

연관정 하이브리드 PN 코드 동기 획득 기법

정회원 이 성 주*

Hybrid PN Code Search with Soft-decision Technique

Seongjoo Lee* *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 본 논문에서는 파일럿 채널(pilot chanel)이 존재하는 직접확산 코드분할 다중접속 방식(DS-CDMA)에서 PN 코드의 초기 동기획득 성능을 개선하기 위해 연관정 기법을 사용하는 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 연관정 기법을 하이브리드 동기획득 알고리즘에 적용하고, 평균 동기획득 시간 측면에서 분석한다. 분석을 위해, 제안된 방식의 수학적 모델을 제시하고, IMT-2000 채널모델에서 시뮬레이션을 수행한다. 수식적인 분석 결과, 제안된 방식이 한 쌍의 임계치를 사용하는 기존 방식에 비해 평균 동기획득 시간에서 약 0.2초 내지 0.4초 정도의 성능향상을 가져오는 것을 보여준다. 이것은 연관정 기법이 기존의 경관정 기법의 사용으로 인한 성능열화를 보상함으로써 생기는 이득이라고 볼 수 있다.

Key Words : PN code acquisition, Soft-decision, Hybrid Search, Mean code acquisition time.

ABSTRACT

In this paper, a soft-decision method for initial PN code acquisition in pilot-channel aided Direct Sequence Code Division Multiple Access (DS-CDMA) systems is proposed in order to improve the acquisition performance. We apply this technique to the conventional hybrid search algorithm and analyze it in terms of mean code acquisition time. For the analysis, we present mathematical model of proposed algorithm and also perform the simulation under IMT-2000 channel models. Numerical results show that our proposed scheme outperforms the conventional one by 0.2 - 0.4 sec with respect to the mean code acquisition time because the soft decision technique can mitigate the possible decline in search performance caused by the use of a hard-decision technique.

I. 서론

직접확산 코드분할 다중접속(Direct Sequence Code Division Multiple Access: DS-CDMA) 방식은 간섭 제거를 통해 사용자의 수를 증가시킬 수 있고, 다중경로를 통해 전송되는 신호의 에너지를 컴비닝(combining)함으로써 신호대 잡음비(SNR)를 증가시킬 수 있다. 또한, 전송하고자 하는 데이터를 의사잡음(Pseudo-Noise: PN) 코드로 확산함으로써 통

화가 외부의 원인에 의해 고의적으로 끊어지지 않는 장점이 있다^[1]. 이러한 장점들 때문에, DS-CDMA 기술은 무선 이동 통신 시스템에서 다중접속 방식 규격으로 널리 제안되고 있다^[2,3].

DS-CDMA 시스템에서 무엇보다도 중요한 것이 바로 PN 코드의 동기이다. 왜냐하면, 전송되는 PN 코드와 수신기에서 발생하는 PN 코드의 동기가 이루어지지 않으면 데이터를 복원하는 것이 불가능하기 때문이다. PN 코드의 동기과정은 일반적으로 알

* 본 연구는 정보 통신부 및 정보통신연구진흥원 대학 IT연구센터 육성-지원사업의 연구 결과를 이용하여 수행되었음.

* 세종대학교 정보통신공학과 (seongjoo@sejong.ac.kr)

논문번호 : KICS2006-05-214, 접수일자 : 2006년 5월 18일, 최종논문접수일자 : 2006년 6월 26일

려진 바와 같이 크게 2가지 과정으로 수행되어 진다. 하나는 PN 코드 동기획득이고, 다른 하나는 PN 코드 동기추적이다. PN 코드 동기획득은 수신되는 PN 코드와 수신기에서 발생시키는 PN 코드를 1 PN 칩(chip)이나 1/2 PN 칩 이내에서 대략적으로 동기를 맞추는 과정이고, PN 코드 동기추적은 1/8 PN 칩 이내로 보다 정확하게 두 PN 코드의 위상을 정렬하는 과정이다. 본 논문에서는 이 2개의 과정중 PN 코드 동기획득에 초점을 두기로 한다.

DS-CDMA 시스템에서 PN 코드 동기획득은 임계치(threshold)의 설정방식에 따라 성능이 크게 좌우된다. 그러나, 임계치 값은 수신되는 PN 코드의 SNR이나 채널환경에 따라 그 최적의 값이 변하기 때문에, 동기획득 시스템이 최적의 성능을 가지는 임계치 값을 찾아내는 것은 거의 불가능하다. 적응적으로 SNR을 추정하여 임계치를 설정할 수 있는 알고리즘들이 실제로 제안되고 있지만, 이러한 알고리즘들은 SNR을 추정하기 위해 추가적인 하드웨어를 필요로 하므로, 하드웨어 부담이 급격하게 증가하기 때문에, 그 우수한 성능에도 불구하고 구현이 거의 불가능하다^{4,6)}. 따라서, 실제로는 특정 SNR에서 구한 임계치를 이용하여 PN 코드 동기획득에 사용하고 있다⁷⁻¹²⁾. 이것은 동기획득 시스템의 성능을 떨어뜨리는 결과를 초래한다.

따라서, 본 논문에서는 특정 SNR에서 구한 하나의 임계치를 사용하는 경판정 기법에 대한 성능 개선을 위해 여러 개의 임계치를 사용하는 연관정 기법을 제안하고자 한다. 제안된 방식의 경우, 추가적인 하드웨어를 필요로 하지 않고, 임계치 설정하는 부분을 소프트웨어적으로 구현할 수 있기 때문에, 기존에 구현된 모델 칩에 그대로 적용이 가능한 장점을 가진다. 제안된 방식의 효과를 검증하기 위해, 제안된 결정방식을 기존의 하이브리드 동기획득 방식¹⁰⁾에 적용시키고 IMT-2000 채널 모델에서 분석하기로 한다¹³⁾.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선, II절에서는 제안하는 알고리즘에 대하여 설명하고, III절에서 제안된 알고리즘의 수학적 모델과 평균 동기획득 시간을 유도한다. IV절에서는 제안된 알고리즘의 수식적인 분석결과를 보여주고, 마지막으로 V장에서 결론을 맺기로 한다.

II. 제안된 탐색 알고리즘

제안된 동기획득 방식은 기존의 하이브리드 동기

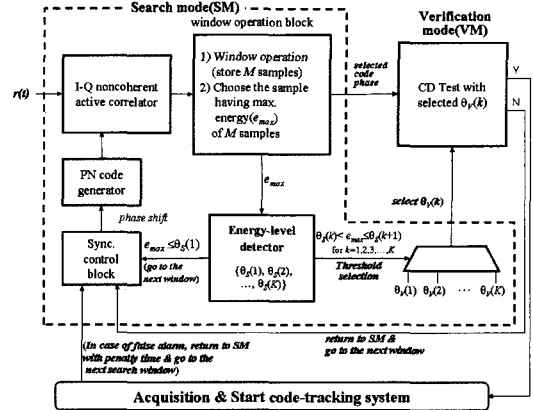


그림 1. 제안된 동기획득 방식의 블록도
Figure 1. Block diagram of proposed acquisition algorithm

획득 알고리즘과 동일하게 탐색모드(search mode)와 확인모드(verification mode) 등 두 가지 모드를 가진다. 그림 1은 제안된 동기획득 알고리즘의 블록도를 보여준다. 탐색 모드는 먼저 M 개의 위상에 대해서 상관에너지를 구한 다음, 그 중에서 최대 에너지(e_{max})를 갖는 위상을 선택한다. 해당 위상의 상관에너지는 에너지 비교기(energy-level detector)로 보내는데, 기존 알고리즘에서는 하나의 임계치만을 사용하여 계산된 상관에너지와 비교한 후 확인모드로의 탐색과정 진행여부만을 결정하였다. 그러나, 제안된 알고리즘에서는 에너지 비교기에 $\theta_k(1)$ 부터 $\theta_k(K)$ 까지 K 개의 임계치를 사용하여 계산된 상관 임계치와 K 개의 임계치를 비교한 후, 확인모드로의 탐색과정 진행 여부뿐만 아니라 확인모드의 임계치도 결정한다.

기존 알고리즘에서는 확인모드도 미리 결정된 오직 하나만의 임계치만을 사용하는 경판정 방식을 사용하였지만, 제안된 알고리즘에서는 탐색모드에서의 비교결과에 따라 $\theta_k(1)$ 부터 $\theta_k(K)$ 까지 미리 설정된 K 개의 임계치중 하나를 선택하여 확인모드를 수행하는 연관정 방식을 사용한다. 예를 들어, 탐색모드에서 계산된 최대 상관 에너지 값이 $\theta_k(k)$ 보다 크고 $\theta_k(k+1)$ 보다 작은 값을 가지면, 미리 설정된 K 개의 임계치중 확인모드의 임계치로 $\theta_k(k)$ 이 선택된다. 만약, 탐색모드에서 계산된 최대 상관 에너지가 탐색모드의 제일 작은 임계치 값보다 작으면, 탐색과정을 확인모드로 진행시키지 못하고 현재의 M 개 PN 코드 위상을 버린 후, 다음 M 개의 위상에 대한 탐색으로 진행한다.

확인모드는 탐색모드에서 찾아낸 위상에 대해 재확인하는 과정으로, 보다 정확한 상관 에너지 값을

계산하기 위하여 탐색모드에서의 적분구간(dwell time) 보다 긴 적분구간을 사용한다. 또한, 탐색 결과의 정확성을 높이고 오보(false alarm) 확률을 줄이기 위해 CD (coincidence detection) 방식을 사용한다. 제안된 알고리즘에서 사용한 CD 방식은 기존 알고리즘에서 사용한 방식과 동일한 방법을 사용하기로 한다^[11]. CD 방식은 탐색 모드에서 찾아낸 위상에 대해 A번에 걸쳐 상관 에너지 값을 계산하고, 그 중에서 B번 이상 계산된 에너지 값이 확인모드의 임계치보다 클 경우 동기획득이 이루어진 것으로 판단하고, 그렇지 않은 경우에는 탐색모드로 동기획득 과정을 되돌리는 방식이다. 제안된 알고리즘이 기존의 알고리즘과 동일한 CD 방식을 사용하지만, CD 테스트를 수행할 때 고정된 하나의 임계치를 사용하는 기존 알고리즘과 달리, 제안된 알고리즘에서는 탐색모드에서 정해진 임계치, $\Theta(k)$ 를 이용하여 CD 테스트를 수행한다.

동기획득이 선언되면 동기획득 과정에서 찾아낸 위상을 보다 미세하게 추적하는 동기추적 과정이 시작되는데, 만약 잘못된 위상이 동기추적 과정으로 전달되면 동기추적 과정에서 오보(false alarm)가 발생되고 동기시스템은 탐색모드로 다시 돌아간다. 동기추적과정에서 동기획득 과정으로 돌아가는 데는 T τ_b 만큼의 페널티시간(penalty time)^[14]이 필요하게 된다. 여기서, T 는 오보에 대한 파라미터이고, τ_b 는 적분시간(dwell time)을 의미한다.

III. 수학적 모델 및 평균 동기획득 시간

그림 2는 연관정 방식을 사용하는 하이브리드 동기획득 알고리즘의 상태를 보여준다. 수식적인 분석을 위해, H_1 셀(cell)은 1개만 존재하고, 그 H_1 셀(cell)은 탐색 창 S_1 에 존재한다는 가정을 두었다. 그림 2에서 S 는 탐색 창의 수(the number of search window)를 의미하고, g 는 탐색모드의 후치적분(post-integration)^[15] 길이와 확인모드의 후치적분 길이 사이의 비율이다. 그리고, A 는 CD 테스트의 회수를 나타낸다. S 는 PN 코드의 주기(W)와 탐색 창의 크기(M)을 이용하여 W/M 과 같이 주어진다. 그림 2에서 알 수 있듯이, 제안된 알고리즘에서는 탐색모드에서 확인모드로 진행되는 경우의 수가 K 개이다. 기존 방식에서는 한 개의 임계치를 이용하여 확인모드로의 진행여부만을 고려하기 때문에 각 탐색모드의 탐색 창(search window)에서 확인모드로 진행되는 가지(branch)의 수가 1개이지만, 제

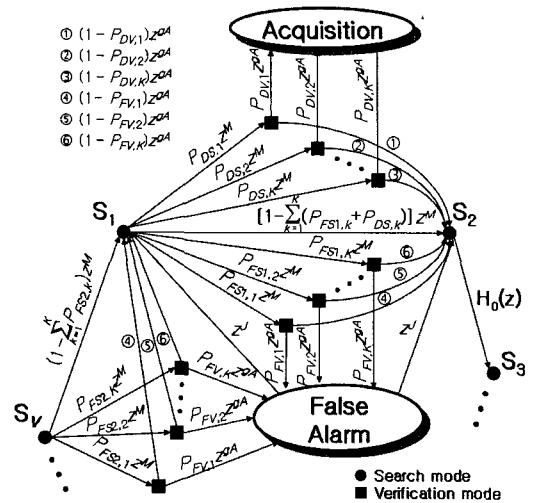


그림 2. 제안된 알고리즘의 상태도
Figure 2. State diagram of proposed algorithm

안된 방식에서는 K 개의 임계치를 사용하고 계산된 상관 에너지가 K 개의 임계치중 어느 임계치 값을 넘는지에 따라 확인모드의 임계치 값이 바뀌기 때문에, 각 탐색모드의 탐색 창에서 확인모드로 진행되는 경우의 수가 K 개가 존재한다.

제안된 알고리즘의 평균동기획득 시간을 유도하기 위해서는 검출(detection) 확률과 오보 확률에 대해 정의를 해야한다. 본 논문에서는 [10]에서 주어진 I-Q 넌코히런트(non-coherent) 능동 상관기와 동일한 상관기를 사용하였기 때문에, [10]에서 주어진 확률밀도함수(probability density function)를 이용하여 검출 및 오보 확률을 정의할 수 있다. H_0 와 H_1 에서의 확률밀도함수는 다음과 같이 주어진다.

$$f_m(\eta | H_0) = \frac{1}{(L_m - 1)! V_N^{L_m}} \eta^{L_m - 1} e^{-\frac{\eta}{V_N}} \quad (1)$$

$$f_m(\eta | H_1) = \frac{1}{(L_m - 1)! V_{F1}^{L_m}} \eta^{L_m - 1} e^{-\frac{\eta}{V_{F1}}} \quad (2)$$

여기서, L_m 은 m 모드(탐색모드 또는 확인모드)에서 주파수 오차를 보상하기 위해 사용한 후치적분의 길이를 의미한다[15]. V_N 과 V_{F1} 는 각각 H_0 셀과 H_1 셀에서 능동 상관기의 출력이고, 이들 값은 [10]에서 구할 수 있다.

우선, 앞에서 정의된 확률밀도함수를 이용하여 검출확률을 정의하기로 한다. 그림 2의 상태도에서, S_1 의 탐색 창에서 확인모드로 진행되는 K 개의 가지 중 k 번째 가지에 있는 검출확률 $P_{Ds,k}$ 는 H_1 셀에서

계산된 상관 에너지가 \$S_1\$ 탐색 창에서 최대 값을 가지고 동시에 탐색모드의 \$K\$개 임계치중 \$\mathcal{G}(k)\$와 \$\mathcal{G}(k+1)\$ 사이의 값을 가질 경우로 정의할 수 있다. 따라서, \$P_{DS,k}\$는

$$P_{DS,k} = \int_{\theta_s(k)}^{\theta_s(k+1)} f_\eta(\eta|H_1) \left[\int_0^\eta f_x(x|H_0) dx \right]^{(M-1)} d\eta$$

$$= \int_{\theta_s(k)}^{\theta_s(k+1)} \frac{\eta^{L_s-1} e^{-\frac{\eta}{V_F}}}{(L_s-1)! V_F^{L_s}} \left[1 - e^{-\frac{\eta}{V_F}} \sum_{l=0}^{L_s-1} \frac{(\eta/V_F)^l}{l!} \right]^{(M-1)} d\eta \quad (3)$$

와 같이 정의할 수 있다. 식 (3)에서 \$k\$값은 1부터 \$K\$까지 가질 수 있고, \$\mathcal{G}(K+1)\$은 무한대이다.

\$H_0\$ 셀에서 잘못된 위상이 탐색 모드를 통과하여 확인모드로 진행되는 경우는 \$H_0\$ 셀이 해당 탐색 창에서 최대 상관 에너지를 가지고 동시에 탐색모드의 \$K\$개 임계치중 어느 하나보다 클 때이다. 탐색 모드에서 확인모드로 잘못된 위상이 넘어가는 경우는 2가지가 존재할 수 있는데, 하나는 \$H_1\$ 셀을 가지고 있는 \$S_1\$ 탐색 창에서 발생하는 경우이고, 다른 하나는 \$H_1\$ 셀을 가지고 있지 않은 나머지 탐색 창에서 발생하는 경우이다. 이 두 가지 경우에 대한 오보확률, \$P_{FS1,k}\$와 \$P_{FS2,k}\$는 각각 식 (4)와 (5)에서 정의된다.

$$P_{FS1,k} = \int_{\theta_s(k)}^{\theta_s(k+1)} \left\{ \frac{(M-1)f_\eta(\eta|H_0) \times \left[\int_0^\eta f_x(x|H_0) dx \right]^{(M-2)} \int_0^\eta f_y(y|H_1) dy \right\} d\eta$$

$$= \int_{\theta_s(k)}^{\theta_s(k+1)} \left[\frac{(M-1)\eta^{L_s-1} e^{-\frac{\eta}{V_F}}}{(L_s-1)! V_F^{L_s}} \times \left[1 - e^{-\frac{\eta}{V_F}} \sum_{l=0}^{L_s-1} \frac{(\eta/V_F)^l}{l!} \right]^{M-2} \left[1 - e^{-\frac{\eta}{V_F}} \sum_{l=0}^{L_s-1} \frac{(\eta/V_F)^l}{l!} \right] \right] d\eta \quad (4)$$

$$P_{FS2,k} = \int_{\theta_s(k)}^{\theta_s(k+1)} Mf_\eta(\eta|H_0) \left[\int_0^\eta f_x(x|H_0) dx \right]^{(M-1)} d\eta$$

$$= \left[1 - e^{-\frac{\theta_s(k+1)}{V_F}} \sum_{l=0}^{L_s-1} \frac{[\theta_s(k+1)/V_F]^l}{l!} \right]^M$$

$$- \left[1 - e^{-\frac{\theta_s(k)}{V_F}} \sum_{l=0}^{L_s-1} \frac{[\theta_s(k)/V_F]^l}{l!} \right]^M \quad (5)$$

다음으로, 확인모드에서의 검출 및 오보 확률을 정의한다. 탐색모드의 각 탐색 창에서 \$k\$번째 가지를 이용하여 진행된 확인모드에서는 확인모드의 임계치로 \$\mathcal{G}(k)\$를 사용하여 CD 테스트를 수행한다. 따라서, 그림 2에서 \$H_1\$ 셀과 \$H_0\$ 셀이 각각 확인모드 상태에서 동기획득(acquisition)과 오보(false alarm) 상태로 진행되는 \$K\$개의 가지중 \$k\$번째 가지에 있는 확

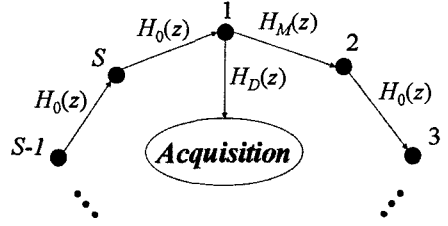


그림 3. 제안된 알고리즘의 간략화된 상태도
Figure3. Simplified state diagram of proposed acquisition algorithm

인모드의 검출 확률과 오보 확률은, \$H_1\$ 셀과 \$H_0\$ 셀이 각각 확인모드의 임계치 값, \$\mathcal{G}(k)\$를 가지고 CD 테스트를 통과하는 경우로 정의할 수 있다. 확인모드의 검출 확률과 오보 확률은 각각 식 (6)과 (7)에서와 같이 정의될 수 있다.

$$P_{DV,k} = \sum_{n=B}^A P_{D,k}^n (1 - P_{D,k})^{A-n} \quad (6)$$

$$P_{FV,k} = \sum_{n=B}^A P_{F,k}^n (1 - P_{F,k})^{A-n} \quad (7)$$

여기서,

$$P_{D,k} = \int_{\theta_{vk}}^{\infty} f_V(\eta | H_1) d\eta = e^{-\frac{\theta_{vk} L_V - 1}{V_F}} \sum_{l=0}^{L_V-1} \frac{(\theta_{vk} L_V)^l}{l!} \quad (8)$$

$$P_{F,k} = \int_{\theta_{vk}}^{\infty} f_V(\eta | H_0) d\eta = e^{-\frac{\theta_{vk} L_V - 1}{V_F}} \sum_{l=0}^{L_V-1} \frac{(\theta_{vk} L_V)^l}{l!} \quad (9)$$

평균 동기획득 시간을 구하기 위해서는 그림 2의 상태도를 간략화시킬 필요가 있다. 그림 3은 그림 2의 상태도를 간략화시킨 그림이다^[10]. 그림 3에서 \$H_0(z)\$, \$H_D(z)\$, \$H_M(z)\$는 다음과 같이 정의된다.

$$H_0(z) = \left[\begin{aligned} & \left(1 - \sum_{k=1}^K P_{FS2,k} \right) z^M + \sum_{k=1}^K P_{FS2,k} (1 - P_{FV,k}) z^{M+g^k} \\ & + \sum_{k=1}^K P_{FS2,k} P_{FV,k} z^{M+g^k+j} \end{aligned} \right] \quad (10)$$

$$H_D(z) = \sum_{k=1}^K P_{DS,k} P_{DV,k} z^{M+g^k} \quad (11)$$

$$H_M(z) = \left[\begin{aligned} & \left(1 - \sum_{k=1}^K (P_{DS,k} + P_{FS1,k}) \right) z^M + \sum_{k=1}^K P_{DS,k} (1 - P_{DV,k}) z^{M+g^k} \\ & + \sum_{k=1}^K P_{FS1,k} (1 - P_{FV,k}) z^{M+g^k} + \sum_{k=1}^K P_{FS1,k} P_{FV,k} z^{M+g^k+j} \end{aligned} \right] \quad (12)$$

그림 3의 간략화된 상태도를 이용하여, $S-n+1$ 노드 (node)로부터 동기획득 상태까지의 전달함수(transfer function)를 구하면,

$$T_n(z) = \frac{H_0^n(z)H_D(z)}{1 - H_0^{S-1}(z)H_M(z)} \quad (13)$$

가 된다. 따라서, 전체 S 노드에서의 평균전달함수는

$$U(z) = \frac{1}{S} \sum_{n=0}^{S-1} T_n(z) = \frac{1}{S} \frac{H_D(z)}{1 - H_0^{S-1}(z)H_M(z)} \sum_{n=0}^{S-1} H_0^n(z) \quad (14)$$

가 되고, 마지막으로 식 (14)를 통해 얻어진 평균 동기획득 시간은 식 (15)와 같이 정의된다.

$$E_{ACQ} = \frac{d}{dz} \ln U(z) \Big|_{z=1} \tau_D = \left[\frac{H_D'(1) + H_M'(1) + (S-1)H_0'(1)}{H_D(1)} - \frac{S-1}{2} H_0'(1) \right] \tau_D \quad (15)$$

여기서,

$$H_D(1) = \sum_{k=1}^K P_{DS,k} P_{DV,k} \quad (16)$$

$$H_0'(1) = M + gA \sum_{k=1}^K P_{FS2,k} + J \sum_{k=1}^K P_{FS2,k} P_{FV,k} \quad (17)$$

$$H_D'(1) = (M + gA) \sum_{k=1}^K P_{DS,k} P_{DV,k} \quad (18)$$

$$H_M'(1) = M + gA \sum_{k=1}^K (P_{DS,k} + P_{FS1,k}) + J \sum_{k=1}^K P_{FS1,k} P_{FV,k} - H_D'(1) \quad (19)$$

식 (15)에서 τ_D 는 $L_S N_W T_C$ 로 구할 수 있으며, N_W 는 적분시간에 해당하는 PN 칩의 수를, T_C 는 PN 칩의 구간(duration)을 의미한다.

IV. 수식적인 분석 결과

제안된 알고리즘의 수식적인 분석을 위해, 시스템 파라미터를 다음과 같이 설정하였다: $W=2^{15}$, $N_W=64$, $L_S=1$, $L_V=2$, $A=4$, $B=2$, $T=10^6$, 주파수 오차=1KHz, PN 칩속도=1.2288MHz. 우선, E_c/I_0 를 -12dB로 설정한 다음, 기존의 하이브리드 동기획득

표 1. $E_c/I_0=-12$ dB에서 얻어진 임계치 값
Table 1. Threshold values obtained at $E_c/I_0=-12$ dB

방식	임계치수(K)	임계치	
기존	1	탐색	64.03
		확인	147.30
순차	2	탐색	63.22, 300.73
		확인	148.73
제안	2	탐색	61.20, 163.60
		확인	158.60, 107.40
	3	탐색	61.20, 163.60, 274.50
		확인	158.60, 107.40, 56.20
	4	탐색	61.20, 163.60, 274.53, 368.40
		확인	158.60, 107.40, 56.20, 30.60

알고리즘^[10]과 제안된 알고리즘의 임계치를 구하였다. 또한, 이와 더불어 순차(sequential) 동기획득 알고리즘^[16-17]과의 성능비교를 위해 순차 동기획득 알고리즘에 대한 임계치도 구하였다. 순차 동기획득 알고리즘은 탐색모드에 2개의 임계치를 사용하여, 탐색모드의 상관 에너지가 상위 임계치보다 크면 바로 동기획득을 선언하고, 상위 임계치와 하위 임계치 사이의 값을 가지면 확인모드로 진행하며, 하위 임계치보다 작으면 다음 탐색 창으로 진행하는 방식이다. 표 1은 IMT-2000 채널모델에서 기존 알고리즘과 제안된 알고리즘의 임계치를 보여주고 있다. 표 1의 임계치들은 [11]에서 사용된 방법을 통해 얻어진 결과들이며, N_W 로 정규화된 값들이다.

그림 5와 6은 기존 알고리즘과 제안된 알고리즘의 평균 동기획득 시간을 IMT-2000 채널환경중 실내와 차량이동 모델에서 비교한 그림들이다. 그림들에서 알 수 있듯이, 제안된 알고리즘이 기존 알고리즘보다 평균 동기획득 시간을 약 0.2초 내지 0.4초 단축시키는 것을 볼 수 있다. 특히, 채널환경이 나빠질수록 개선된 효과가 커지는 것을 알 수 있다. 이것은 제안된 알고리즘이 연판정(soft-decision) 기법을 사용함으로써 얻어지는 이득이라고 볼 수 있다. 또한, 연판정 방식을 사용하는 경우, 순차 방식을 사용하는 경우 보다 동일한 임계치를 사용하였음에도 불구하고 0.1초 이상 성능이득을 보인다. 이것은 연판정 방식이 순차 방식보다 성능열화에 대한 보상효과가 더 뛰어나다는 것을 의미한다.

우리는 또 수식적 분석을 통해 임계치의 수와 평균 동기획득 시간의 관계에 대해서도 알 수 있는데, 그림을 통해서 볼 수 있듯이 임계치의 수가 2개로 증가할 때 성능개선 정도가 매우 크게 나타나고, 임계치의 수가 3개 이상이 되면 성능이 포화상태에 이르는 것을 확인할 수 있다. 이것은 연판정을 위해

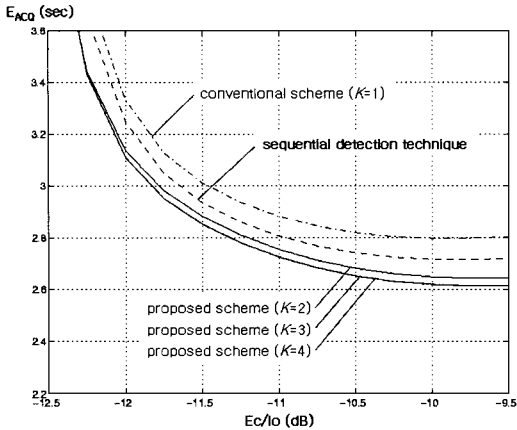


그림 5. IMT-2000 실내환경에서의 평균동기획득 시간
Figure 5. Mean acquisition time of proposed algorithm in IMT-2000 indoor channel

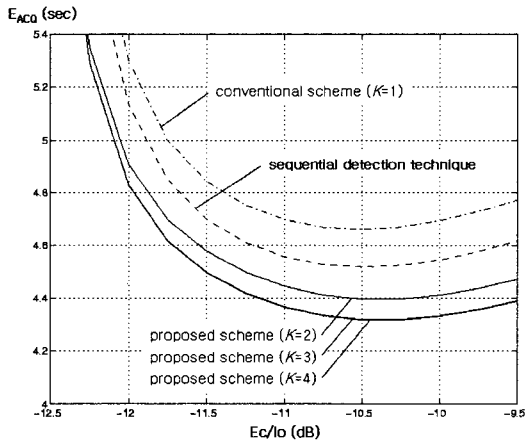


그림 6. IMT-2000 차량이동환경에서의 평균동기획득 시간
Figure 6. Mean acquisition time of proposed algorithm in IMT-2000 vehicular channel

레벨을 무한히 늘린다고 해서 성능이 선형적으로 무한히 증가되지 않고 포화되는 것과 같은 이치라고 볼 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 PN 코드 동기획득 시스템의 성능을 향상시킬 수 있는 새로운 결정방식을 제안하였다. 제안된 방식은 각 모드에서 하나의 임계치만을 사용하는 기존의 경판정 방식과 달리, 각 모드에 여러 개의 임계치를 사용하는 연판정 방식으로서 기존 방식에서 발생했던 성능열화를 보상할 수 있었다. 제안된 알고리즘을 수식적으로 분석하기 위해,

제안된 방식의 수학적 모델을 제시하였고 평균 동기획득 시간도 유도하였다. 또한, 제안된 알고리즘을 IMT-2000 채널환경에서 기존의 알고리즘들과 비교하였다.

분석결과, 제안된 알고리즘이 기존의 알고리즘보다 약 0.2초 내지 0.4초 성능을 개선하였으며, 채널 환경이 더 열악할수록 제안된 방식의 성능개선효과가 두드러지게 나타났다. 또한, 제안된 방식에서 사용된 임계치의 수가 2개일 때, 성능개선 효과가 매우 크게 나타났고, 3개 이상에서는 성능 개선 효과가 포화상태에 이르렀다. 분석결과를 토대로 우리는 여러 개의 임계치를 사용하는 방법이 기존 방식에서 하나의 임계치를 사용함으로써 발생했던 성능열화를 보상할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] K. S. Gilhousen, et al., "On the capacity of a cellular CDMA system," *IEEE Trans. on Vehicular Tech.*, Vol. 40, No 2, pp.303-312, May 1991.
- [2] Douglas N. Knisely, Sarath Kumar, Subhasis Laha, and Sanjiv Nanda, "Evolution of Wireless Data Services: IS-95 to cdma2000," *IEEE Communications Magazine*, pp. 140-148, October 1998.
- [3] W. C. Y. Lee, "Spectrum and Technology of a Wireless Local Loop System," *IEEE Personal Comm.*, Vol.5, No.1, pp49-54, 1998.
- [4] Had-Sock Oh, Dong-Seog Han, and Kil-Houm Park, "Adaptive Double-dwell PN Code Acquisition in Direct-Sequence Spread-Spectrum Systems," *MILCOM2000*, Vol.1, pp.139-143.
- [5] Rehan Ahmad Warsi and Ajit Kumar Chaturvedi, "A New Adaptive Serial Search PN Code Acquisition Scheme for DS-SS Systems," *ICPWC2000*, pp.245-248.
- [6] Young H. You, Hyoung R. Cho, Man S. Joo, and Chang E. Kang, "Detection Technique for a serial DS-SS code synchronization in a fading mobile channel," *IEE Electronics Letters*, Vol.33, No.6, pp446-447.
- [7] Laurence B. Milstein, John Gevargiz, and Pankaj K. Das, "Rapid Acquisition for Direct

- Sequence Spread-Spectrum Communications Using Parallel SAW Convolver,” IEEE Trans. on Comm., Vol. 33, No. 7, pp. 593-600, July 1985.
- [8] Essam Sourour and Gupta. S. C, "Direct sequence spread spectrum parallel acquisition in a fading mobile channel," IEEE Trans. on Comm., Vol. 38, No. 7, pp.992-998, 1990.
- [9] Weihua Zhuang, "An improved hybrid PN code acquisition for CDMA personal wireless communications," Proceedings of PIMRC95, pp.995-999, May 1995.
- [10] Bub-Joo Kang, Hyung-Rae Park, Youngnam Han, "Hybrid Acquisition in DS/CDMA Forward Link," Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference, Vol.3-B, pp.2123-2127, May 1997.
- [11] Seongjoo Lee and Jaeseok Kim, "Optimum Threshold for Double-dwell DS-SS Code Acquisition System in PCS Channel Model," IEE Electronics Letters, Vol. 34, No. 7, pp. 634-635, 1998.
- [12] Biqi Long and Hichan Moon, "Detection and false alarm probability of PN code acquisition," IEE Electronic Letters, Vol. 33, pp.926-927, May 1997.
- [13] ITU-R M.1225, "Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technique for IMT-2000," 1997.
- [14] Seongjoo Lee, Sangyun Hwang, and Jaeseok Kim, "Low-complexity architecture of rake receiver for multi-code CDMA system," IEE Electronics Letters, Vol. 34, No. 14, pp.1382-1383. 1998.
- [15] Andrew J. Viterbi, "CDMA: Principles of Spread Spectrum Comm.," Addison-Wesley Pub., 1995.
- [16] R. L. Peterson, R. E. Ziemer, and D. E. Borth, "Introduction to Spread-Spectrum Communications," Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1995.
- [17] A.W. Lam and S. Tantaratana, "Theory and applications of spread-spectrum systems," in IEEE, Inc., 1994. Study Guide.

이 성 주 (Seongjoo Lee)

정회원



1993년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업

1996년 8월 연세대학교 전자공학과 석사

2002년 2월 연세대학교 전기전자공학과 박사

2002년 3월~2003년 2월 연세대학교 IT SoC 연구센터 전문 연구원

2003년 4월~2005년 5월 삼성전자 DM총괄 책임연구원

2005년 6월~2006년 2월 연세대학교 IT SoC 연구센터 연구교수

2006년 3월~현재 세종대학교 정보통신공학과 조교수
<관심분야> 초고속데이터통신용 모뎀의 SoC, 영상처리 프로세서의 SoC, 무선통신용 모뎀 알고리즘