

# 효율적인 UWB 무선 측위 오차 보상 기법에 관한 연구

준회원 박재욱\*, 배승천\*, 정회원 이순우\*\*, 강지명\*\*, 이원철\*

## A Study on Efficient UWB Positioning Error Compensation Technique

Jae Wook Park\*, Seung Chun Bae\* Associate Members,  
Soon Woo Lee\*\*, Ji Myung Kang\*\*, Won Cheol Lee\*<sup>o</sup> Regular Members

### 요 약

UWB (Ultra Wide Band) 무선 측위에서 정확한 위치 정보를 추정하기 위해서는 무선 측위 과정에서 발생하는 오차를 보상하기 위한 알고리즘이 반드시 필요하다. 이러한 무선 측위 오차를 보상하고 정확한 위치 정보 추정이 가능한 Scanning 기법은 동일한 태그 위치에 대한 무선 측위를 반복하여 얻을 수 있는 위치 정보 후보군의 무게 중심 점을 찾는 기법으로 처리 구조가 비교적 간단하고 정확한 위치 정보를 추정할 수 있는 장점이 있지만, 측위 용 비콘 범위 내의 scanning 좌표들을 하나하나 탐색하고 연산해야하는 단점이 있다. 본 논문에서는 Scanning 기법의 높은 연산량을 줄이기 위해 유전자 알고리즘 (Genetic Algorithm)과 블록 윈도우링 (Block Windowing)의 적용 방안을 제안한다. 제안하는 기법의 성능 검증을 위하여 IEEE 802.15.4a TG에서 제시한 채널 환경에서 얻은 거리 인지 오차 (ranging error) 정보를 사용하였으며, 모의실험 결과를 통하여 낮은 연산량으로도 기존 Scanning 기법의 위치 추정 정확도에 근사할 수 있음을 확인하였다.

**Key Words** : UWB Positioning, TDOA, Error Compensation, Genetic Algorithm, Block Windowing

### ABSTRACT

To alleviate positioning error using wireless ultra-wideband (UWB) is primary concern, and it has been studied how to reduce the positioning error effectively. Thanks to many repeated transmissions of UWB signals, we can have a variety of selections to point out the most precise positioning result. Towards this, scanning method has been preferred to be used due to its simplicity. This exhaustive method firstly fixesthe candidate position, and calculates the sum of distances from observed positions. However, it has tremendous number of computations, and the complexity is more serious if the size of two-dimensional range is the larger. To mitigate the large number of computations, this paper proposes the technique employing genetic algorithm and block windowing. To exploit its superiority, simulations will be conducted to show the reduction of complexity, and the efficiency on positioning capability.

### I. 서 론

최근 유비쿼터스 도시 (U-City), 유비쿼터스 홈

(U-Home), 유비쿼터스 헬스 (U-Health) 등 유비쿼터스 환경이 도래할 따라 위치 기반 서비스 (Location Based Service; LBS)의 요구가 증가하고 있으며,

※ 본 논문은 “서울시 산학연 협력사업(과제번호: 10544)” 지원과 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음.

\* 숭실대학교 정보통신전자공학부 통신 및 신호처리연구실({nalmada, bsc2}@amcs.ssu.ac.kr, wlee@ssu.ac.kr) (°: 교신저자)

\*\* 한국전기연구원(rheesw@keri.re.kr, jmkang@keri.re.kr)

논문번호 : KICS2009-07-321, 접수일자 : 2009년 7월 30일, 최종논문접수일자 : 2009년 9월 25일

위치 정보를 기반으로 하는 다양한 서비스가 유비쿼터스 환경에서 중요한 기능 중에 하나로 대두되면서 무선 측위에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 추세에 발맞추어, 2004년 5월부터 IEEE 802.15 무선 개인 네트워크 Working Group의 Task Group 4 (TG4)에서는 저속, 저전력, 저비용의 구현을 위한 핵심 기술과 더불어 초정밀 해상도를 가지는 무선 측위 기능을 포함하는 LR-WPAN에 대한 표준화가 진행되었으며, 2007년 3월에는 칩 확산 스펙트럼 (Chirp Spread Spectrum; CCS) 기술과 초정밀 거리 인지 및 측위가 가능한 초광대역 (Ultra Wide Band; UWB) 기술이 채택되었다<sup>[1][2]</sup>.

위치 기반 서비스를 제공하기 위해서는 태그의 위치 정보를 파악해야 하는데, 이 때 태그의 위치 정보를 추정하기 위한 방법으로는 측위 용 비콘에서 태그로부터 들어오는 신호의 도래각인 AOA (Angle of Arrival) 정보를 이용하는 방법, 전파 전달 시간인 TOA (Time of Arrival) 정보를 측정하여 태그의 위치를 추정하는 방법, 두 개의 측위 용 비콘으로부터 전파 도달 시각의 상대적인 차이인 TDOA (Time Difference of Arrival) 정보를 이용하는 방법, 수신 감도를 나타내는 RSS (Received Signal Strength) 정보를 이용하는 방법, 그리고 전파의 fingerprint를 데이터베이스화하여 측위를 하는 RadioCamera 기법을 들 수 있다. 그러나 실내 환경에서는 거리가 짧고 다중 경로 페이딩의 영향을 많이 받을 뿐만 아니라 비용과 성능 측면을 고려할 때 RSS, AOA, RadioCamera 측위 기법을 적용하기 어렵고, 처리 구조가 간단하면서 측위의 정확도가 뛰어난 TOA, TDOA 정보를 이용한 시간 기반의 삼각 측량 무선 측위 방법이 현존하는 시스템에서 가장 널리 적용되고 있다<sup>[3][5]</sup>.

정확한 무선 측위를 위해서는 앞서 설명한 위치 정보 추정 기법의 정확성도 중요하지만, 추정된 위치 정보의 오차를 보상할 수 있는 방법도 반드시 필요하다. 이에 본 논문에서는 무선 측위 과정에서 발생하는 오차를 효율적으로 보상하기 위한 방법을 제안하기 위해 높은 연산량을 요하지만 정확한 위치 측정이 가능한 Scanning 기법을 소개하고, 이 기법의 높은 연산량을 줄이기 위한 방안으로 유전자 알고리즘 (Genetic Algorithm)과 블록 윈도우 (Block Windowing)를 적용하여 그 성능을 비교하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 무선 측위 오차 보상을 위한 Scanning 기법을 소개하고

III장에서 유전자 알고리즘을 적용한 Scanning 기법과 블록 윈도우를 적용한 Scanning 기법에 대해 설명한다. IV장에서는 모의실험을 통해 제안하는 기법의 성능을 비교 분석하고, 끝으로 V장에서 결론을 맺는다.

## II. 무선 측위 오차 보상을 위한 Scanning 기법

무선 측위 과정에서의 오차는 무선 측위에 사용되는 정보가 잘못 측정된 경우에 발생한다. 삼각 측량법에서 사용되는 TOA, TDOA 정보는 측위용 비콘과 태그 간의 거리 인지 (ranging) 과정에 의해 측정되어지는데, 이 과정에서 무선 통신 환경의 경로 손실 (path loss)과 페이딩 (fading) 특성에 의해 오차가 발생하게 된다. 이와 같은 오차에 의한 잘못된 정보로 인해 이 정보를 사용하여 위치를 추정할 무선 측위 결과도 오차가 발생하게 되는 것이다. 정확한 무선 측위를 위해서는 이와 같은 오차를 보상하고 최적의 값을 추정하기 위한 과정이 필요한데, 이 때 사용되는 방법으로 무선 측위를 반복하여 얻은 결과 값들의 확률적 분포를 이용하여 보상하는 방법이 있다.

본 장에서 소개할 Scanning 기법은 동일한 위치에 있는 태그에 대해 무선 측위를 반복 수행하여 얻은 다수의 위치 정보 추정 값들을 확보하고, 이들의 분포를 이용하여 최적의 위치 추정 값을 도출하는 무선 측위 오차 보상 방법이다. 그림 1은 IEEE 802.15.4a TG에서 제시한 채널 환경에서 얻은 거리 인지 오차 (ranging error) 정보를 사용하고 태그 위치를 (7, 3)으로 가정하였을 때, 무선 측위를 반복

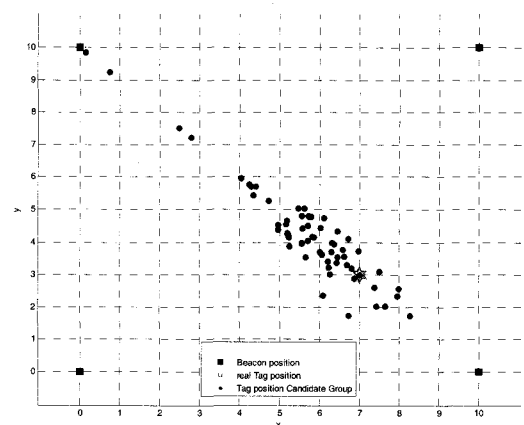


그림 1. 무선 측위를 반복하여 얻은 위치 정보 후보군 좌표

수행하여 얻은 위치 정보 데이터들의 좌표를 보여 준다. 측위 용 비콘 범위 내에 있는 위치 정보 좌표들을 무선 측위 오차를 보상하기 위한 위치 정보 후보군으로 보고, 이들 중에서 최적의 위치 정보를 갖는 좌표를 추정할 수 있다. 그림 2는 그림 1에서 얻은 위치 정보 후보군 좌표들의 분포를 보여준다. 무선 측위를 통하여 얻은 위치 정보 후보군의 좌표 정보들은 실제 태그 위치를 중심으로 분포되어 있다는 것을 그림 2의 분포를 통해 확인할 수 있다. 이를 통해 무선 측위 오차의 원인이 되는 무선 통신 환경에 의한 잡음은 가우시안 확률적 특성을 갖는 백색 잡음의 형태이며 평균이 영의 값을 갖는다고 볼 수 있다. 따라서 분포가 가장 많은 좌표 정보를 최적의 위치 정보로 볼 수 있고, 최적의 위치 정보를 추정하기 위해서는 후보군의 무게중심 점을 찾으면 된다. Scanning 기법에서는 후보군의 무게중심 점을 찾기 위해 측위 용 비콘 범위 내의 좌표를 일정 간격으로 scanning하고, 각각의 scanning 좌표와 위치 정보 후보군 좌표들의 거리 합을 구하여 최소값을 갖는 좌표를 도출한다. Scanning 좌표가 위치 정보 후보군의 무게중심 점에 다가갈수록 후보군 좌표들과의 거리 합은 점점 작아질 것이고, 따라서 최소의 거리 합을 가질 때의 좌표가 최적의 태그 위치 정보로 결정되는 것이다. 그림 3은 Scanning 기법에서 설정된 scanning 좌표와 각각의 scanning 좌표에서 위치 정보 후보군 좌표들의 거리 합을 구하는 과정을 나타내었고, 식 (1)에 거리 합을 구하는 수식을 정리하였다. 식 (1)에서  $N$ 은 위치 정보 후보군에 속한 좌표의 수이고  $M$ 은 설정된

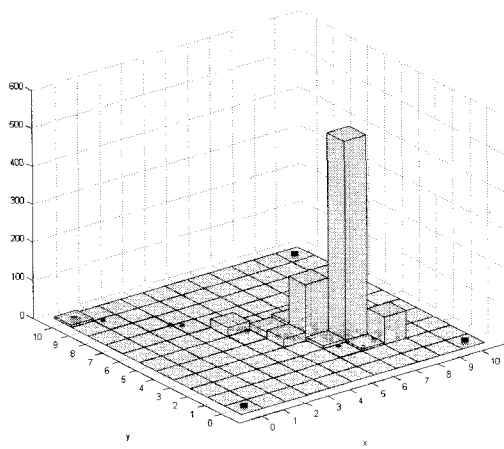


그림 2. 무선 측위를 반복하여 얻은 위치 정보 후보군 분포

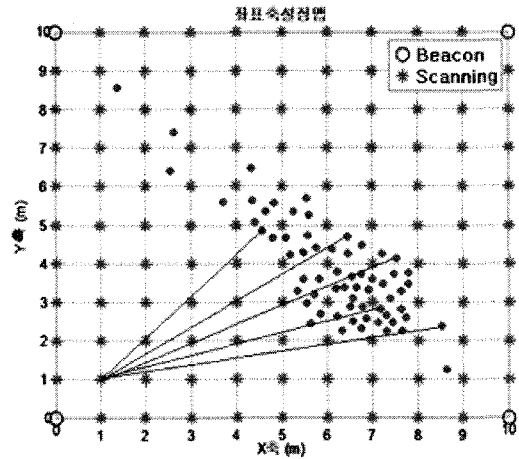


그림 3. 하나의 scanning 좌표에 대한 위치 정보 후보군 좌표들과의 거리 합을 구하는 과정

scanning 좌표들의 수이다. 그리고  $(x_k, y_k)$ 는 위치 정보 후보군에 속한 각각의 좌표들을 나타내며  $(X_i, Y_i)$ 는 scanning 좌표들을 나타낸다.

$$S = \left[ \sum_{k=1}^N \left( \sqrt{(X_i - x_k)^2 + (Y_i - y_k)^2} \right) \right], \quad (1)$$

$i = 1, 2, \dots, M$

### III. 무선 측위 오차 보상 알고리즘의 연산량 감소를 위한 방법

#### 3.1 일반적인 유전자 알고리즘 최적화 방법

유전자 알고리즘은 탐색과 최적화 문제 해결을 위한 알고리즘으로 진화론의 적자생존과 자연선택의 유전학에 근거한 적응 탐색 기법이다<sup>[6]</sup>. 이는 다양한 최적화 분야에 적용되어 왔으며 복잡한 조합문제에서 효율적인 탐색이 가능하고 최적의 해에 가까운 해를 구할 수 있다는 장점이 있다<sup>[6][7]</sup>. 일반적으로 유전자 알고리즘은 새로운 개체 (chromosome)를 만들기 위하여 교배 (crossover), 돌연변이 (mutation), 재생산 (reproduction)의 3가지 유전 과정을 거치게 되며 그 절차는 그림 4와 같다. 이 때 사용되는 변수의 형태는 크게 유전형 (Geno type)과 표현형 (Pheno type)의 두 가지 형태를 사용한다. 먼저 유전형 변수는 유전 과정의 편의를 위해 변수들을 이진화 인코딩하여 표현하는 형태로 대부분의 유전 과정에서 사용된다. 반면에 표현형 변수는 실제의 변수 형태로 표현하는 형태로 주로 적합도의 계산

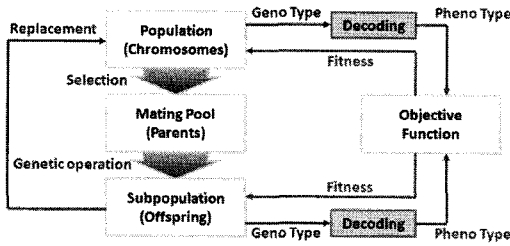


그림 4. 유전자 알고리즘의 유전 과정

과 해집합을 표현하기 위해 사용된다.

유전자 알고리즘은 임의의 다수의 개체를 유전형 형태로 표현하여 개체군 (population)을 생성하는 것으로 시작한다. 개체군에 속한 각각의 개체들은 표현형으로 바뀌어 최적화 목적에 따른 적합도를 평가 받게 되고 적합도 값에 따라 확률적으로 부모 개체로 선택 (selection)된다. 선택된 부모 개체들은 교배, 돌연변이의 유전 과정을 통해 새로운 개체를 생성하게 되고 새롭게 생성된 개체들은 다시 적합도 평가를 받게 된 후 적합한 개체들이 재생산된다. 이러한 과정은 사전에 설정된 세대 수 만큼 반복되어진다<sup>[8]</sup>.

### 3.2 무선 측위 오차 보상 알고리즘의 연산량 감소를 위한 유전자 알고리즘 적용 방안

앞서 설명한 Scanning 기법을 이용한 무선 측위 오차 보상 알고리즘은 태그 위치 정보를 추정하는데 있어서 정확성은 뛰어나지만, scanning 좌표 하나하나에 대해 연산해야 한다는 부담감이 따른다. 보다 정밀한 태그의 위치를 알고 싶다면, Scanning 기법에서는 scanning 좌표를 더욱 정밀하게 설정해야 하는데 scanning 좌표가 늘어날수록 그에 따른 연산량도 증가하기 때문에 실시간성을 요구하는 무선 측위에서는 이 같은 연산량을 줄이는 방법을 필요로 한다. 따라서 본 절에서는 기존 Scanning 기법의 무선 측위 오차 보상 알고리즘에 소요되는 연산량을 줄이기 위해 유전자 알고리즘을 사용하였다. 앞서 설명한 Scanning 기법에 탐색과 최적화 문제 해결을 위한 알고리즘으로 알려진 유전자 알고리즘을 적용하여 무선 측위의 정확성을 유지하면서 연산량을 줄일 수 있는 효율적인 알고리즘을 제안하고자 한다.

Scanning 기법에서 오차를 보상하기 위해 필요한 값은 무선 측위 과정을 반복하여 얻을 수 있는 다수의 위치 정보 후보군 좌표 값들과 측위 용 비콘 범위 내의 scanning 좌표들이다. 이 값들을 이용하

여 각각의 거리 합을 구하고 최소값을 도출하는 것이 Scanning 기법이다. Scanning 기법에 유전자 알고리즘을 적용하기 위해서는 유전자 알고리즘의 교배 및 재생산 과정에 사용될 개체를 만들어야 하는데, 기본적인 개체의 구성은 그림 5와 같다. 모든 개체는 scanning 좌표의 정보를 가지고 있는  $x, y$ 의 주소값을 이진화 된 정보로 표현한다. 예를 들어  $10 \times 10$  범위 내의 좌표를  $0.5m$  간격으로 scanning 하였을 때 scanning 좌표 (7, 3)은 주소값 (15, 7)로 나타낼 수 있고, 이를 이진 정보로 표현하여 '0111100111'로 변환한다. 이와 같이 설정된 scanning 좌표를 이진화 된 개체로 변환하여 유전자 알고리즘을 적용할 수 있다. 그림 6은 제안하는 유전자 알고리즘 적용 방안에서 설정된 scanning 좌표를 이진화 된 개체로 변환하는 과정을 보여주고 있다. 일반적인 Scanning 기법에서는 설정하는 scanning 좌표의 정밀도가 높아질수록 scanning 좌표의 개수가 늘어나 무선 측위 오차 보상을 위한 연산량이 크게 증가한다. 하지만 유전자 알고리즘을 적용한 기법에서는 scanning 좌표의 개수가 늘어나게 되면 단지 개체를 구성하기 위한 비트의 할당량만이 증가하기 때문에 전체적인 연산량에 미치는 영향은 비교적 작다.

그림 7은 유전자 알고리즘을 적용한 Scanning 기법의 처리 흐름도를 나타내고 있다. 먼저, 개체군의 초기화를 위해 그림 5와 같은 형태로 구성된 개체



그림 5. Scanning 기법에 유전자 알고리즘을 적용하기 위한 개체의 구성

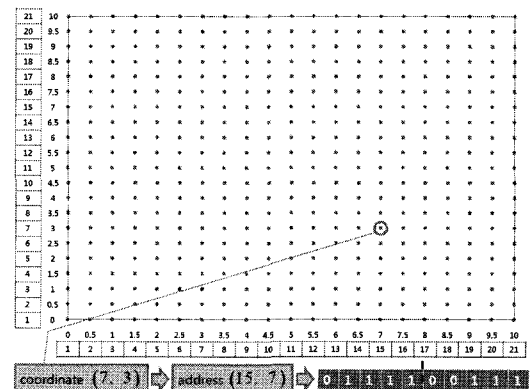


그림 6. Scanning 기법에 유전자 알고리즘을 적용하기 위한 개체 변환 과정

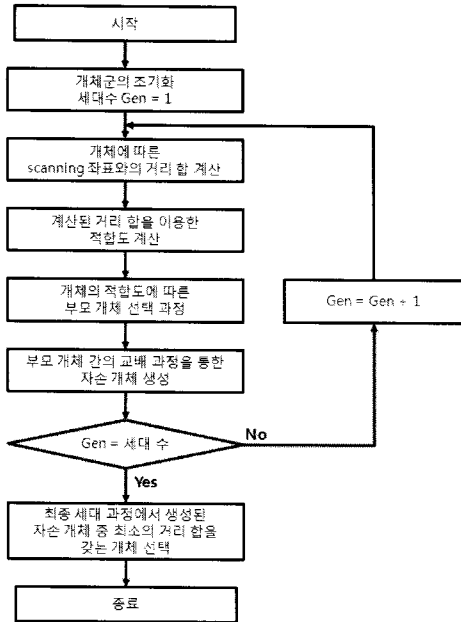


그림 7. 유전자 알고리즘을 적용한 Scanning 기법의 처리 흐름도

들을 설정된 개체군의 크기만큼 뽑아낸다. 이 때, 개체군은 모든 scanning 좌표를 이진 비트열로 변환한 개체들로부터 무작위로 추출하고 개체군의 크기는 결과에 따라 조정할 수 있도록 하였다. 그리고 개체군에 속한 각각의 개체들은 최적화 목적에 맞게 작성된 적합도 함수에 따라 평가를 받게 되고 적합도 값에 따라 확률적으로 부모 개체로 선택된다. Scanning 기법에서 태그 위치 추정 값을 최적화하기 위해 거리 합의 최소값을 사용했으므로 제안하는 유전자 알고리즘의 유전 과정에서 사용될 적합도 함수로 식 (2)를 사용하였다.

$$Fitness\ function = \min \left[ \sum_{k=1}^N \left( \sqrt{(X_i - x_k)^2 + (Y_i - y_k)^2} \right) \right], \quad (2)$$

$$i = 1, 2, \dots, M$$

식 (2)의  $N$ 은 앞서 설명한 Scanning 기법에서 무선 측위 반복 과정을 통해 얻은 위치 정보 후보군 좌표 값들의 수이고  $M$ 은 개체군의 크기를 나타낸다. 그리고  $(x_k, y_k)$ 는 각각의 샘플 좌표들을 나타내며,  $(X_i, Y_i)$ 는 모집단인 scanning 좌표에서 무작위로 추출한 개체군에 속한 각각의 좌표들을 나타낸다. 이 함수에 의해 주어진 적합도 값에 따라 확률적으로 선택된 부모 개체의 좌표 값들은 유전 과정의 편의를 위해 이진화 인코딩하여 유전형으로

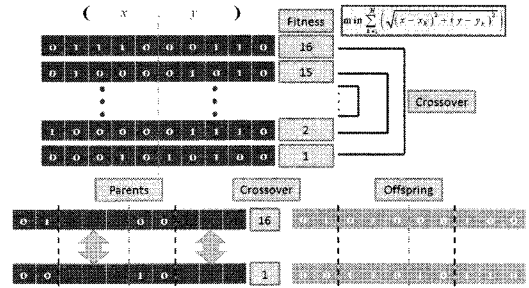


그림 8. 유전자 알고리즘의 선택 과정과 교배 과정

만든다. 그리고 선택과 교배 과정을 거쳐 새로운 개체군을 재생산한다. 재생산된 자손 개체들은 표현형으로 변환하여 다시 적합도 평가를 받게 되고, 선택된 개체들로부터 유전 과정을 거쳐 새로운 개체들을 또 다시 재생산하게 된다. 제안하는 유전자 알고리즘을 적용한 기법에서는 이러한 과정을 몇 세대 반복하여 최적화된 위치 정보 추정 값을 결정할 수 있다. 그림 8은 적합도에 따른 부모 개체 선택 과정과 부모 개체 간의 교배 과정을 통한 자손 개체의 생성 과정을 보여주고 있다. 표현형인 위치 정보  $(x, y)$  좌표는 적합도 함수에 의한 적합도 계산에 사용되고 유전형인 이진 코드로 변환한 개체는 교배 과정과 같은 유전 과정에서 사용된다.

### 3.3 무선 측위 오차 보상 알고리즘의 연산량 감소를 위한 블록 윈도우 적용 방안

본 절에서는 Scanning 기법의 무선 측위 오차 보상 알고리즘에 소요되는 연산량을 줄이기 위한 방안으로 블록 윈도우를 적용한 방법을 제안하고자 한다. 앞서 설명한 Scanning 기법은 측위 용 비콘 범위 내에 설정한 scanning 좌표 모두를 탐색하고 연산해야 함으로 높은 연산량을 요구한다. 하지만 최종적으로 얻고자 하는 태그의 위치 좌표는 무선 측위를 반복하여 얻은 위치 정보 후보군에 속해 있으므로 측위 용 비콘 범위 내의 scanning 좌표 모두를 탐색·연산하지 않고 위치 정보 후보군이 밀집된 영역의 부분 탐색·연산만으로도 위치 오차 보상이 가능하다.

본 절에서 제안하는 기법에서는 블록 윈도우를 사용하여 위치 정보 후보군의 분포가 밀집된 범위를 찾고, 이 범위 내에서 scanning 좌표를 설정하여 최적의 위치 정보를 추정하는데 사용하였다. 따라서 기존의 Scanning 기법보다 scanning 좌표를 설정하는 시간과 오차 보상 연산 시간을 모두 줄일 수 있고, 위치 정보 추정 능력은 Scanning 기법과 동일

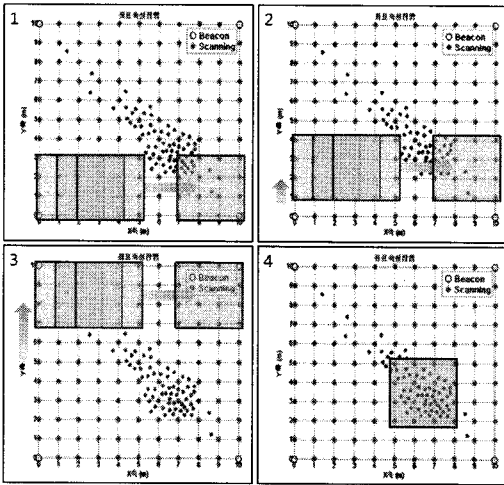


그림 9. 블록 원도잉 과정

함으로 매우 효율적이다. 그림 9는 블록 원도잉을 사용하여 위치 정보 후보군의 분포가 가장 밀집된 지역을 찾아내는 과정을 보여주고 있다. 예를 들어 3×3의 크기를 갖는 블록을 설정하고 측위 용 비콘 범위 내의  $x$ 축과  $y$ 축을 서서히 이동시켜 블록 내에 들어간 위치 정보를 카운트한 후, 위치 정보 후보들이 가장 많은 블록을 찾아낸다.

#### IV. 모의실험

본 논문에서는 효율적인 무선 측위 오차 보상 알고리즘을 제안하기 위해서 기존의 Scanning 기법과 Scanning 기법에 유전자 알고리즘과 블록 원도잉을 적용한 기법을 비교하여 연산량 감소 성능 및 효율성을 평가하였다. 모의실험을 위해 IEEE 802.15.4a TG에서 제시한 채널 모델 7 (CM7)에서 얻은 거리 인지 오차 정보를 사용하였고 측위 알고리즘으로는 TDOA 정보를 이용한 Chan-Ho 알고리즘<sup>9)</sup>을 사용하였으며, 그림 10에 모의실험에 사용된 측위 용 비콘의 위치 정보를 나타내었다.

제안한 기법의 성능을 분석하기 위하여 먼저 Scanning 기법의 실험 결과를 확인하였다. 그림 11은 실제 태그 위치를 (7, 3)으로 가정하였을 때, Scanning 기법의 실험 결과이다. Scanning 좌표는 0.5m 간격으로 설정하였고, 측위 용 비콘 범위 내의 위치 정보 후보군인 파란색 점들로부터 최적의 위치 정보 좌표인 빨간색 별 모양의 점을 추정하였다. 실험 결과를 통해 실제 태그 위치 정보를 정확히 추정하는 것을 확인할 수 있다.

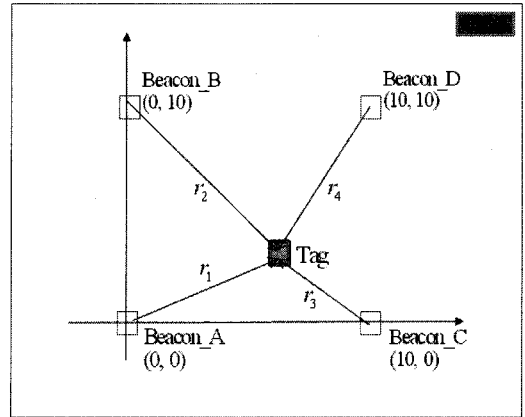


그림 10. 모의실험을 위한 측위 용 비콘 위치 정보

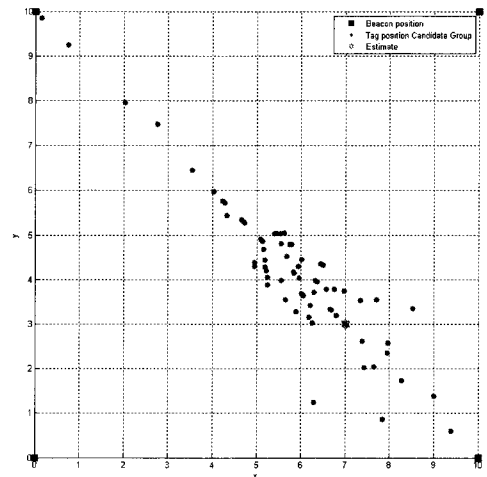


그림 11. Scanning 기법 시뮬레이션 결과

#### 4.1 유전자 알고리즘 적용 기법

유전자 알고리즘 적용 기법에서는 개체군의 크기에 따라 scanning 좌표의 탐색 범위가 정해지기 때문에 위치 추정의 정확도 역시 개체군 크기의 영향을 받는다. 따라서 본 논문에서는 정확한 위치 정보 추정 능력을 유지할 수 있도록 개체군의 크기를 조정하면서 실험을 반복하여 측위 정확도가 90% 이상이 될 때의 개체군 크기를 측정하였다. 표 1에 개체군 크기와 그에 따른 측위 정확도를 나타내었다. 표 1의 결과에 따라 본 실험에서는 개체군 크기를 200으로 설정하고 유전자 알고리즘 적용 기법의 성능을 비교 분석하였다. 그림 12는 유전 과정에서의 반복 세대 수에 따른 최소 거리 합을 나타내고 있고, 세대가 반복됨에 따라 거리 합이 수렴함을 알 수 있다. 그림 13은 유전자 알고리즘 적용

표 1. 개체군 크기에 따른 측위 정확도

개체군 (Population)	측위 정확도 (%)
50	48
100	77
200	95

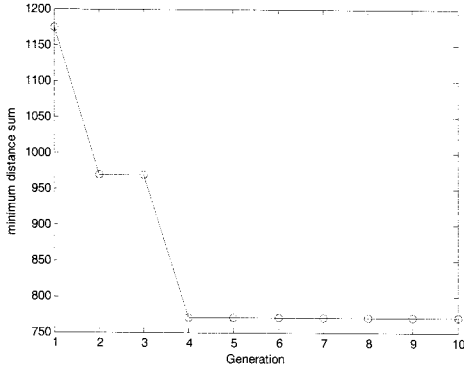


그림 12. 세대 수에 따른 최소 거리 합 최적화 과정

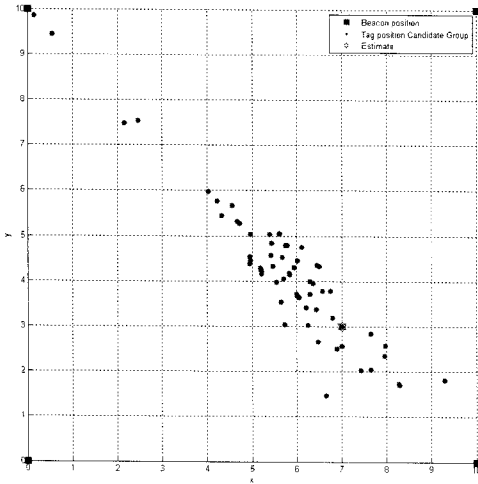


그림 13. 유전자 알고리즘 적용 기법 시뮬레이션 결과

기법의 측위 실험 결과를 나타내며, 실험 결과를 통해 유전 과정을 4 세대 또는 5세대 정도 반복하면 최적의 위치 정보를 추정할 수 있음을 알 수 있다.

#### 4.2 블록 윈도우 적용 기법

블록 윈도우를 적용한 기법은 기존의 Scanning 기법에서 설정하는 scanning 좌표의 범위를 대폭 감소하여 탐색과 연산의 시간을 줄이는 기법으로 낮은 연산량으로도 Scanning 기법과 동일한 측위 성능을 가진다. 그림 14는 블록 윈도우를 적용하여

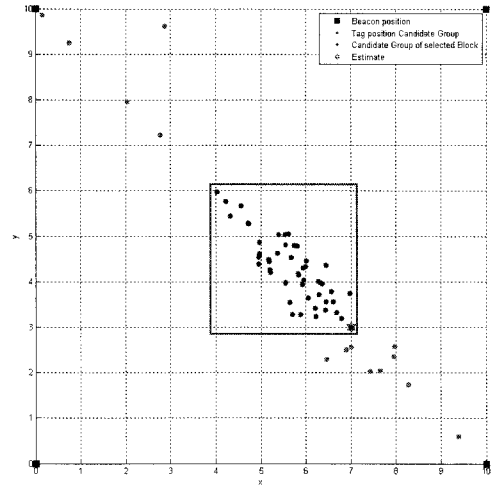


그림 14. 블록 윈도우 적용 기법 시뮬레이션 결과

태그의 위치 정보를 추정하는 실험 결과를 나타낸다. 블록 크기는 3×3으로 설정하였고, 위치 정보 후보군의 분포가 가장 밀집된 블록에서 scanning 좌표를 설정하고 Scanning 기법을 사용하여 좌표들의 무게 중심 점을 최적의 태그 위치 정보로 추정하였다.

#### 4.3 무선 측위 오차 보상 기법의 연산량 비교

앞선 실험에서 Scanning 기법과 유전자 알고리즘 적용 기법, 블록 윈도우 적용 기법의 측위 정확도를 확인하였다. 본 절에서는 효율적인 무선 측위 오차 보상 기법을 연구하기 위해 세 가지 기법의 연산량을 비교하여 낮은 연산량으로도 정확한 위치 정보 추정이 가능한 방안을 찾고자 한다. 그림 15는 scanning 좌표를 0.5m 간격으로 설정했을 때의 연

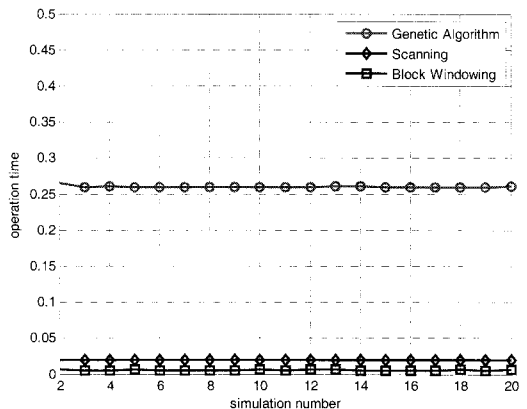


그림 15. 연산 시간 비교 (0.5m scanning)

산 시간을 비교한 것이다. 실험 결과를 통해 scanning 좌표가 0.5m 간격일 때는 유전자 알고리즘을 적용한 기법의 연산 시간이 Scanning 기법과 블록 윈도우를 적용한 기법보다 월등히 높은 것을 알 수 있다. 이는 유전자 알고리즘 적용 시 적합도 평가에 의한 선택 과정과 교배 과정의 반복되는 시간을 무시할 수 없기 때문이다. 따라서 유전자 알고리즘 적용 기법은 작은 양의 탐색과 연산을 요구하는 기법에서는 비효율적이라는 것을 알 수 있다. 이제 많은 양의 탐색과 연산을 요구하는 기법에서는 유전자 알고리즘 적용 기법이 효율적인지 확인하기 위해 scanning 좌표를 좀 더 정밀하게 설정하고 연산 시간을 비교하였다. 그림 16은 scanning 좌표를 0.1m 간격으로 설정했을 때의 실험 결과이다. Scanning 좌표를 정밀하게 설정하면 탐색과 연산을 많이 요구하기 때문에 Scanning 기법의 연산 시간은 높아졌지만, 유전자 알고리즘 적용 기법은 개체군 크기에 변화가 없으면 연산 시간도 비슷한 것을 확인할 수 있다. 하지만 블록 윈도우를 적용하면 scanning 좌표의 설정 범위와 연산 시간을 줄일 수 있으므로 scanning 좌표의 설정 간격에 관계없이 낮은 연산량으로도 Scanning 기법과 동일한 결과를 얻을 수

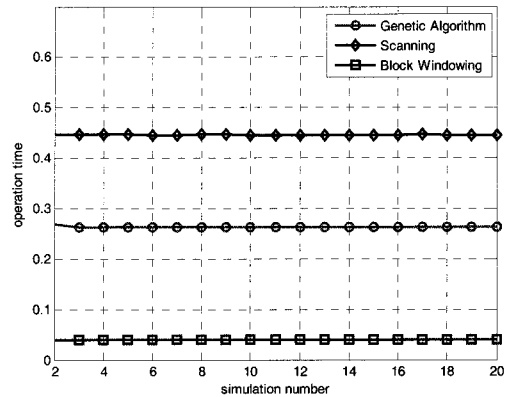


그림 16. 연산 시간 비교 (0.1m scanning)

있다는 것을 확인할 수 있다.

### V. 결론

정확한 무선 측위 결과를 얻기 위해서는 측위 과정에서 발생하는 오차를 보상하는 방법이 요구된다. 본 논문에서 소개하는 Scanning 기법은 동일한 위치에 있는 태그에 대해 무선 측위를 반복 수행하여 얻을 수 있는 다수의 위치 정보 추정 값들의 분포를 이용하여 최적의 위치 추정 값을 도출하는 오차 보상 기법이다. Scanning 기법을 이용하여 정확한 위치 정보를 추정하기 위해서는 scanning 좌표를 정밀하게 설정해야하며, 따라서 많은 양의 탐색과 연산을 요구하게 된다. 본 논문에서는 높은 연산량을 요구하는 Scanning 기법의 연산량을 줄이는 방안으로 유전자 알고리즘을 적용하는 방안과 블록 윈도우를 적용하는 방안을 제안하였다. 제안된 기법의 성능을 모의실험을 통해 비교 분석하였고, 정밀한 무선 측위를 고려할 때 낮은 연산량으로도 정확한 위치 추정이 가능함을 확인하였다. 그리고 유전자 알고리즘 적용 방안은 많은 양의 탐색과 연산을 요구하는 기법에서 효율적이라는 것을 확인함에 따라 본 논문의 실험 환경보다 넓은 범위의 환경에서 유전자 알고리즘 적용 방안의 가능성을 예상할 수 있으며, 블록 윈도우 적용 기법과 유전자 알고리즘 적용 기법을 함께 적용하는 방안 등 향후 이에 대한 연구가 필요하다.

### 참고 문헌

[1] F. Chin, Zhi. Wanjun and Ko. Chi-Chung, "System performance of IEEE 802.15.4 low

표 2. 세 가지 기법의 평균 연산량 비교 (0.5m scanning)

[0.5m scanning]	파라미터 설정 값		평균 연산량
Scanning 기법	scanning 좌표	21×21	0.0195 s
유전자 알고리즘 적용 기법	Crossover probability	0.7	0.2603 s
	Population	200	
	Generation	10	
Block Windowing 적용 기법	Block 내 scanning 좌표	7×7	0.0059 s

표 3. 세 가지 기법의 평균 연산량 비교 (0.1m scanning)

[0.1m scanning]	파라미터 설정 값		평균 연산량
Scanning 기법	scanning 좌표	101×101	0.4461 s
유전자 알고리즘 적용 기법	Crossover probability	0.7	0.2632 s
	Population	200	
	Generation	10	
Block Windowing 적용 기법	Block 내 scanning 좌표	31×31	0.0394 s



rate wireless PAN using UWB as alternate-PHY layer," *Proc. IEEE Conference on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC 2003)*, Vol. 1, pp. 487-491, Sept., 2003.

- [2] J.C. Adams, W. Gregorwich, L. Capots, and D. Liccardo, "Ultra-Wideband for Navigation and Communications," *Proc. IEEE on Conference Aerospace*, Vol. 2, pp. 785-792, March, 2001.
- [3] R.J. Fontana, S.J. Gunderson, "Ultra-Wideband Precision Asset Location System," *Proc. IEEE Conference on UWB Systems and Technologies (UWBST)*, pp. 147-150, May, 2002.
- [4] D. Niculescu and N. Badri, "Ad hoc positioning system (APS) using AOA," *Proc. 22th Joint IEEE Computer Communications Soc. (INFOCOM' 03)*, Vol. 3, Mar. 30-Apr., 3 2003, pp. 1734-1743.
- [5] K. Pahlaven and X. Li, "Indoor geolocation science and technology," *IEEE Commun. Mag.*, Vol. 40, No. 2, pp. 112-118, Feb., 2002.
- [6] J. H. Holland, *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975.
- [7] K. S. Tang, K. F. Man, S. Kwong and Q. He, "Genetic Algorithms and their Applications," *IEEE Signal Processing Magazine*, pp. 22-37, Nov., 1996.
- [8] D. E. Goldberg, *Genetic Algorithm in search, optimization and machine learning*, Addison Wesley Publishers, 1989.
- [9] Ho K., Chan Y., "Solution and Performance Analysis of Geolocation by TDOA," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems* Vol. 29, No. 4, October, 1993.

박재욱 (Jac Wook Park)

준회원

2009년 2월 숭실대학교 정보통신전자공학부 학사

2009년 3월~현재 숭실대학교 정보통신공학과 석사과정

<관심분야> Position Location based on UWB, RFID, 유전자 알고리즘



배승천 (Seung Chun Bae)

준회원



2008년 2월 남서울대학교 정보통신공학과 학사  
2008년 3월~현재 숭실대학교 정보통신공학과 석사과정  
<관심분야> Position Location based on UWB, RFID

이순우 (Soon Woo Lee)

정회원

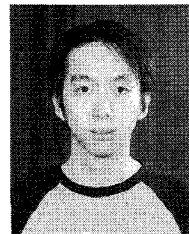


2001년 부산대학교 전자공학과 학사  
2003년 한국과학기술원 전기전자과 석사  
2004년~2005년 Hynix 반도체  
2005년~현재 한국전기연구원 전기정보망 연구그룹 근무

<관심분야> 신호처리 및 VLSI 설계

강지명 (Ji Myung Kang)

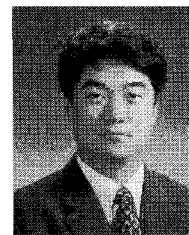
정회원



2004년 서울대학교 컴퓨터공학부 학사  
2006년 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 석사  
2006년~현재 한국전기연구원 전기정보망 연구그룹 근무  
<관심분야> 무선 네트워크, 센서 네트워크, 전력선 통신

이원철 (Won Cheol Lee)

정회원



1986년 2월 서강대학교 전자공학과 학사  
1988년 2월 연세대학교 전자공학과 석사  
1994년 New York Polytechnic Univ. Electronic Eng. 박사  
1995년~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수

<관심분야> Cognitive Radio, SDR 기술, Position Location based on UWB, CDMA2000/WCDMA, Smart Antenna