecting) 정합필터 앞에 가산 백색 가우시안 잡음

제거 필터를 두어 수신 신호의 가산 백색 가우시안 잡음 성분을 제거 및 페이딩에 의한 감쇄요소를 보상하게 되며 아래 단에 참조필터를 두어 페이딩 정도에 따라 임계치를 가변 시키기 위한 구조이다.

가산 백색 가우시안 잡음 제거 필터를 이용하면 식 (5)과 같이 가산 백색 가우시안 잡음은 제거되고 확산 신호와 페이딩에 의한 감쇄요소의 평균값이 남게 된다. 따라서, 가산 백색 가우시안 잡음 제거 필터에서 출력된 신호는 수신된 신호의 칩별 연속 평균에 의한 신호이므로 페이딩 채널환경에서 채널 보상기 역할을 하게 된다.

일반적으로 동기 획득시에 평균 동기 획득 시간을 증가시키는 가장 큰 요인으로는 확산신호의 신호대잡음비가 떨어져 오보와 퇴출에 의한 시간 손실이 기인된다. 오보가 발생하여 탐색과정에서 검증 과정이나 동기 추적 과정으로 전환된 뒤 다시 탐색 과정으로 전환하기 위해서 탐색 과정에 비해 긴 시간이 필요로 하게 되며, 퇴출이 발생할 경우에는 전체 탐색 구간을 처음부터 다시 검색해야 하므로 시간 손실이 있다. 그러므로 페이딩 정도에 따라 임계치가 변화하도록 하는 것이 페이딩 채널 환경처럼 수신신호의 신호대잡음비의 변화가 심할 경우에는 가변 임계치 방법이 고정 임계치 방법보다 우수하다<sup>[14],[15]</sup>. 따라서 페이딩 환경에서 수신되는 신호의 신호대잡음비가 페이딩의 정도에 따라 변하게 되므로 가산 백색 가우시안 잡음 제거 필터를 적용한 동기 획득 시스템에 고정 임계치 방법보다는 가변 임계치 방법이 더 효과적이다.

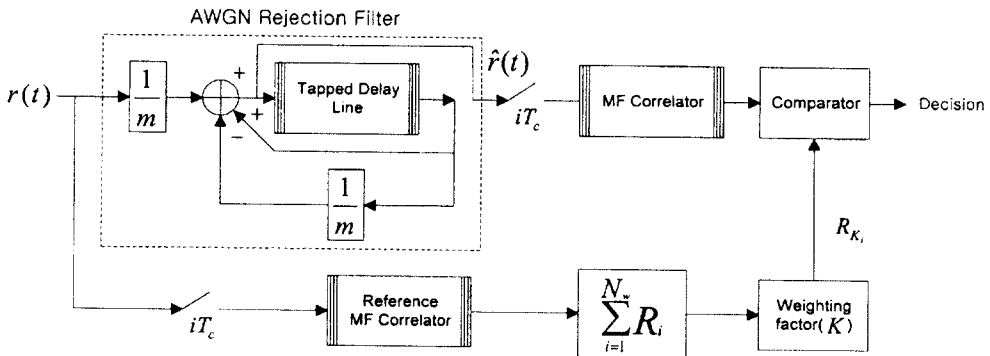


그림 1. 제안된 동기 획득 시스템  
Fig. 1. The proposed code acquisition system.

### 3-2 참조필터를 이용한 가변 임계치 방법

제안된 동기 획득 시스템은 페이딩 정도에 따라 임계치를 변화시키기 위해 참조필터를 적용한다. 그림 1에서 가변 임계치  $R_{K_i}$ 는 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_{K_i} = K \sum_{i=1}^{N_w} R_i \quad (6)$$

여기서,  $N_w$ 는 동기 획득 시스템의 적분 구간(dwel time)과 일치하는 칩들의 수를 나타내고  $R_i$ 는 참조필터의 출력이 수신된 PN 코드와 국부 발생된 PN 코드의 상호 상관(cross correlation)이 0이라고 가정할 때 즉, 두 PN 코드가 직교(orthogonal)하다고 가정할 때 참조필터의 출력이다. 무게지수  $K$ 는 중요한 디자인 파라메타로 구성되는 정수로서 오보 확률과 관계가 있다. 일반적으로  $K \geq 1$ 이라고 알려져 있으며  $K$ 값을 증가시켜 참조필터를 사용한 시스템에 적용한 실험을 통해 최적의 값을 찾아야 한다. 그리고 임계치는 참조필터의 출력에 무게 지수와 곱해져서 변화하게 된다<sup>[15]</sup>. 따라서, 식 (6)과 같이 페이딩 정도에 따라 임계치가 가변되어 낮은 신호대잡음비에서 불필요한 오보에 빠질 확률이 낮아짐으로 평균 동기 획득 시간을 줄일 수 있게 된다.

### 3-3 평균 동기 획득 시간

수신된 PN 코드와 국부 발생된 PN 코드간의 동기가 이루어졌는지 테스트하기 위하여 두 가지 가설(hypothesis)을 정한다. 두 코드 열간의 코드 위상이 일치하지 않을 경우를  $H_0$ 라 두고 두 코드 열간의 코드 위상이 일치할 경우를  $H_1$ 으로 둔다. 상관기 출력을  $h(x)$ 라 할 때, 동기의 여부를 결정하기 위한 검사 변수(test statics)  $\lambda$ 는 아래와 같이 표현한다.

$$\lambda = \int_0^{N_c T_c} h(x) = \sum_{i=1}^{N_w} h(x_i) \quad (7)$$

$\lambda$ 가 검출 임계치보다 크면  $H_1$ 이 발생되고 작으면  $H_0$ 이 발생된다. 그리고 오보 확률( $H_0$ 일 때  $H_1$ 이 발생하는 경우)은  $\alpha$ 로, 검출(detection) 확률을  $\beta$ 라 할 때 퇴출 확률( $H_1$ 일 때  $H_0$ 이 발생하는 경우)은

$1 - \beta$ 로 나타낸다.

평균 동기 획득 시간을 구하기 위하여 두 코드간의 초기 위상 오프셋은  $T_c$ 의 정수배로 두며 전체 주기  $N$ 에 해당되는 0에서  $N-1$ 까지 균일하게 분포되었다고 가정한다. 오보가 발생하여 코드 추적 과정으로 전환되었다가 동기 획득 과정으로 되돌아 오기 위한 제환 시간(penalty time)을 적분 구간에 따라 표현하면  $qN_w$ 로 되고, 이때  $q$ 는 적분 구간과 제환 시간의 비를 의미한다. PN 코드 발생기에서 코드 위상을 변화시킬 때 지연이 없다고 가정하면, 능동 상관기를 사용한 동기 획득 시간  $\bar{T}_{acq, act}$ 은 식 (8)과 같이 주어진다<sup>[16]</sup>.

$$\begin{aligned} \bar{T}_{acq, act} = & \left[ \frac{N}{2\Delta} + \frac{\alpha q}{(1-\alpha)^2} \right] M T_c \\ & + \frac{1-\beta}{\beta} \left[ \frac{N}{\Delta} + \frac{\alpha q}{(1-\alpha)^2} \right] M T_c \end{aligned} \quad (8)$$

능동 상관기 대신에 정합 필터를 사용할 경우에는 한 칩 간격으로 동기 획득 여부를 판단하게 되므로 정합 필터의 지연 탭의 길이를 능동 상관기를 이용한 동기 획득 시스템의 적분 구간과 동일한  $N_w$ 로 두고, 정합 필터에 의한 자기 잡음(self noise) 등의 외란을 모두 무시한다면 정합 필터를 사용한 동기 획득 시간  $\bar{T}_{acq, pas}$ 은 간략하게 식 (9)와 같이 표현할 수 있다.

$$\bar{T}_{acq, pas} = \frac{1}{N_w} \bar{T}_{acq, act} \quad (9)$$

## IV. 모의 실험

이 장에서는 가산 백색 가우시안 잡음 제거 필터와 참조필터를 혼합한 동기 획득 시스템의 성능을 Rayleigh 페이딩 채널에 대하여 모의 실험을 통해 해석하였다. 동기 획득 시스템을 위한 모의 실험의 주요 매개변수는 아래와 같다.

- 1) PN 코드 길이 :  $L=1023$
- 2) 생성 다항식 :  $x^{10} + x^3 + 1$
- 3) 탐색 스텝 크기 :  $\Delta = 1$
- 4) 탐색 모드 : 256칩 길이의 지연 탭을 가지는 정합 필터
- 5) 확인 모드 : 2046칩 길이의 적분 구간을 가지

는 능동 상관기

- 6) 오보로 인한 탐색 모드로의 전환 시간 :  $25000 T_c$
- 7) 반송파 주파수 : 900 MHz
- 8) 도플러 주파수 ( $f_D$ ) : 25 Hz, 50 Hz, 75 Hz

평균 동기 획득 시간을 구하기 위하여 수신되는 확산 신호의 전파지연은 균일한 분포를 가진다고 가정하여 발생시키며 평균 동기 획득 시간은  $LT_c$ 로 정규화 하여  $E[T_{Acq}]/LT_c$ 로 나타내므로 단위를 필요로 하지 않는다.

그림 2는 식 (1)과 같이 잡음이 첨가된 확산 신호를 가산 백색 가우시안 잡음제거 필터로 필터링 할 때 그 반복 회수에 따른 확산 신호의  $E_c/N_0$ 의 변화를 보여주고 있다. 이때,  $E_c/N_0$ 는 확산 신호의 한 주기에 포함되는 칩들의  $E_c/N_0$ 의 평균을 의미하며 초기  $E_c/N_0$ 가 -15 dB와 -25 dB일 때를 고려한다. 필터의 반복 회수가 5회일 때는  $E_c/N_0$ 가 약 7.5 dB 개선되었고, 10회일 경우  $E_c/N_0$ 가 약 10 dB 개선되며 40회일 경우 약 15 dB 개선됨을 알 수 있다. 식 (2)~(5)와 같이 PN 코드의 주기성을 이용하여 필터의 반복 회수가 많지 않더라도 상당한  $E_c/N_0$ 의 개선 효과를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 그림 3은 그림 2의 결과를 바탕으로 Rayleigh 페이딩 채널 환경에서 가산 백색 가우시안 잡음 제거 필터

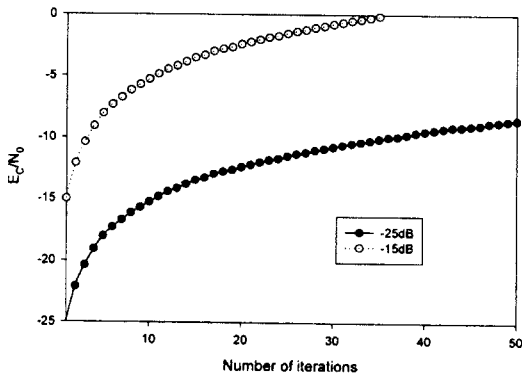


그림 2. 가산 백색 가우시안 잡음 제거 필터의 반복 회수에 따른 PN 코드의  $E_c/N_0$ 의 변화  
Fig. 2. Variation of  $E_c/N_0$  of PN code according to a number of iteration of AWGN rejection filter.

를 직렬 탐색 구조에 적용했을 경우로, 무한한 시간 동안의 수신된 신호의 평균을 구하는 것이 불가능하므로 필터에서 칩 개별의 연속 평균을 구하기 위한 반복 회수(5, 10, 20, 30, 50회)에 제한을 둘 경우와 두지 않을 경우 그리고 기존 직렬 탐색 방식의 평균 동기 획득 시간을 보여주고 있다. 가산 백색 가우시안 잡음 제거 필터의 반복 회수가 5회로 제한되었을 경우에 약 -12 dB에서부터 평균 동기 획득 시간이 급격히 증가되나 기존의 동기 획득 시스템보다는 많이 개선됨을 알 수가 있으며 필터의 최대 반복 회수가 커질수록 낮은  $E_c/N_0$ 에서 평균 동기 획득 시간이 확연히 줄어들음을 알 수가 있는데, 이는 그림 3에서 보여주듯이 필터가 몇 번만 반복되더라도 잡음 성분이 감소되는 칩들의 수가 증가하게 되어 오보나 퇴출이 일어날 확률이 낮아지기 때문이다. 만약 동기 획득 도중 퇴출이 일어나게 되면 PN 코드의 길이 만큼의 시간을 더 소비해야 하며 오보가 일어날 경우 전환 시간만큼 동기 획득 시간의 손해를 보게 되므로 오보나 퇴출이 일어나게 되면 동기 획득 시간은 급격히 증가하게 된다. 이러한 이유 때문에 기존의 동기 획득에서는 일정한 잡음 레벨 이하에서 평균 동기 획득 시간이 급격히 증가하게 되나 제안된 동기 획득 방식에서는 신호의 개선이 계속 진행되므로 설령 퇴출이 일어났더라도 두 번째 퇴출이 일어날 수 있는 확률이 줄어들기 때문에 평균 동기

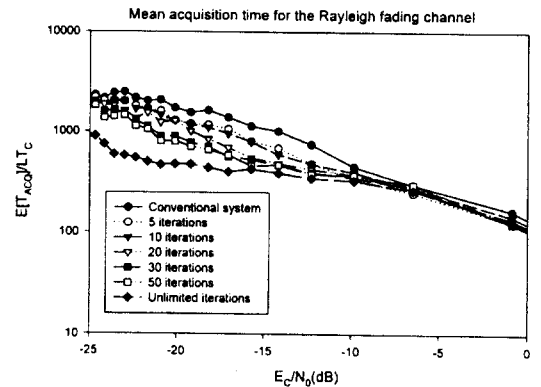


그림 3. 가산 백색 가우시안 잡음 제거 필터를 적용한 직렬 탐색 구조에서 평균 동기 획득 시간의 비교  
Fig. 3. Mean acquisition time in serial code acquisition with AWGN rejection filter.

획득 시간의 급격한 증가를 보이지 않는다.

그림 4는 여러 신호대잡음비의 변화에 따른 무게 지수  $K$ 와 평균동기 획득시간과의 비이다. 식 (6)에 언급된 무게지수  $K$ 를 동일한 페이딩 채널환경 ( $f_D=25$  Hz)에서 실험적으로  $K$ 를 변화시켜 평균 동기 획득 시간을 최소화하기 위한 최적의 값을 찾아야만 한다. 실험을 통해  $K$ 가 45일 경우에 제안된 동기 획득 시스템에 적용하면 평균 동기 획득 시간이 최소가 됨을 알 수 있었다.

그림 5는 그림 4의 결과를 바탕으로 Rayleigh 페이딩 채널 환경하에서 참조필터를 사용한 가변 임계치 방법과 참조필터를 사용하지 않은 고정 임계치 방법과의 평균 동기 획득 시간의 비교이다. 도플러 주파수가 25 Hz인 경우에는 고정 임계치 방법과 가변 임계치 방법의 평균 동기 획득 시간이 거의 같게 나오지만 도플러 주파수 50 Hz, 75 Hz 일 때 즉, 페이딩 정도가 심할 경우에 참조필터를 사용한 가변 임계치 방법이 낮은 신호대잡음비에서 평균 동기 획득 시간이 향상됨을 알 수 있다. 결국 식 (6)과 같이 참조필터를 통해 페이딩 정도에 따라 최적의 임계치를 결정함으로써 페이딩 환경에서 강한 동기획득이 이루어지도록 한 것이다.

그림 6은 제안된 동기 획득 시스템과 가산 백색 가우시안 잡음 제거 필터만을 적용한 동기 획득 시스템과의 성능 비교이다. 도플러 주파수가 25 Hz인 경우에는 제안된 동기 획득 시스템과 가산 백색 가

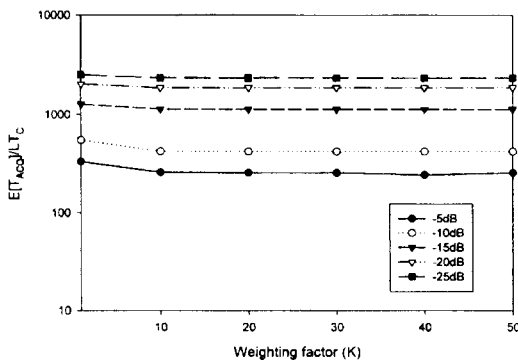


그림 4. 여러 신호대잡음비에 따른 평균 동기 획득 시간과 무게 지수(K)와의 비교  
Fig. 4. Mean acquisition time versus weighting factor(K) for various values of SNR.

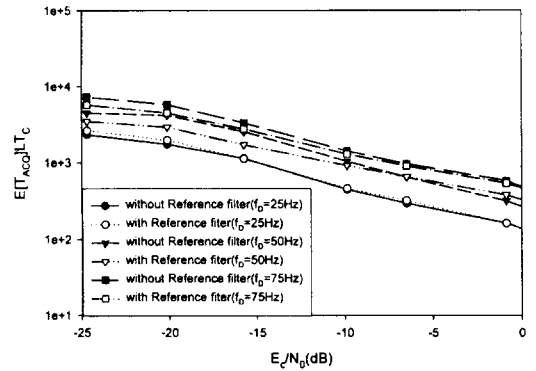


그림 5. Rayleigh 페이딩 채널에서 참조유무에 따른 평균 동기 획득 시간  
Fig. 5. Mean acquisition time with/without Reference filter in Rayleigh fading channel.

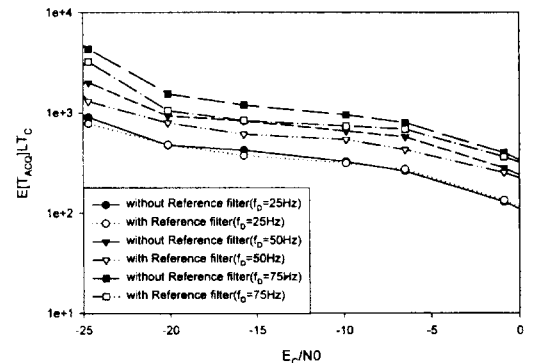


그림 6. AWGN 제거 필터 적용시 참조필터 유무에 따른 평균 동기 획득 시간  
Fig. 6. Mean acquisition time with/without Reference filter using AWGN rejection filter.

우시안 잡음 제거 필터만을 적용한 동기 획득 시스템의 평균 동기 획득 시간이 거의 같게 나오지만 도플러 주파수 50 Hz, 75 Hz 일 때 제안된 동기 획득 시스템이 낮은 신호대 잡음비에서 평균 동기 획득 시간이 향상됨을 알 수 있다. 따라서, 그림 5, 6과 같이 빠른 페이딩 환경에서 기존의 직렬 탐색 방법에 비해 가산 백색 가우시안 잡음 제거 필터를 사용한 동기 획득 시스템도 우수한 성능을 보이거나 제안된 동기 획득 시스템에 비해서는 성능이 낮음을 알 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서 제안한 동기 획득 시스템은 Rayleigh 페이딩 채널에서 수신 신호의 채널 보상을 위해 가산 백색 가우시안 잡음 제거 필터를 사용하고 페이딩 정도에 따라 임계치를 가변시키기 위한 참조필터를 사용하여 낮은 신호대잡음비에서 강인한 동기 획득이 이루어지도록 하였다. 가산 백색 가우시안 잡음 제거 필터는 대역 확산에 사용되는 PN 코드가 주기적으로 반복되어 사용되는 점과 가산 백색 가우시안 잡음의 평균이 0이라는 점을 이용하여 수신 신호를 보상하게 된다. 가산 백색 가우시안 잡음 제거 필터는 페이딩 채널 환경에서도 기존 직렬 탐색 방법에 비해 성능향상을 보였지만 빠른 페이딩이 일어날 경우 페이딩 성분에 의해 성능이 크게 열화된다. 그래서 빠른 페이딩 환경에 대체할 수 있도록 참조필터를 추가하여 페이딩 정도에 따라 임계치를 가변시키는 방법을 사용하였다. 성능 분석을 위한 채널 모델은 Rayleigh 페이딩 채널 모델인 JAKE 모델을 이용하였다. 실험 결과에서 알 수 있듯이, Rayleigh 페이딩 채널에서 제안된 동기 획득 시스템이 기존의 가산 백색 가우시안 잡음 제거 필터만 사용한 시스템에 비해 페이딩 정도에 따라 낮은 신호대잡음비에서 평균 동기 획득 시간이 줄어들음을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- [1] K. S. Gilhousen, I. M. Jacobs, R. Padovani, A. J. Viterbi. *et al.*, "On the Capacity of a Cellular CDMA System," *IEEE Trans Vehic. Technol.*, vol. 40, no. 2, pp. 303-312, May, 1991.
- [2] R. E. Ziemer and R. L. Peterson, *Digital Communications and Spread Spectrum Systems*. New York: Macmillan, 1985.
- [3] A. polydoros and C. L. Weber, "A unified approach to serial spread-spectrum code acquisition-part I: General Theory," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-32, no. 5, pp. 542-549, May, 1984.
- [4] A. Polydoros and C. L. Weber, "A unified approach to serial search spread-spectrum code acquisition-Part: 2 A Matched Filter Receiver," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-32, no. 5, pp. 550-560, May, 1984.
- [5] Simon, Omura, Scholtz, and Levitt, *Spread Spectrum Communications Handbook*, McGraw-Hill, 1994.
- [6] J. K. Holmes and C. C. Chen, "Acquisition time performance of PN spread spectrum systems", *IEEE Trans, Commun.*, COM-25, pp. 778-783, August, 1977.
- [7] M. Pandit, "Mean acquisition time of active- and passive-correlation acquisition systems for spread spectrum communication systems," *Proc. IEEE*, vol. 128, Part F, no. 4, pp. 211- 214, August, 1981.
- [8] R. B. Ward, "Acquisition of Pseudonoise signals by sequential estimation," *IEEE Trans. Commun.*, COM - 13, pp. 475-486, December, 1965.
- [9] G. E. Corazza, "On the MAX/TC criterion for code acquisition and application to DS-SSMA systems," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 44, no. 9, pp. 1173-1182, Sep., 1996.
- [10] W. A. Krzymien, A. Jalali and P. Mermelstein, "Rapid acquisition algorithms synchronization of bursty transmission in CDMA microcellular and personal wireless systems," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 10, no. 3, pp. 570-579, May, 1984.
- [11] J. G. Proakis, *Digital Communication*, McGraw-Hill, 1989.
- [12] W. C. Jakes, *Microwave Mobile Communication*, New York: Wiley, 1974.
- [13] T. H. Kim, K. W. Jang and Y. W. Park, "Code Acquisition in DS/SS System using Periodic Property of PN Code," *IEEE Vehicular Technology Conference*, May, 2000
- [14] E. Sourour and S. C. Gupta, "Direct-sequence spread spectrum parallel acquisition in a fading mobile channel," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-38, pp. 992-998, July, 1990.
- [15] B. B. Ibrahim and A. H. Aghvami, "Direct sequence spread spectrum matched filter acquisition

in frequency-selective Rayleigh fading channels," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 12, no. 5 pp. 885-890. Jun., 1994.

[16] Y. H. Lee and S. Tantaratana, "Sequential

Acquisition of PN Sequences for DS/SS Communications: Design and Performance," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 10, no. 4, pp. 750-759, May, 1992.

장 경 운



1998년 2월: 경일대학교 전자공학과 (공학사)  
 2000년 2월~ 영남대학교 정보통신공학과 (공학석사)  
 2000년 4월~현재: 오사카 시립대학교 박사과정  
 [주 관심분야] 통신신호처리, 이동

통신 시스템 등

김 기 채



1984년: 영남대학교 전자공학과(공학사)  
 1986년: Keio Univ. 전기공학과(공학석사)  
 1989년: Keio Univ. 전기공학과(공학박사)

1989년 4월~1993년 3월: 한국표준과학연구원 전자과연구실 선임연구원

1993년 4월~1995년 8월: 일본 후쿠오카공업대학 정보공학과 조교수

1995년 9월~현재: 영남대학교 전기전자공학부 부교수, 한국전자과학회 평의원, 일본 IEICE Yong Engineer Award(1998), 일본 전기학회 논문 발표상 수상(1994)

[주 관심분야] EMI/EMC 안테나 및 측정시설, 소형 안테나 및 전자파 응용

박 용 완



1982년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)

1984년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)

1989년 2월: 뉴욕주립대 Buffalo 대학 전자공학과 (공학박사)

1989년 2월~1993년 12월: 캘리포니아 공과대학(Caltech) Research Fellow

1994년 1월~1996년 8월: SK Telecom 중앙연구원 기술연구팀장

1996년 9월~현재: 영남대학교 정보통신공학과 조교수  
 [주 관심분야] 통신신호처리, 이동통신 시스템 등