

# GAS-CP-CDMA 동기 포착 방법 연구

정희원 이 성 민\*, 김 영 제\*\*, 종신회원 김 환 우\*\*\*\*°

## Study on Acquisition Method for GAS-CP-CDMA (Cyclic-Prefix Code Division Multiple Access using Good-Autocorrelation-Sequence)

Seong-Min Lee\*, Young-Je Kim\*\* *Regular Members*, Whan-Woo Kim\*\*\*\*° *Lifelong Member*

### 요 약

본 논문에서는 Cyclic-Prefix CDMA using Good-Autocorrelation-Sequence(GAS-CP-CDMA) 시스템의 초기동기 포착방법이 제안되었다. GAS-CP-CDMA 시스템에 사용할 수 있는 자기상관특성이 우수한 시퀀스는 m-시퀀스와 CAZAC 시퀀스가 있다. 비록 GAS-CP-CDMA 시스템이 이동통신 시스템의 상향링크에 적용되어 자신의 셀의 다중사용자 및 다중경로에 의한 간섭신호를 원천적으로 상쇄하여 기존 CDMA 이동통신 시스템에 비해 약 2배의 용량을 갖도록 제안된 시스템이지만, 통신을 시도하는 시점에서 초기동기를 신뢰성 있게 획득하는 것은 중요한 과제이다. 본 논문에서 비동기식 수신 전력 검출값과 임계값이 초기동기를 판단하기 위한 기준으로 사용되었다. 모의실험에 사용한 GAS-CP-CDMA 시스템용 시퀀스는 CAZAC 시퀀스를 사용하였다. 모의실험 결과 최적의 동작을 위한 적정 임계값은 주로 사용자 수에 의해 결정되는 것을 알 수 있었다. 본 모의실험의 결과를 통해 GAS-CP-CDMA 시스템 구축에 필수적인 동기포착 구현이 가능함과 적정 임계값을 설정하는 방안이 도출되었다.

**Key Words** : Acquisition, Constant Amplitude Zero Autocorrelation Code, GAS-CP-CDMA

### ABSTRACT

In this paper, we propose the acquisition method of the Cyclic-Prefix CDMA using Good-Autocorrelation-Sequence (GAS-CP-CDMA) system. The sequences for GAS-CP-CDMA are m-sequence and constant amplitude zero autocorrelation code (CAZAC) with good autocorrelation property. The GAS-CP-CDMA system is proposed for interference cancellation in multi-user and -path environment in co-cell. However, the reliable initial acquisition in multi-path fading channel and multi-user system environment is crucial. In this paper, non-coherent power detector and threshold value are used for discriminating signal acquisition. The sequence used for computer simulation is CAZAC. The simulation results show proper threshold value depends on the number of users. Through the computer simulation, we draw setting up method of the optimum threshold value for the GAS-CP-CDMA system.

### I. 서 론

최근 확산 통신 시스템은 코드분할다중접속(CDMA)

을 비롯한 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다. 확산 통신 시스템은 자기 상관관계(autocorrelation)가 큰 코드를 이용하여 동기를 포착하거나 채널을

\* 국방과학연구소 선임연구원(sunrise@add.re.kr), \*\* 충남대학교 전자공학과(satisfyou@cnu.ac.kr)

\*\*\* 충남대학교 전기정보통신공학부 교수(wwkim@cnu.ac.kr) (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2008-08-374, 접수일자 : 2008년 8월 28일 최종논문접수일자 : 2008년 10월 7일

추정하는데 사용하고 있다. 동기 과정은 타이밍 획득, 주파수 및 각 오프셋 보정 등이 필요한데, 이 중 수신 동기는 가장 먼저 획득해야 하는 중요한 동기 과정 중 하나이다. 상관기를 이용한 초기 동기 알고리즘은 다양하게 제안되었다<sup>[1-3]</sup>.

가장 일반적으로 사용하는 CFAR (constant false alarm rate) 수신기는 수신 전력을 평균하거나, 상관기의 출력 값을 평균하여 그 값을 비교기에 적용하는 방식이 주로 사용되었다<sup>[2-3]</sup>.

기존의 Cyclic-Prefix CDMA 통신방식은 이동통신시스템에서 하향링크에 적용하여 이동단말의 수신기 복잡도를 낮추고자 제안되었다<sup>[4]</sup>. 이 CP-CDMA 방식이 SC-FDE(Single Carrier Frequency Domain Equalizer) 시스템에서 IBI(Inter Block Interference)를 상쇄할 수 있음이 확인된 후, 이 방식은 다중 사용자 검출을 쉽게 하여 시스템 용량을 늘리기 위해 상향링크에 적용되었다.

제안된 CP-CDMA를 다시 개선한 좋은 자기상관 특성의 시퀀스를 사용한 순환 확장 코드분할 다중접속 (GAS-CP-CDMA) 시스템은 다중 사용자 검출 기술을 사용하지 않고, 사용자 간 간섭이 상쇄되도록 설계된 시스템이다. GAS-CP-CDMA 시스템의 확산코드는 보호구간 열이 추가된 코드를 사용한다. 이 경우 다중경로에 의해 수신되는 지연 확산(delay spread)으로 인한 CDMA 무선 신호 사이의 간섭을 감소시킬 수 있다<sup>[5]</sup>. GAS-CP-CDMA 시스템의 확산코드로는 자기상관 특성이 우수한 m-시퀀스와 CAZAC 시퀀스를 고려하였고, 이 CDMA 시스템에 대한 상향링크의 허용 용량은 인접 셀에서의 간섭을 고려할 때 기존 CDMA 시스템에 비해 약 2배의 성능을 갖는다<sup>[6]</sup>. 그러나 GAS-CP-CDMA 시스템이 자기상관 특성이 좋은 시퀀스를 사용함에 따라 사용자 수를 늘리면 예기치 않게 시퀀스 초기동기 포착에 어려움이 있을 수 있다. 또한 다중경로에 따른 지연 확산이 있는 경우 지연된 신호가 다른 사용자 신호와 예기치 않은 상관특성이 생길 수도 있다. 다른 시스템과 마찬가지로 GAS-CP-CDMA 시스템에서도 초기동기 포착은 필수적이다.

일반적으로 상관기를 이용하는 수신기는 상관관계 값을 찾아 일정한 임계치가 넘어가는 값을 찾아주는데 이 임계치를 결정하는 방법은 오경보 확률(false alarm probability)과 수신 확률(detection probability)이다. 상관기를 이용한 수신기는 그 구조에 따라 임계치 결정을 위한 알고리

즘을 사용한다. 직접 확산 통신 시스템에서 적응 동기 포착 방식은 배경 잡음의 환경 혹은 간섭이 존재하는 환경에서 주로 다루어졌다.

다중경로 다중접속 시스템에서 시퀀스의 동기를 맞춰주는 것은 굉장히 중요한 과정이다. 다중경로에 의한 채널의 영향과 사용자의 수가 늘어나게 되면 CDMA 시스템에서는 간섭 잡음이 증가하게 되어 초기 동기 포착 성능에 영향을 줄 수 있다. 본 논문에서 각 사용자의 신호 간 심벌 타이밍은 일치한다고 가정하였다. 이에 따라 다중경로에 의한 간섭과 다중접속으로 인한 오경보 확률 성능의 열화를 방지하기 위한 방법으로 상관기 출력으로 나오는 결과를 윈도우와 선택기를 이용하여 심벌 주기를 벗어난 시점에서 오경보 확률을 줄이는 방법을 제안하였고, 이를 기준으로 임계값을 정하여 상관관계 값과 그 결과를 비교하였다. 이 수신기의 오경보 확률과 신호 포착실패 확률을 컴퓨터 모의실험을 이용하여 성능을 확인하였다.

본 논문의 II장에서 GAS-CP-CDMA 시스템과 확산 코드에 관하여 살펴보았고, III장에서는 동기 회로에 관하여 살펴보았다. IV장에서는 오경보 확률과 신호 포착실패 확률(miss detection probability)을 컴퓨터 모의실험을 통하여 분석하였고, V장에 결론을 기술하였다.

## II. GAS-CP-CDMA 송수신기 구조 및 확산코드

GAS-CP-CDMA 시스템은 OFDM과 유사한 심벌 단위의 순환확장 개념을 사용하여 이동통신시스템의 상향링크에 적용하여 동일 셀 내의 다른 사용자 간섭신호와 지연확산 신호를 원천적으로 상쇄하여 시스템의 성능과 용량을 현저히 향상시키고 시스템 구성을 단순화하도록 제안된 시스템이다.

기존 CDMA 또는 CP-CDMA 시스템에서 용량을 증대하기 위해 사용하는 다중 사용자 신호 검출회로를 사용한다. 기존 CP-CDMA 시스템은 블록 단위로 전송하는 개념을 사용하며 매 블록의 앞쪽에 순환확장을 추가하여 블록 간 간섭(Inter-block Interference)을 발생하지 않도록 하고 다중사용자 검출 회로와 처리속도를 향상시켜 시스템 용량을 높이고자 하였다.

반면 GAS-CP-CDMA 시스템은 수신과정에서 다른 사용자 신호를 상쇄하기 때문에 매우 단순

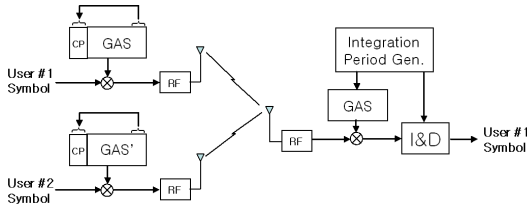


그림 1. GAS-CP-CDMA 시스템 송수신 블록도

한 구조를 갖는다. GAS-CP-CDMA 시스템은 모든 사용자의 송신 심벌 주기의 동기가 맞아 있다고 가정하며, 사용자 한 심벌 내에는 완전한 한 주기의 자기상관특성이 좋은 시퀀스(GAS, Sequence with Good Autocorrelation property)가 사용된다. 확산 코드는 주로 m-시퀀스와 CAZAC 시퀀스를 고려하였는데, 이는 두 시퀀스 모두 자기 상관관계가 우수하기 때문이다. 그림 1은 GAS-CP-CDMA 시스템의 송수신기 블록도를 나타낸 것이다.

GAS-CP-CDMA 시스템에서 사용자 단말 송신부의 사용자의 확산 코드는 GAS 및 GAS를 몇 칩 shift한 GAS' 등을 사용하며, GAS 및 GAS'의 확산 코드의 뒤 일부분을 복사하여 GAS와 GAS'의 순환확장(CP)으로 사용한다. 기지국의 수신기는 매 심벌 주기를 기준으로 한 적분주기 발생기를 통해 심벌 동기에 맞추어 GAS 시퀀스가 발생하도록 하여 수신신호를 곱하여 역확산하며 매 심벌 단위로 적분과 덤프를 하여 원하는 사용자 신호를 복원해낸다. GAS'의 확산코드를 사용하는 다른 사용자 신호는 원하는 사용자의 확산 신호인 GAS와 곱한 후 적분한 결과는 GAS와 GAS'의 상호상관 관계없이 된다. 그런데 GAS'가 GAS의 shift된 1주기의 확산 코드이므로, GAS와 GAS'의 상호상관관계 값은 매칭이 되지 않은 시점의 GAS의 자기상관 특성값이 된다. GAS-CP-CDMA 시스템이 자기응답특성이 좋은 시퀀스를 사용하므로, 다른 사용자 신호는 원하는 사용자 신호 수신시 간섭을 발생하지 않거나 매우 작은 간섭만을 발생할 것을 기대할 수 있다. 또한 순환 확장을 사용하여 다중 경로에 의한 지연 확산이 발생하더라도 지연 확산에 의한 사용자 신호 역시 shift된 GAS의 하나가 되어 GAS의 자기상관 특성에 의해 간섭이 거의 발생하지 않아 심벌 간 간섭(inter-symbol interference, ISI)을 방지할 수 있다.

본 논문의 성능분석을 위해 GAS-CP-CDMA 시

스템의 확산코드로 사용한 CAZAC 시퀀스는 자기 상관관계가 우수한 시퀀스로, 그 길이를  $p^2$ 으로  $p$  값에 따라 확장할 수 있다. CAZAC 시퀀스의 길이의 요소인  $p$  값은 phase shift keying에서의 변조 계수 값이 된다. 예를 들어, QPSK 성상도를 갖는 CAZAC 시퀀스를 발생하기 위해서는 그 변조 차수  $p = 4$ 이므로 전체 시퀀스의 길이는  $p^2 = 16$ 이 된다. CAZAC 시퀀스를 발생하는 방법은 식 (1)에 서처럼 특정한 행렬을 만들어 주는 것이다.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & \xi_1 & \xi_1^2 & \dots & \xi_1^{p-1} \\ 1 & \xi_2 & \xi_2^2 & \dots & \xi_2^{p-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \xi_{p-1} & \xi_{p-1}^2 & \dots & \xi_{p-1}^{p-1} \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기에서  $p^2$  값은 시퀀스의 길이를 의미한다. 식 (1)의 CAZAC 시퀀스 발생 행렬은 열 단위로 읽어주면 식 (2)와 같은 CAZAC 시퀀스를 발생 할 수 있다<sup>7)</sup>.

$$\begin{bmatrix} [1, 1, 1, \dots, 1, 1, \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_{p-1}, \\ 1, \xi_1^2, \xi_2^2, \dots, \xi_{p-1}^2, \dots, 1, \xi_1^{-1}, \xi_2^{-1}, \dots, \xi_{p-1}^{-1}] \end{bmatrix} \quad (2)$$

CAZAC 시퀀스를 이용한 GAS-CP-CDMA 시퀀스는 식 (2)에서 발생한 시퀀스의 일부를 복사하여 앞부분에 붙여주는 것이다. 식 (3)은 GAS-CP-CAZAC 시퀀스를 나타낸 것이다.

$$\begin{bmatrix} \overbrace{[1, \xi_1^{-1}, \xi_2^{-1}, \dots, \xi_{p-1}^{-1}, 1, 1, \dots, 1, 1, \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_{p-1}, \\ 1, \xi_1^2, \xi_2^2, \dots, \xi_{p-1}^2, \dots, 1, \xi_1^{-1}, \xi_2^{-1}, \dots, \xi_{p-1}^{-1}]}^{\text{보호구간}} \end{bmatrix} \quad (3)$$

복사된 심벌

식 (3)에서 시퀀스의 뒷부분의 일부를 설정된 보호구간 만큼 복사하여 확산 시퀀스를 만들어 순환확장을 하는 것이다. 이 경우 다중 경로에 의해 지연된 신호가 보호구간 내에 들어오게 되더라도 보호구간으로 인해 완전한 심벌을 수신할 수 있을 것이다.

### III. GAS-CP-CDMA 초기 동기 회로

통신 시스템에서 수신단에서 동기는 가장 중요한 부분 중 하나이다. 특히 CDMA 시스템에서는 PN 코드와 같이 자기상관관계가 우수한 코드를 사용한다. 수신기에서 상관기를 사용하는 것이 일반적인데, 본 논문에서는 다중경로와 다중 접속 환경에서 강인한 GAS-CP-CDMA 시스템의 초기 동기회로를 제안하였다. 제안한 초기 동기회로는

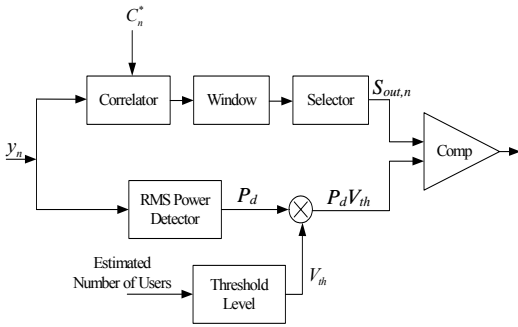


그림 2. GAS-CP-CDMA를 위한 초기 동기회로.

그림 2와 같다.

제안한 초기 동기회로에서는 지연 확산에 의한 수신 전력을 측정하기 위해 상관기 뒷단에 윈도우를 두어 지연 확산이 되더라도 윈도우 내에 존재하는 값을 이용하여 지연 확산에 의한 초기 동기를 잃어버릴 확률을 줄여주게 된다. 즉 윈도우는 상관기 출력 값  $C_{out,n}$  중 일부를 메모리에 저장하여 그 중 가장 큰 값을 선택하여 비교기에 넣어주게 된다. 이 경우 지연 확산에 의해 발생할 수 있는 코드 동기의 포착 실패 확률 및 동기를 놓치는 확률을 줄여줄 수 있게 된다.

그림 3은 윈도우와 선택기 블록을 나타낸 것이다. 그림 3에서 윈도우의 입력으로 들어오는  $C_{out,n}$ 은 메모리에 저장이 되며, 메모리에 저장된 데이터 중 가장 큰 값이 선택기에서 선택되어 출력  $S_{out,n}$ 으로 비교기에 들어가게 된다.

수신 신호  $y_n$ 은 식 (4)와 같이 표현된다.

$$y_n = s_n + w_n + i_n \quad (4)$$

식 (4)에서  $s_n$ 은 n-번째 송신 데이터로서 송신 데이터  $x_n$ 이 확산 코드  $c_n$ 으로 확산된 데이터이다.

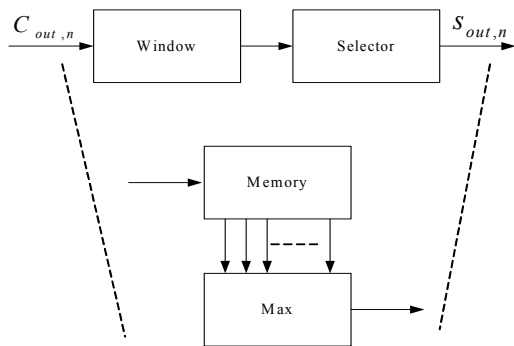


그림 3. 동기회로의 윈도우/선택기 블록

이 송신 신호가 채널을 거치며 잡음 성분인  $w_n$ 와 다른 사용자의 간섭 성분인  $i_n$ 가 더해져 들어오게 된다. 이 수신 신호는 역확산을 통해  $s_n$ 를 복원하며, 간섭 성분인  $i_n$ 값은 역확산 시 배경 잡음의 형태로 존재하게 된다.

본 논문에서 고려한 채널은 3개의 경로가 존재하는 다중 경로 채널을 고려하였고, 채널은 지속적으로 감소하는 채널을 고려하였다.

이 수신 신호를 RMS (root mean square) 전력 수신기를 이용하여 전력을 측정하고, 측정된 전력의 정보가 임계값 결정기에 입력되어 그 임계값을 결정하는데 역할을 하게 된다. 결과적으로 RMS 전력 수신기는 그 평균화된 전력 레벨을 출력으로 내보냄과 동시에 임계값을 결정하게 하는 역할을 동시에 수행하게 된다. 이렇게 나온 임계값  $V_{th}$ 값과 수신 평균 전력  $P_d$ 가 곱해져 비교기에 들어가게 된다. 결국  $S_{out,n}$ 과  $P_d V_{th}$ 값을 비교하여  $S_{out,n}$ 의 값이 클 경우 수신 플래그를 1로 보내주고,  $P_d V_{th}$ 의 값이 클 경우 수신 플래그를 0으로 보내주어 뒷단의 과정을 처리하게 되는 것이다.

#### IV. 컴퓨터 모의실험

본 논문에서는 컴퓨터 모의실험을 통해 제안한 동기회로의 성능을 확인하였다. 먼저 GAS-CP-CDMA 시스템의 구성을 위해 확산 코드로 CAZAC 시퀀스를 사용하였다. CAZAC 시퀀스의 길이는 16으로 고정하였고, 다중 경로에 의한 지연확산의 영향을 줄이기 위한 순환 확장을 위해 16십벌의 CAZAC 시퀀스 중 뒤 3 십벌을 시퀀스의 앞단에 붙여 19 십벌의 GAS-CP-CDMA 확산 코드를 구성하였다. 또한 다른 사용자용 코드로 기존 CAZAC 코드를 5칩 및 10칩을 순환 이동하고, 각각 순환 확장하여 최대 3명의 사용자용 확산 코드를 구성하였다.

다중 경로신호는 지속적으로 감소하는 지연 전달함수를 사용하였고, RMS 지연시간의 2배가 순환확장 구간인 3칩이 되도록 하였다.

이와 같은 환경에서 단일 경로의 채널과 다중 경로의 채널에서 각각 오 정보 확률과 신호 포착 실패 확률을 각각 구하였다. 또한 사용자의 수는 1명에서 최대 3명으로 하여 각각에 대한 성능 역시 구하였다. 본 논문에서의 다중 사용자들은 모

두 동일한 전력을 갖는다고 가정하였고 이를 바탕으로 모의실험을 실시하였다. 그림 4는 단일 경로 채널에서 사용자의 수와 각각 다른 신호 대 잡음비와 임계값에서의 오 경보 확률과 수신 포착실패 확률로 초기 동기회로의 성능을 나타낸 것이고, 그림 5에서는 다중 경로 채널에서 각 임계값에 대한 초기 동기회로의 성능을 나타낸 것이다.

그림 4에서 특정 임계값을 기준으로 볼 때, 사용자의 수가 늘어남에 따라 오 경보 확률의 성능은 상대적으로 적어지는 것을 확인할 수 있다. 그 이유는 제안한 시스템의 수신 회로가 다른 사용자 신호와 다중경로 신호를 상쇄하므로 오 경보 확률이 주로 열잡음에 좌우되기 때문이다. CAZAC 시퀀스의 경우 정확한 코드 동기가 맞지 않을 경우 자기상관 관계 값이 0이 되기 때문이며, 또한 RMS 전력 수신기에서 측정된 전력이 증가하기 때문에 상대적으로 낮은 임계값에서도 좋은 성능을 획득 할 수 있다. RMS 전력 수신기의 경우 다중 접속 환경일 경우 잡음만 존재하는 구간에 비해 다른 사용자들에 대한 전력이 함께 측정이 되기 때문에 수신기의 출력 값이 크게 나타나게 된다. 이 RMS 수신기 출력 값은 임계값과 곱해지게 되어 결과적으로 비교기 입력 값이 커지게 되며 이에 따라 초기 동기회로에서 오 경

보 확률이 낮게 나타난다.

그림 4의 수신 신호 포착실패 확률은 일반적으로 신호 대 잡음비에 따라 그 성능이 결정되며, 다중 접속 환경의 경우 상대적으로 원래 신호에 대한 간섭 신호들이 모두 잡음 성분으로 보이게 되기 때문에 특정한 임계값을 기준으로 볼 때, 사용자의 수에 따라 성능이 열화되는 것을 확인할 수 있다. 동일한 포착실패 확률의 동기회로의 성능을 유지하기 위해서는 임계값을 조정하는 것이 필요하다.

그림 5는 다중 경로에 대한 동일한 CAZAC 시퀀스의 GAS-CP-CDMA 시퀀스를 이용하여 나타낸 초기 동기회로의 성능이다. 그림 5에서도 마찬가지로 그림 4와 같이 오 경보 확률의 경우 성능이 다중 접속 환경일수록 더 나은 성능이 나타남을 확인할 수 있었다. 또한 그림 5의 수신 신호 포착 실패 확률 역시 그림 4와 같이 신호 대 잡음비와 사용자의 수에 따라 성능이 열화됨을 확인할 수 있었다.

그림 6은 RMS 전력 수신기에서의 최적의 임계값과 오류 확률을 나타낸 것이다. 최적 임계값은 그림 4와 5에서 동일한 사용자 수에 따른 수신 전력이 입력될 때 오 경보 확률과 포착실패 확률이 동일한 값을 갖도록 하는 임계값을 의미한다. 이 경우 동기 포착회로는 최적으로 작동하여 적

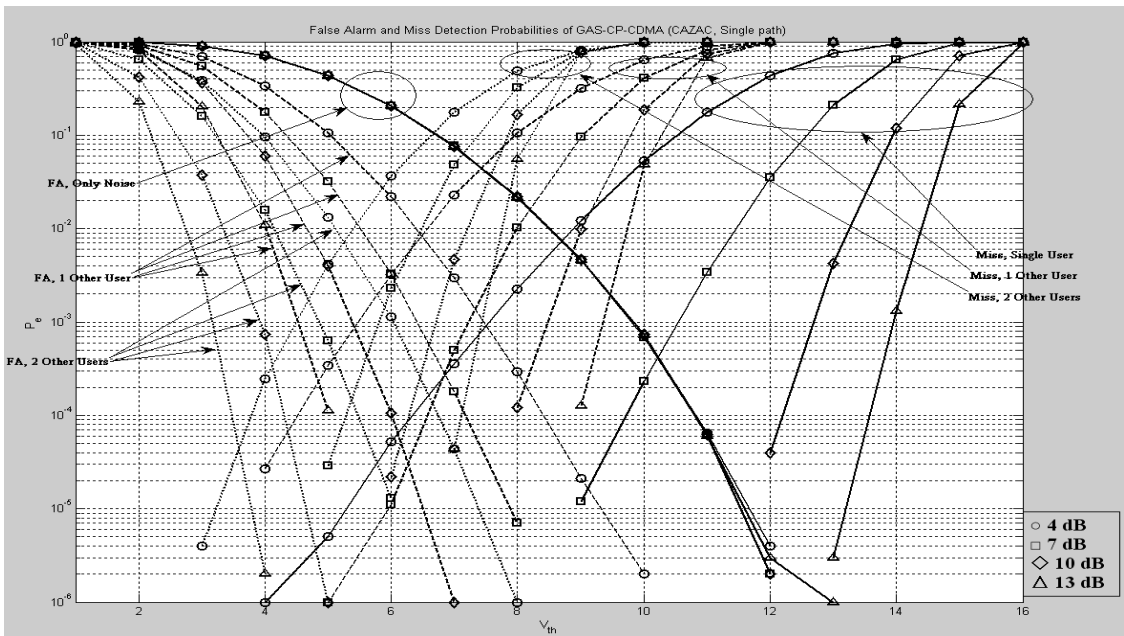


그림 4. 단일 경로 채널과 다중 접속 환경에서의 오 경보 및 신호 포착실패 확률

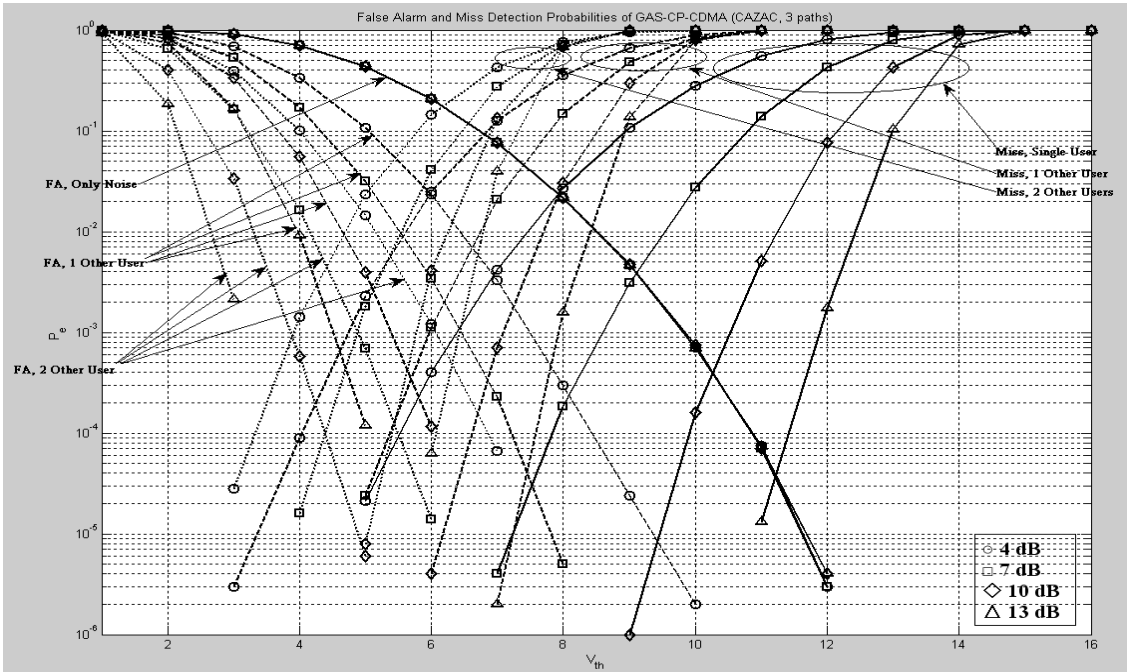


그림 5. 다중 경로 채널과 다중 접속 환경에서의 오 경보 및 신호 포착실패 확률

정한 오 경보 확률과 포착실패 확률 성능을 갖게 될 것이다.

만일 수신 전력이 사용자 1명의 전력일 경우, 단일 경로 혹은 다중 경로 채널 환경에서 7에서 8.5의 값이 최적의 임계값이 될 것이다. 이 때 오류 성능은 단일 경로인 경우  $E_c/N_o = 4$  dB에서  $10^{-3}$ , 및 7 dB 에서  $10^{-6}$ 이며, 다중경로인 경우  $E_c/N_o = 4$  dB에서  $3.5 \times 10^{-3}$ 과 7 dB에서  $3 \times 10^{-5}$ 으로 오류 확률 성능이 각각 저하된다.

수신 전력이 사용자 2명의 전력일 경우 단일 경로 또는 다중 경로 채널 환경에서 약 5.4에서 6이 최적의 임계값이 될 것이다. 이 때 오류 성능은 단일 경로인 경우  $E_c/N_o = 4$  dB에서  $2 \times 10^{-3}$ , 및 7 dB 에서  $10^{-5}$ 이며, 다중경로인 경우  $E_c/N_o = 4$  dB에서  $5 \times 10^{-3}$ 과 7 dB에서  $10^{-4}$ 으로 사용자 수 증가에 따라 오류 확률 성능이 각각 저하된다. 사용자 1명일 때와 2명일 때를 비교하자. 사용자 1명인 경우,  $E_c/N_o = 4$  dB에서  $10^{-3} \sim 3.5 \times 10^{-3}$ 이며, 일  $E_c/N_o = 7$  dB에서  $10^{-6} \sim 3 \times 10^{-5}$ 이며, 사용자 2명인 경우  $E_c/N_o = 4$  dB에서  $2 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3}$ 이며,  $E_c/N_o = 7$  dB에서  $10^{-5} \sim 10^{-4}$ 으로 오류 확률 성능이 저하된다.

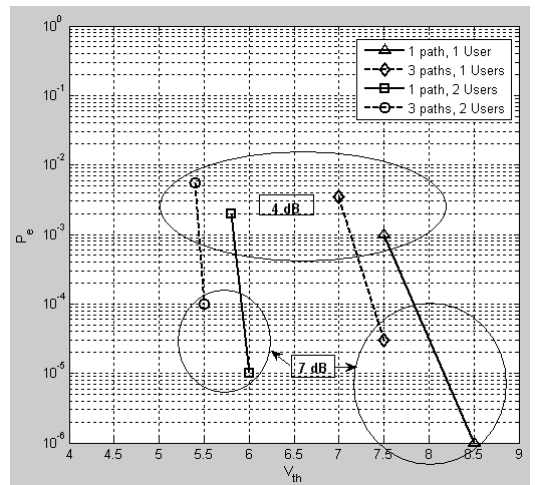


그림 6. 최적의 임계값에 따른 오류 확률 성능

그림 6에서 다중경로의 신호에 대한 오류 성능은 단일경로의 신호에 대한 오류 성능보다 다소 저하된 것으로 보인다. 이것은 다중 경로의 신호가 전송될 때 단일 경로에서와 동일한 칩 에너지가 여러 칩에 분산되어 전송됨으로써, 다중 경로 신호 중 정시에 도착되는 최대 칩 에너지가 단일 경로의 칩 에너지 보다 작아서 발생하는 현상으

로 판단된다.

$E_c/N_0 = 10$  dB와 13 dB인 경우는 그림 6에 나타나지 않았는데, 모의실험 횟수의 제한으로  $10^{-6}$  이하의 오류 확률이 측정되지 않아  $E_c/N_0 = 10$  dB와 13 dB인 경우의 오경보 확률과 포착실패 확률의 교점을 찾지 못했기 때문이다. 그림 6의 단일경로  $E_c/N_0 = 7$  dB인 경우 임계값 8.5에서 오류확률은 약  $10^{-6}$ 인데,  $E_c/N_0$ 가 10 dB인 경우 임계값으로 8.5를 사용하면 오경보 확률과 포착실패 확률이 각각  $10^{-6}$  이하가 되므로 실용적으로 볼 때  $E_c/N_0 = 10$  dB와 13 dB인 경우에 대해 더 이상 최적의 임계값을 구하고자하는 노력을 할 필요는 없는 것으로 보인다.

본 논문의 모의실험에서  $E_c/N_0$  범위를 4~13 dB로 설정한 것이 일반 CDMA 시스템의 처리이득을 고려할 때 큰 값으로 설정된 것으로 보일 수 있다. 이는 통신 개시 시점에서 단 1 심벌만을 사용하여 초기동기를 획득하는 것은 무리가 있을 수 있음을 나타낸다. 필요한  $E_c/N_0$ 를 확보하기 위해 송신측은 변조되지 않은 동일 심벌을 반복 송신하고 수신측은 몇 개의 동일 심벌을 반복 수신하고 칩 에너지를 누적하는 것이 필요하다.

제안한 동기회로가 적정한 오류 확률로 작동하기 위해서는 적정한 임계값을 정하는 것이 필수적이다. 즉,  $E_c/N_0$ 에 따른 신호 품질 또는 단일경로와 다중경로의 여부 구분보다는 정확한 RMS 수신을 전력 측정하는 것과 사용자 수를 정확히 예측함으로써 적정한 임계값을 결정하는 것이 중요한 요소라고 할 수 있다.

통화를 유지하는 사용자와 통화를 새롭게 시도하거나 통화를 종료하는 사용자를 추적한다면 점진적으로 변화하는 사용자 수의 추정이 예측할 수 있을 것이다.

임계값을 설정하는 또 다른 방법으로, 사용자 추정이 부정확하거나 단일 경로 신호와 다중 경로 신호 등의 애매한 경우에는 신호포착 확률 성능을 다소 포기하더라도 오경보 확률 성능을 엄격히 적용하기 위해 임계값을 다소 높은 값을 사용하는 방법이 있다. 예를 들어, 그림 6에서 사용자 1명이며  $E_c/N_0$ 가 4 dB인 경우, 임계값은 단일 경로인지 다중경로인지에 따라 7~7.5 사이에서 선택 가능하지만 이중 높은 값인 7.5를 선택하면 경로의 상태와 무관하게 오경보율 확률 성능으로 약  $10^{-3}$ 을 유지하는 상태로 동기 회로를 작동시킬 수 있다.

본 논문에서는 확산시퀀스 길이 16을 사용하고 최대 3명의 사용자에게 대해 소규모로 모의실험을 수행하였다. 상용 CDMA 시스템과 유사하게 사용자 수를 20명 정도로 구성하기 위해서는 확산시퀀스 길이를 120 칩 정도로 크게 하는 것이 필요하다. 즉, 상용 이동통신시스템 IS-95의 음성 부호율 8 kbps를 1.2 Mcps 로 확산하는 것과 유사한 확산율을 갖도록 구성하면 사용자 수도 증가시킬 수 있으며, 본 모의실험 과정을 반복하면 사용자 수에 따른 최적 임계값을 구하는 것이 가능하다.

## V. 결론

본 논문에서 기존의 CDMA 시스템에 비해 상향링크의 용량이 2 배가 되는 GAS-CP-CDMA 시스템의 동기 포착 방법이 제안되었고, 다중 경로와 다중 접속 환경에서 컴퓨터 모의실험을 통해 그 성능이 확인되었다. 본 논문에서 제안된 초기 동기회로는 RMS 전력 검출기의 출력과 임계값을 곱한 값을 상관 값과 비교하여 동기 포착 여부를 판별하며, 모의실험을 통해 오 경보 확률과 수신 신호 포착실패 확률을 얻어 동기 성능을 분석하였다. 경우에 따라 특정한 임계값을 사용할 경우, 제안한 방식은 최적의 오 경보 확률과 포착 실패 확률로 작동될 수 있음을 보여주었다. 또한 동기 포착 성능은 주로 열잡음에 대한 칩 에너지 비에 따라 좌우되며, 사용자 수가 적은 경우보다는 많은 경우 그리고 단일 경로인 경우보다는 다중 경로인 경우 점진적으로 동기 성능이 열화되는 경향을 보였다. 그리고 제안한 동기회로가 최소의 오류 확률을 갖는 최적의 성능을 발휘하기 위한 임계값은 주로 사용자 수에 따라 좌우됨을 알 수 있었다. 모든 통신 시스템에서 초기 동기는 필수적이다. 본 논문을 통해 제안된 방식이 GAS-CP-CDMA 시스템의 초기 동기 포착을 위해 사용될 수 있음을 보였다. 이에 따라 GAS-CP-CDMA 시스템의 실현 가능성이 한층 더 높아졌다고 할 수 있다.

## 참고 문헌

- [1] H. Meyr, M. Moeneclaey, and S. A. Fechtel, Digital Communication Receivers; Synchronization, Channel Estimation, and Signal Processing,

Wiley, pp.311~313, 1998.

- [2] M. Barkat, S. D. Himonas, and P. K. Varshney, "CFAR Detection for Multiple Target Situations," Radar and Signal Processing, IEE Proceedings F, Vol.136, pp.193~209, Oct. 1989.
- [3] K. Choi, K. Cheun, and T. Jung, "Adaptive PN Code Acquisition Using Instantaneous Power-Scaled Detection Threshold Under Rayleigh Fading and Pulsed Gaussian Noise Jamming," IEEE Trans. on Commun., No. 8, Vol.50, pp.1232~1235, AUGUST 2002.
- [4] K. L. Baum, T. A. Thomas, F. W. Vook, and V. Nangja, "Cyclic Prefix CDMA: An Improved Transmission Method for Broadband DS-SS Cellular Systems," Conf. in WCNC2002, Vol.1, pp.183-188, Mar. 2002.
- [5] 이성민, 김환우, "보호구간 시퀀스를 사용하는 CDMA 통신방식," 군사과학기술학회 종합 학술대회, 6월 2008년.
- [6] 이성민, 김환우, "보호구간을 추가한 CDMA 통신 시스템의 Up Link 성능분석," 한국통신학회 하계종합학술대회, 7월 2008년.
- [7] R. C. Heimiller, "Phase Shift Pulse Codes with Good Periodic Correlation Properties," IRE Tran. on Information Theory, Vol.7, pp.254-257, Oct. 1961.

이 성 민 (Seong-Min Lee)

정회원



1986년 2월 중앙대학교 전기공학과 졸업  
 2002년 2월 충남대학교 전자공학과 석사  
 2005년 3월~현재 충남대학교 전자공학과 박사과정  
 1989년~현재 국방과학연구소 재직  
 <관심분야> 통신공학, 유무선 모뎀, 다중 접근 기술, 동기 알고리즘

김 영 제 (Young-Je Kim)

정회원



2003년 8월 충남대학교 전자공학과 졸업  
 2005년 8월 충남대학교 전자공학과 석사  
 2006년 3월~현재 충남대학교 전자공학과 박사과정  
 <관심분야> 유무선 모뎀, 항재밍 알고리즘, 통신시스템 동기 알고리즘

김 환 우 (Whan-Woo Kim)

중신회원



1977년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업  
 1979년 2월 한국과학기술원 전자공학과 석사  
 1988년 8월 Univ. of Utah 전자공학과 박사  
 1980년~현재 충남대학교 교수  
 2007년~현재 대한전자공학회 대전충남지부 지부장  
 <관심분야> 신호처리, 디지털 통신, 무선 통신