

# 저전력 병렬탐색기법을 이용한 UWB시스템의 동기 획득

## Low Power Parallel Acquisition Scheme for UWB Systems

김상인, 조경록

충북대학교 정보통신공학과

Sang-In Kim(sikim@hbt.chungbuk.ac.kr), Kyoung-Rok Cho(krcho@chungbuk.ac.kr)

### 요약

본 논문은 초광대역(Ultra Wideband: UWB) 신호 동기 획득을 위한 새로운 저전력 병렬 탐색기법을 제안한다. 기존의 병렬 탐색 방식은 다수의 상관기를 사용하여 동시에 탐색을 수행하기 때문에 고속의 동기 획득이 가능하지만 다수의 상관기를 사용하므로 연산량이 증가되고, 이로 인해 소비전력이 증가하는 단점이 지적되고 있다. 본 논문에서 제안된 저전력 병렬 탐색기는 상관기의 입력 신호를 일정한 간격으로 나누어 구간별로 연산을 진행한다. 구간별 연산의 결과로 다음 구간에 대한 추가연산의 진행 여부를 판단하여 시스템의 불필요한 연산 처리 과정을 제거함으로써 연산량을 최소화 한다. 제안된 병렬 탐색기와 기존의 탐색구조는 MATLAB을 이용하여 모의실험을 수행하였고, 일반적인 채널 환경과 옥내 다중 경로 페이딩 환경에서 성능을 검증하였다. 실험 결과 AWGN환경에서 약 65%, 잡음이 인가된 다중 경로 환경에서 약 20%의 연산량 감소를 확인하였다.

■ 중심어 : | 초광대역 | 동기획득 | 병렬탐색 | 무선 개인영역 네트워크 |

### Abstract

In this paper, we propose a new parallel search algorithm to acquire synchronization for UWB(Ultra Wideband) systems that reduces computation of the correlation. The conventional synchronization acquisition algorithms check all the possible signal phases simultaneously using multiple correlators. However it reduces the acquisition time, it makes high power consumption owing to increasing of correlation. The proposed algorithm divides the preamble signal to input the correlator into an m-bit bunch. We check the result of the correlation at first stage of an m-bit bunch data and predict whether it has some synchronization acquisition information or not. Thus, it eliminates the unnecessary operation and save the number of correlation. We evaluate the proposed algorithm under the AWGN and the multi-path channel model with MATLAB. The proposed parallel search scheme reduces number of the correlation 65% on the AWGN and 20% on the multi-path fading channel.

■ keyword : | UWB | Acquisition | Parallel Search | WPAN |

## 1. 서론

2002년 2월 미국 연방통신위원회(Federal Communications Commission: FCC)에서 UWB(Ultra Wideband)

통신 기술에 대한 상업화 승인 이후 연구와 개발이 빠르게 진행되고 있다. UWB 기술은 무선 개인영역 네트워크(WPAN)를 위한 물리층 사양으로 고속 통신과 저속 통신의 두 방향으로 연구되고 있다. 100Mbps이상의 초

\* 본 논문은 2006년도 교육인적자원부 지방연구 중심대학 육성사업의 지원에 의하여 연구되었습니다.

접수번호 : #061121-002

접수일자 : 2006년 11월 21일

심사완료일 : 2006년 12월 20일

교신저자 : 조경록, e-mail : krcho@chungbuk.ac.kr

고속 데이터 전송을 위한 UWB 시스템은 IEEE 802.15.3a 에서, 그리고 유비쿼터스 센서 네트워크에서 요구되는 기술 중 하나인 무선 측위기능을 수반하는 저속 저전력의 UWB 시스템은 IEEE 802.15.4a에서 각각 표준화 작업이 진행 중에 있다[3][4].

UWB는 사용 대역폭이 중심 주파수의 20%이상 또는 500MHz 이상의 점유 대역폭을 갖는 시스템으로 정의된다. 연속적인 정현파를 사용하는 기존의 무선 통신 시스템과는 달리 UWB 시스템은 1ns이하의 시간폭이 짧은 펄스를 정보 전송에 사용하며, 펄스의 시간축 상의 위치 및 위상을 바꾸는 것으로 정보를 실는다. 이 때문에 UWB 시스템은 수백 MHz~수 GHz의 대역에 걸쳐 매우 낮은 전력의 초광대역 특성을 가진다[1][2].

이러한 UWB 시스템의 특성은 주파수축에서 노이즈 레벨 이하로 신호 전송이 가능하기 때문에 현존하는 무선 통신 시스템과 같은 주파수 대역을 공유할 수 있으며, 높은 채널 용량과 데이터 전송률을 지원한다. 또한 UWB 시스템은 반송파 대신 펄스를 사용하기 때문에 송수신 회로를 간단하게 구성할 수 있으며, 오차가 수십 cm이내인 정밀한 거리 측정이 가능한 장점이 있다. 반면에 초광대역 특성 때문에 안테나 설계가 어렵고 펄스폭이 매우 좁아 정확한 동기가 어렵다는 단점이 있다.

대부분의 무선 통신 시스템에 있어서 수신된 신호로부터 데이터를 복원하기 위한 신호의 동기가 매우 중요한 문제로 다루어지고 있다. 특히 매우 짧은 펄스를 이용하는 UWB 시스템에서는 신호의 동기가 매우 중요하며 이것은 관련된 연구결과에서도 잘 나타나고 있다[7][9][10]. UWB 시스템의 동기 과정은 동기 획득(Acquisition)과 추적(Tracking)의 두 단계로 이루어진다[6]. 동기 획득은 한 칩 이내로 타이밍 동기를 맞추는 것이며, 추적은 동기 획득을 통하여 얻은 동기시점을 기준으로 보다 정확한 동기를 맞추며 계속 동기를 유지시켜주는 역할을 한다. 추적은 보통 DLL(Delay Locked Loop)을 이용한다.

동기 획득은 상관기를 이용하여 수신된 신호와 수신기에서 발생한 참조 신호의 상관값의 첨두치를 검출함으로써 이루어진다. 동기 획득은 탐색 방식에 따라 직렬 탐색과 병렬 탐색으로 분류된다[7]. 직렬 탐색 방식은 하나의

상관기를 사용하여 탐색을 수행하며, 동기 획득에 성공할 때까지 검출과정을 반복한다. 직렬 탐색 방식은 구현이 간단하지만 동기 획득 시간이 많이 소요되는 단점이 있다. 병렬 탐색 방식은 다수개의 상관기를 사용하여 동시에 탐색을 수행한다. 직렬 탐색 방식과 비교하여 동기 획득 시간이 감소하지만 다수개의 상관기를 사용하기 때문에 많은 전력이 소비되는 단점이 있다. 향후 유비쿼터스 센서 네트워크의 효율적인 구축을 위해 무선 통신 시스템의 저전력화는 매우 중요한 문제로 대두되고 있다.

본 논문에서는 UWB 시스템의 새로운 동기 획득 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 입력되는 신호와 참조 신호를 일정한 간격으로 등분하여 상관연산을 한 후에 다음구간의 상관연산을 제어한다. 상관에너지가 적은 구간은 다음 구간에서 상관연산을 하지 않으므로 상관연산의 수가 대폭 감소한다. 이 구조는 기존의 완전 병렬 탐색구조의 동기 획득에서 불필요한 연산과정을 제거하므로 저전력으로 동작할 수 있다. 또한 제안된 탐색 구조를 여러 채널 환경과 잡음이 인가된 채널 환경에서 성능을 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 UWB 신호에 대해 설명하며, 3장에서는 제안된 저전력으로 동작하는 병렬 탐색구조 및 방법에 대해 기술하였으며, 4장에서는 모의실험 결과를 분석하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 본론

UWB 시스템 송신단에서는 다음과 같은 가우시안 모노사이클 펄스(Gaussian Monocycle Pulse)  $p(t)$ 를 수신단으로 전송한다. 식 (1)의 전송 펄스  $p(t)$ 는 송신단 및 수신단 안테나의 미분 특성에 의한 영향을 받으며, 수신단에는 이 펄스를 두 번 미분한 형태의 새로운 펄스가 입력된다. 수신단에 입력되는 펄스  $w(t)$ 는 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$p(t) = \sqrt{\pi e} \left( \frac{t}{\tau_p} \right) \exp(-2\pi(t/\tau_p)) \quad (1)$$

$$w(t) = \sqrt{\left(\frac{4}{3\tau_p\sqrt{\pi}}\right)} \left(1 - \left(\frac{t}{\tau_p}\right)^2\right) \exp\left(1 - \left(\frac{t}{\tau_p}\right)^2\right) \quad (2)$$

여기에서  $\tau_p$ 는 펄스폭을 나타낸다.

UWB 시스템에서 동기 획득을 위한 전송 신호  $s(t)$ 는 이러한 수신 펄스를 프레임 단위로 반복 전송함으로써 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$s(t) = \sqrt{E_p} \sum_n w(t - nT_f) \quad (3)$$

여기에서  $w(t)$ 는 UWB 펄스,  $E_p$ 는 전송 전력,  $T_f$ 는 프레임 구간을 나타낸다.

UWB 채널 모델로는 다중경로 채널 모델을 고려하였다. 다중 경로 채널 모델은 식(4)와 같이 채널 임펄스 응답으로 표현할 수 있다.

$$h(t) = \sum_{i=0}^{L-1} \alpha_i \delta(t - \tau_i) \quad (4)$$

여기에서  $\alpha_i$ 는  $i$ 번째 경로의 신호 진폭 감쇠를 나타내며,  $L$ 은 경로의 개수,  $\tau_i$ 는  $i$ 번째 경로의 시간 지연을 나타낸다. 다중경로 채널을 통과한 수신단의 수신 신호는 식(3)과 식(4)를 이용하여 식(5)와 같이 표현된다.

$$r(t) = \sum_n \sum_{i=0}^{L-1} \alpha_i w(t - nT_f - \tau_i) + n(t) \quad (5)$$

여기에서  $n(t)$ 는 부가성 백색 가우시안 잡음(Additive White Gaussian Noise : AWGN)을 나타낸다 [6].

### III. 동기 획득을 위한 저전력 병렬 탐색 장치

#### 1. 동기 획득을 위한 탐색 장치

동기 획득은 탐색 방식에 따라 직렬 탐색과 병렬 탐색으로 분류된다[5]. 직렬 탐색 방식은 [그림 1]과 같은 구조로 하나의 상관기를 사용하여 수신된 신호와 참조 신호의 상관값을 순차적으로 평가한다[6]. 수신된 신호와 참조 신호의 상관값 첨두치를 미리 정해진 임계값과 비

교하여 임계값보다 큰 경우 동기를 획득했다고 보고 탐색을 종료하며, 임계값보다 작은 경우 다음 구간으로 탐색을 전환한다. 즉, 상관기의 출력값이 임계값을 넘을 때까지 탐색을 계속 진행한다. 직렬 탐색 방식은 하나의 상관기를 사용하기 구조가 간단한 반면 동기 획득 시간이 많이 소요되는 단점이 있다.

병렬 탐색 방법은 [그림 2]와 같은 구조를 갖는다. 탐색은  $N$ 개의 상관기에 의해서 실행되며, 각각의 상관기에는 참조 신호의 위상이 서로 다르게 할당된다. 병렬 탐색 방법은 수신된 신호와 참조 신호 각각을 상관기를 통해 상관값을 구한다. 상관값이 크다는 것은 동기가 맞다는 것을 나타내므로  $N$ 개의 상관기 출력을 비교하여 최대 출력값을 선택한다. 이와 같이 병렬 탐색 방식은 다수의 상관기를 사용하여 동시에 탐색을 수행하기 때문에 고속의 동기 획득이 가능하다. 그러나 수신된 신호와 참조 신호 전체에 대해 상관을 진행하기 때문에 연산량 증가로 인해 전력소모가 크다.

#### 2. 제안된 저전력 병렬 탐색기법

다중경로 채널을 통과한 수신단의 수신신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다. 또한 동기 획득을 위한 참조 신호  $v(t)$ 는 식 (7)과 같이 표현된다.

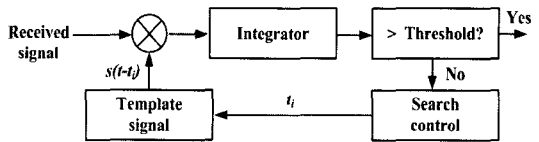


그림 1. 직렬 탐색의 구조도

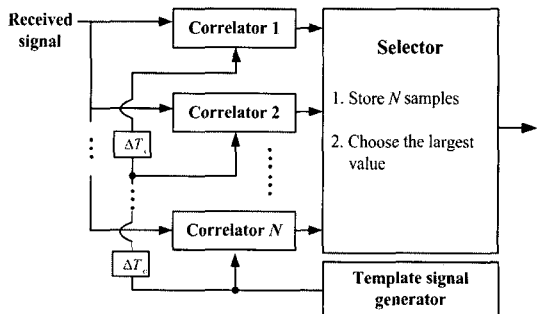


그림 2. 병렬 탐색 기법의 구조도

UWB신호의 동기 획득은 탐색 구간에서 상관기의 출력값 중 가장 큰 값을 선택함으로써 동기를 획득한다.

$$r(t) = \sum_n \sum_{i=0}^{L-1} \alpha_i w(t - nT_f - \tau_i) + n(t) \quad (6)$$

$$v(t) = \sum_m w(t - nT_f) \quad (7)$$

$$Z_k = \int_{-\Delta}^{\Delta} r(t) \cdot v_k(t - \tau) dt \quad (8)$$

$$Acquisition = \max(Z_0, \dots, Z_k) \quad (9)$$

본 절에서는 저전력으로 동작하는 새로운 병렬 탐색기법을 제안한다. 제안된 방법은 수신된 신호와 참조 신호를 등분하여 구간별 연산 결과를 통해 다음 구간에 대한 연산 진행을 제어하는 방식으로 불필요한 연산 과정을 제거한다.

동기 획득을 위한 탐색 장치는 [그림 3]과 같이  $N$ 개의 상관기로 구성된 제어 블록과 제어 블록으로부터 출력되는 상관값 중 가장 큰 값을 선택하는 선택기, 그리고 참조 신호 발생기로 구성된다. 수신된 신호와 참조 신호는 임의의 구간  $m$ 으로 등분되며, 구간별 연산을 진행한다. 구간 에너지 출력값의 크기가 임계값을 넘을 때 다음 구간으로 탐색을 전환하고, 임계값이 넘지 않을 때는 탐색을 종료한다.

상관기는 수신 신호와 참조 신호의 연산을 담당하며, 연산하는 과정에서 수신 신호와 참조 신호를 등분하여 계산된 에너지값에 따라 다음 구간의 연산 진행여부를 제어한다. 이러한 과정을 통해서 탐색 장치는 불필요한 연산을 제거할 수 있다. 상관기는 수신 신호와 참조 신호에 대한 구간 에너지값을 계산하는 연산부, 연산부의 동작을 제어하는 제어부 그리고 에너지값을 출력하는 스위칭부로 구성된다.

연산부는 일정 간격의 구간으로 나누어진 수신 신호와 참조 신호 각각을 구간별로 곱한 후 더하여 구간 에너지값을 계산한다. 연산부는 수신 신호와 참조 신호의 연산을 일정 간격으로 수행시키기 위한 내부 카운터, 수신 신호와 참조신호의 상관값을 구하기 위한 곱셈기, 구간내에서 곱해진 값을 더하는 덧셈기, 그리고 구간별 연산을 거쳐 계산된 에너지값을 누적하기 위한 누적이 및 지연

기를 포함한다. 구간별 연산은 연속적으로 한 비트씩 또는 동시에 연산할 수 있다.

제어부는 연산부에서 계산된 구간 에너지값과 미리 설정된 임계값을 비교하여 구간 에너지값이 임계값 이상인 경우 수신 신호와 참조 신호에 대한 구간별 연산을 계속 진행시키는 활성화 신호를 연산부 및 스위칭부로 출력한다. 스위칭부는 제어부에서 출력된 활성화 신호에 의해 신호의 전체 구간에 대한 연산이 진행된 경우 누적된 에너지값을 출력한다. 그러나 구간별 연산이 중단되는 경우 스위칭부는 비활성화 되어 누적값을 출력하지 않는다.

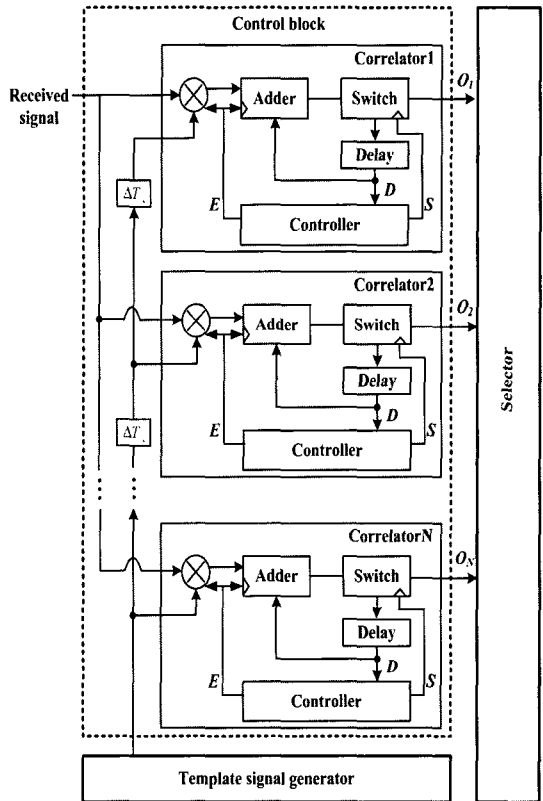


그림 3. 제안된 병렬 탐색 구조

[그림 4]는 탐색 장치 내 제어부의 동작 흐름을 나타낸 것이다. 시작 상태에서는 연산부를 제어하는 신호 E와 스위칭부를 제어하는 신호 S가 0으로 설정되어 상관기는 불활성화 상태이다. 수신 신호와 참조 신호가 상관기로 입력되면 상관기는 입력되는 신호가 시작 프레임인지

를 판단한다. 시작 프레임인 경우 제어부는 초기 상태를 활성화하여 활성신호 E와 S를 1로 설정하며, 연산부는 제 1구간에 대한 연산을 시작한다. 내부 카운터는 미리 정해진 구간(m)만큼 카운팅한다. 제 1구간에 대한 연산으로 구간 에너지값 D가 계산되면 제어부는 구간 에너지값을 미리 설정된 임계값과 비교하여 임계값 이상인지를 판단한다. 판단 결과 D가 임계값 이상인 경우 활성화 신호 E와 S를 1로 유지하여 제2구간에 대한 연산을 진행한다. 이 단계는 구간 에너지값 D가 임계값보다 작을 때까지 반복된다. 만약 계산된 구간 에너지값이 임계값보다 작은 경우 제어부는 활성화 신호 E와 S를 0으로 설정하여 연산부 및 스위칭부의 동작을 불활성화 시킨다. 구간별 연산이 마지막 구간까지 진행된 경우 계산된 에너지값이 임계값보다 크더라도 활성화 신호를 0으로 설정하여 연산부 및 스위칭부의 동작을 불활성화 시킨다. 파워 오프이면 종료되고, 후속 신호의 입력이 있는 경우 처음 단계부터 진행된다.

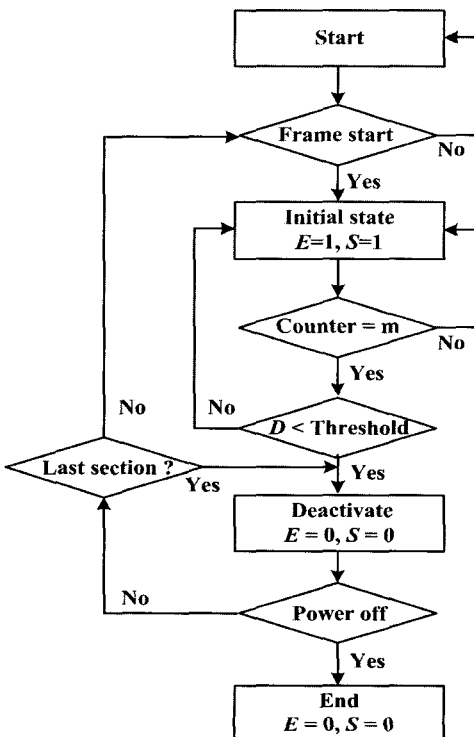
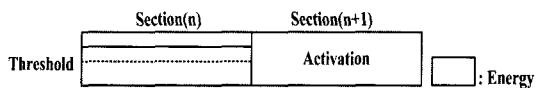


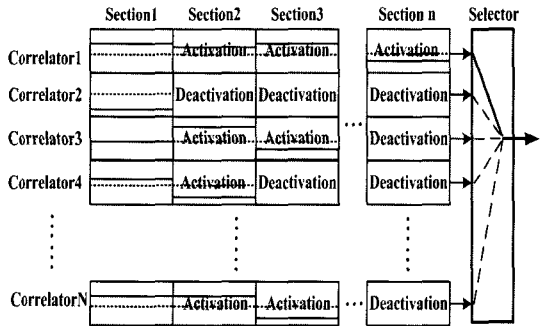
그림 4. 제어부의 동작 흐름도

[그림 5]는 [그림 4]의 신호 처리를 통해 계산된 구간 에너지값을 검사하여 활성화/비활성화를 결정하는 과정을 나타낸 것이다. 계산된 구간 에너지값을 임계값과 비교하여 임계값 이상이면 다음 구간의 연산을 진행하며, 반대일 경우 더 이상의 연산을 진행하지 않는다.

기존의 병렬 탐색과 달리 제안된 탐색구조는 스위치 동작을 통해 전체 구간에 대한 연산이 진행된 경우에 대해서만 출력값을 갖도록 한다. 선택기에서 전체 상관기 각각의 출력값 비교를 통해 가장 큰 값을 선택하는 과정이 필요한 기존의 병렬 탐색구조와 달리 제안된 구조는 스위치 동작을 하기 때문에 회로가 간단해진다.



(a)



(b)

그림 5. 제안된 병렬 탐색의 동작  
(a)일반화 경우 (b) 제안된 병렬 탐색의 동작

#### IV. 실험결과 및 분석

본 논문에서는 기존의 병렬 탐색구조와 제안된 병렬 탐색구조의 비교 분석을 통한 저전력 특성을 검증하기 위해 MATLAB을 이용한 모의실험을 수행하였고 성능을 분석하였다. 동기 획득 과정 동안 전송되는 정보 신호가 없기 때문에 데이터 변조 단계는 거치지 않는다.

모의실험을 위해 예로서 최대 길이 시퀀스(Maximum length sequence)를 프리앰블 신호로 고려하였다. 제어

블록은 16개의 프리앰블 신호를 이용하므로 16개의 상관기를 이용한 병렬구조로 구성된다. 각 상관기는 채널을 통과한 수신된 신호와 0에서 15비트까지 지연된 참조 신호를 구간별 연산을 위해 4개의 구간으로 나누었다. 임계값은 수신된 신호의 잡음 성분을 고려하여 잡음 레벨보다는 높은 값으로 설정하였다. 검증에 필요한 시뮬레이션 환경으로 AWGN환경과 실내 다중 경로 채널을 적용하였다.

[그림 6]은 구간별 연산에 따른 동기 획득 확률을 나타낸다. 구간 1과 2의 연산 결과에 따라서 동기를 획득할 확률은 0이다. 구간 3에 대한 연산결과로 동기를 획득할 확률은 약 70%로 구간 4까지의 연산을 하지 않더라도 구간 3의 연산 결과로 동기를 획득할 수 있다.

표 1. 모의실험 환경

Channel model	Parameter
AWGN	10dB / 30dB
다중경로 채널 환경	Multipath: 4
	Attenuation level: 0,10,20,25dB
	Delay time: 0.2,3,4

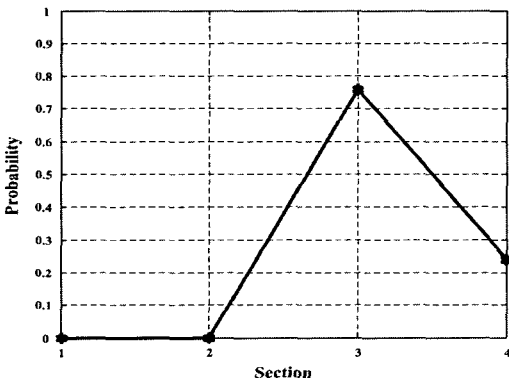


그림 6. 구간별 연산의 동기 획득 확률

AWGN환경에서의 제안된 병렬 탐색 기법의 동기 획득 결과는 [그림 7]에 나타내었다. 각각의 상관기는 구간별 연산을 진행하며 전 구간의 에너지값으로 다음 구간의 연산 여부를 판단하여 동기를 획득한다. 위 결과를 통해 4구간까지 연산이 진행된 15번째 상관기로부터 동기가 획득되었음을 확인하였다.

[그림 8]은 AWGN 환경에서 제안된 병렬 탐색 기법의 신호 대 잡음비가 10dB일 때의 구간별 연산에 대한 결과를 나타낸다. [그림 9]는 다중 경로채널 환경에서 신호 대 잡음비가 10dB일 때의 제안된 병렬 탐색구조의 구간별 연산 결과이다.

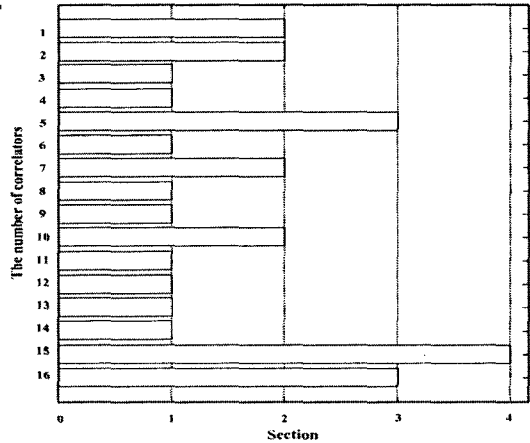


그림 7. AWGN환경에서의 동기 획득

기존의 병렬 탐색 기법의 경우 제안된 방식과 비교하여 동기 획득에 16개의 상관기를 사용하여 동시에 탐색을 수행하였고, 수신된 신호와 참조 신호 전체에 대한 상관이 진행된 것을 확인할 수 있다. 일반적인 채널 환경과 다중 경로 채널환경에서도 동일한 결과를 나타낸다.

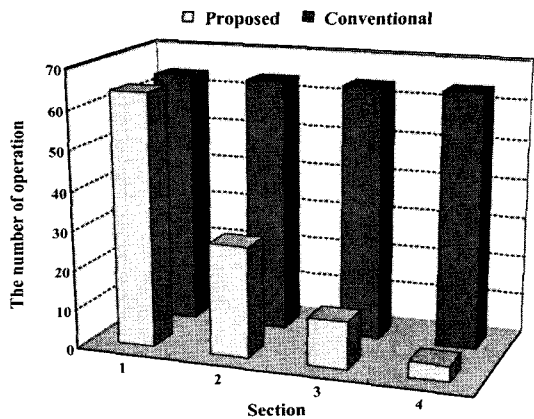


그림 8. AWGN환경에서의 연산량 비교

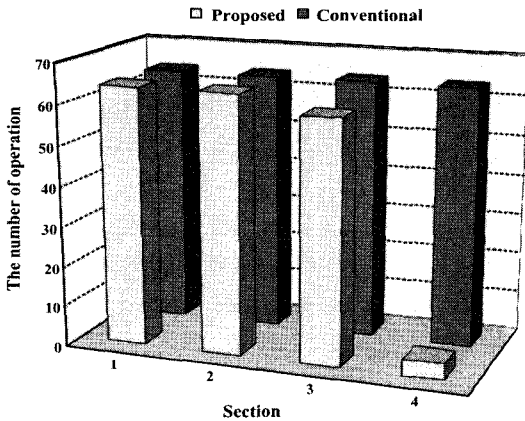


그림 9. 다중경로 채널환경에서의 연산량 비교

표 2. 제안된 병렬 탐색 구조와 기존의 병렬탐색 구조의 연산량 비교

		계산량	에너지량	선택기 내 비교기
기존의 병렬 탐색구조		256(회)	1	필요
제안된 병렬 탐색 구조	AWGN(10dB)	88(회)	0.34	불필요
	AWGN(30dB)	108(회)	0.42	
	다중 경로 채널	180(회)	0.7	
	다중 경로 채널 + AWGN (10dB)	204(회)	0.8	

[표 2]는 제시된 채널 환경 및 잡음의 인가 여부에 따른 기존의 병렬 탐색구조와 제안된 병렬 탐색의 실험값들을 나타낸다. 같은 개수의 상관기를 사용하여 모의실험 결과, 기존의 병렬 탐색구조는 채널 환경, 잡음의 영향에 관계없이 전체에 대한 상관이 진행되기 때문에 곱셈기만을 고려할 경우 총 256회의 연산량을 가진다. 또한, 기존의 병렬 탐색의 경우 전체 상관을 진행하기 때문에 선택기 내부에 각 상관기의 출력값을 비교하여 최대값을 찾는 비교기를 포함한다.

기존의 병렬 탐색과 비교할 때 제안된 병렬 탐색기법의 연산량이 AWGN 환경에서 약 65%, 58%의 연산량 감소를 확인하였으며, 다중 경로 페이딩 채널 환경에서의 실험 결과 약 30%, 잡음이 인가된 다중 경로 페이딩 환경에서 약 20%의 연산량 감소를 확인하였다.

## V. 결론

본 논문에서는 UWB 시스템에서 UWB 신호의 동기 획득을 위한 새로운 저전력의 병렬 탐색구조를 제안하고 이에 대한 성능을 분석하였다.

수신기는 수신된 신호의 동기를 알 수 없기 때문에 탐색기 자체에 저장된 참조 신호를 수신된 신호와 상관하여 동기 획득을 수행한다. 수신 신호와 참조 신호 전체를 상관하는 기존의 병렬 탐색구조와 달리 제안된 병렬 탐색구조는 상관기에서 수신 신호와 참조 신호를 연산하는 과정에서 신호를 등분하여 구간별로 에너지값을 계산하며, 계산된 구간 에너지값으로 다음 구간의 연산 진행을 제어하여 불필요한 연산을 제거한다.

제안된 저전력 병렬 탐색구조는 기존의 병렬 탐색구조를 기반으로 하며, 각각의 상관기는 연산부, 제어부, 스위칭부로 구성된다. 성능 평가를 위해 다중 경로 채널환경을 고려하였으며, MATLAB을 이용한 모의실험 결과 기존의 병렬 탐색구조보다 제안된 병렬 탐색구조의 연산량이 AWGN(10dB)환경에서 약 65%, AWGN(30dB)환경에서는 약 58%의 연산량 감소를 확인하였으며, 다중 경로 페이딩 채널 환경에서의 실험 결과 약 30%, 잡음이 인가된 다중 경로 페이딩 환경에서 약 20%의 연산량 감소를 확인하였다.

## 참고 문헌

- [1] M. Z. Win and R. A. Scholtz, "Ultra-wide bandwidth time-hopping spread-spectrum impulse radio for wireless multiple-access communications," *IEEE Trans. Communications*, Vol.48, No.4, pp.679-691, April 2000.
- [2] M. Z. Win and R. A. Scholtz, "Impulse radio : How it works," *IEEE Communications Letters*, Vol.2, No.1, pp.36-38, Feb. 1998.
- [3] <http://www.ieee802.org/15/pub/TG3a.html>
- [4] <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4a.html>
- [5] A. W. Lam and S. Tantarata, Theory and

Applications of Spread-Spectrum Systems, A Self-Study Course, Naval Postgraduate School, Monterey, CA, 1994.

- [6] S. R. Aedudodla, S. Vijayakumaran, and T. F. Wong, "Timing acquisition in Ultra-wideband communication systems," *IEEE Trans. Vehicular Technology*, Vol.54, No.5, pp.1570-1583, Sept. 2005.
- [7] E. A. Homier and R. A. Scholtz, "Rapid acquisition of ultra-wideband signals in the dense multipath channel," *Proc. Ultra Wideband System and Technology*, Baltimore, USA, pp.105-109, 2002.
- [8] A. Polydoros and C. Weber, "A Unified approach to serial search spread spectrum code acquisition: Part I. General theory," *IEEE Trans. Communications*, Vol.32, No.5, pp.542-549, May 1984.
- [9] R. Blazquez, P. Newaskar, and A. Chandrakasan, "Coarse acquisition for ultra wideband digital receivers," *Proc. Acoustics, Speech, and Signal*, pp.137-140, 2003.
- [10] J. W. Kim, S. C. Yang, and Y. A. Shin, "A two-step search scheme for rapid and reliable UWB signal acquisition in multipath channels," *Proc. Ultra-Wideband*, pp.355-360, 2005.

저자 소개

김 상 인(Sang-In Kim)

준회원



- 2005년 2월 : 충북대학교 정보통신학과 (공학사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 석사과정

<관심분야> : UWB, Modem, 통신회로 설계

조 경 록(Kyoung-Rok Cho)

정회원



- 1977년 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1989년 : 일본 동경대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1992년 : 일본 동경대학교 전자공학과 (공학박사)

- 1979년 ~ 1986년 : (주)금성사 TV연구소 선임연구원
- 1999년 ~ 2000년 : Oregon State University 객원교수
- 1992년 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자공학부 교수

<관심분야> : 통신시스템LSI설계, 저전력 고속회로설계, Platform 기반의 SoC설계