

# 퍼지 다기준 의사 결정을 이용한 이동체 위치 추적 방법

정희원 이기성\*, 신창돈\*\*, 이종찬\*\*\*, 이근왕\*\*\*\*

## Mobile Tracking Method based on the Fuzzy Mliti-criteria Decision Making

Gi-Sung Lee\*, Chang-doon Shin\*\*, Jong-chan Lee\*\*\*, Keun-Wang Lee\*\*\*\*,

Regular Members

요 약

본 연구에서는 AOA(Angle of Arrival)와 TOA(Time of Arrival) 그리고 TDOA(Time Difference of Arrival)의 추정값을 이용한 위치 추정 기법들이 설명되고 분석된다. 이들 기법들을 다중경로 페이딩 (mutipath fading)과 shadowing을 갖는 마이크로셀 환경에 적용한다면, 빠르고 예측할 수 없는 신호 레벨의 변화로 인하여 이동체의 위치를 정확히 추정하는 것은 어렵다. 따라서 본 연구에서는 수신 신호 세기 (RSS: Received Signal Strength) 이외에 이동체와 기지국간이 거리, 이동체의 이동방향, 이동체의 이전위치와 같은 부정확한 다수의 파라미터를 동시에 고려하는 퍼지 다기준 (multi-criteria) 의사 결정 방법을 이용하여 이동체의 위치를 결정하는 방법을 제안한다. 시뮬레이션을 통하여, 이동체의 방향과 속도의 영향을 분석한다.

### ABSTRACT

In this paper, positioning schemes based on AOA(Angle of Arrival), TOA(Time of Arrival), and TDOA(Time Difference of Arrival) measurements are reviewed and analyzed. In the case of using those schemes in microcell structure with severe multipath fading and shadowing conditions, the rapid and unpredictable variation of signal level makes it difficult to estimate the position and velocity of mobiles.

Therefore, we propose a novel mobile tracking method based on the mliticriteria decision making, in which uncertain parameters such as RSS (Received Signal Strength), the distance between mobile and base station, the moving direction, and the previous location are participated in the decision process using aggregation function in fuzzy set theory. Through a simulation, we analysis the impaction of the frequent change of direction and speed of mobiles.

### I. 서론

미래 이동 통신망의 효과적인 구현을 위해서는 이동체의 위치를 정확히 추정하는 것이 중요하다. 이동 통신망의 주요한 문제점 중의 하나는 이동성이 심한 이동체의 경우에 위치 이동에 의하여 발생되는 트래픽의 양이 많다는 것이다. 특히 증가하는 가입자 밀도에 대처하기 위하여 셀 반경이 작은 마

이크로셀/피코셀로 시스템을 구성할 경우에는 더욱 심각하다. 셀 크기 감소로 인하여 빈번한 핸드오프가 발생하는데, 이동체의 위치 및 속도 정보의 부정확으로 인한 부수적인 순방향 트래픽의 증가 현상을 초래하게 되므로 무선 스펙트럼의 효율을 최대화하기 위하여 그 중요성이 더해간다.

위치 추정에 관한 연구는 교통 관제 시스템에서 화물 운송용 차량이나 비행기 또는 선박의 운행 정

\* 숭실대학교 컴퓨터학과(ygs@saint.soongsil.ac.kr)

\*\*\* 한국전자통신연구원

논문번호 : 00477-1221, 접수일자 : 2000년 12월 21일

\*\* 한림정보산업대학 컴퓨터학과(cdshin@sun.hallym-c.ac.kr)

\*\*\*\* 청운대학교 멀티미디어학과 kwlee@cwu.net.ac.kr

보를 얻기 위해서 사용되어 왔다<sup>[1][2]</sup>. [3]에서는 일련의 기지국들이 이동체 송신기의 신호세기를 통계적인 방법으로 추정하는 시스템을 제안하였다. 이 방법에서는 등고선 정보로부터 이동체의 위치를 결정했지만 현실적인 상황에 적합한 탐색 절차를 제공하지 못했다. [4]에서는 다중 경로 환경에서 기지국에 설치된 멀티빔 안테나에 수신되는 신호의 세기와 그 신호의 입사각 (Angle of Arrival)으로 이동체의 위치를 추정하는 방법이 제안되었다. [5]에서는 인접 기지국과 이동체의 전파 전달 시간 (Time of Arrival)을 이용하여 이동체의 위치를 추정하는 방법이 제시되었다. [6]에서는 두 개의 기지국으로부터의 전파 도달 시간의 상대적인 차 (Time Difference of Arrival)를 이용하여 이동체의 위치를 추정하는 방법이 제시되었다. 최근에, IS-95B에서는 CDMA 방식의 PN 코드를 사용하여 거리 정보를 측정할 수 있다는 점을 착안하여, [5]와 [6]의 방식을 적용하여 이동체의 위치를 추정하는 방법이 고려되고 있다. 그러나 이 방법들은 다중 경로 (multi-path) 환경에서 발생하는 건물의 반사들로 인하여 추정의 정확도가 감소한다.

기존에 제안된 방식들은 이동체의 거리와 속도 정보를 얻기 위해서 이동체에서 측정된 인접 기지국들의 신호 세기, 신호의 방향 또는 전파 전달시간 등 전파 관련 정보에만 의존함으로써, 이동체 주위의 빌딩이나 다른 장애물에 의한 short-term fading, shadowing 그리고 회절 등에 의해서 영향받는다. 따라서 이동체가 기지국이 송신하는 신호 정보만을 이용하여 이동체의 위치를 추정하는 방식은 정확도가 감소한다. 따라서 본 연구에서는 기존 방법의 추정 파라미터인 신호 세기 이외에 이동체와 기지국 간의 거리, 이동체의 이전 위치, 이동체의 이동 방향 등을 추정 파라미터로 사용하는, 퍼지를 이용한 다기준 (multi-criteria) 의사 결정 방법을 제안한다. 이 방법은 의사 결정 알고리즘을 수행하여 이동체가 위치한 지역을 단계적으로 좁혀서 최적의 블록 (block)을 추정하는 방식을 따르고 있다. 이는 기존의 복잡한 위치 추정 과정을 단순화시키고, 단계화하여 이동체를 추정함으로써 이동체 추정의 정밀도를 높인다.

## II. 기존의 연구

기존에 연구된 이동체 위치 추정 방법은 크게, 이동체가 전송한 신호의 도래각 (AOA; Angle of

Arrival)을 기지국이 측정하여, 기지국을 기준으로 신호의 방향을 추정함으로써 이동체의 위치를 구하는 방식과 전파전달 시간을 측정하여 위치를 구하는 방식으로 분류할 수 있다. 전파전달 시간 측정 방식은 다시, 이동체와 기지국 사이의 전파 도달 시간 (TOA; Time of Arrival)을 측정값으로 이용하는 방식과 두 개의 기지국으로부터 전파 도달 시간의 상대적인 차 (TDOA; Time Difference of Arrival)를 측정값으로 이용하는 방식으로 구분할 수 있다.

AOA 측정값을 이용한 위치 측정 방법에서는 두 개 이상의 기지국에서 이동체로부터 오는 신호를 이용하여 이동체의 위치를 구한다. 하나의 기지국에서 측정된 신호의 방향은 하나의 방향각 (LOB; Line of Bearing)을 형성하고 이들 LOB의 교점이 이동체의 위치가 된다. 그러나 AOA 측정값은 기본적으로 가시선 (LOS; Line of Sight) 신호 성분이라는 가정 하에 위치를 구한다. 마이크로셀과 같이 전파가 밀집 정도가 심하여 반사와 회절 현상이 발생하는 지역에서는 실제 LOS 신호 성분이 수신되지 않을 수도 있다. LOS 성분이 없을 경우, 반사되어 들어온 신호에 의해 상당히 큰 위치 오차를 나타낼 수 있다. 다중 경로의 경우, 건물에 의해 반사되어진 전파가 측정된 신호의 세기 중 가장 강하다면 기지국은 반사되어 들어온 파의 입사각을 계산하여 이동체의 위치를 추정한다. 이와 같은 현상은 마이크로셀 시스템에서 흔히 일어날 수 있는 일로서 이로 인하여 이동체가 추정되는 위치는 실제 이동체의 위치와 큰 차이를 보이게 된다.

TOA는 전자파의 전달 거리는 도달 시간에 비례한다는 사실에 근거하여, 각 기지국에서 이동체까지의 신호의 도달시간, 즉 거리를 추정한다. 만약 신호가 이동체에서  $i$ 번째 기지국에 도달하는 시간을  $t_i$ 라 하면, 이동체는 기지국의 반경  $R_i$  (즉  $ct_i$ )에 놓이게 된다. 그러므로, 만약 자유공간상에서 이동체 송신단에서 전송한 전파가  $10 \mu s$  후에 기지국 수신단에 도착한다면, 이동체는 기지국으로부터 거리 3000m의 반경에 존재한다. 이 방법은 다음의 두 가지 문제점이 있다. 우선, 시스템 내에 존재하는 모든 송신단들과 수신단들 사이에 정확한 동기화가 필수적이다. 만약  $1 \mu s$ 의 동기화 오차가 발생하면 무려 300m의 큰 위치 추정 오차를 발생시킨다. 두 번째, TOA 방법 또한 AOA와 마찬가지로 회절과 반사가 많이 일어나는 마이크로셀에서 이동체의 위치 추정에는 적당하지 못하다. 왜냐하면 이 알고리즘 또한 가시영역이 존재한다는 가정 하에 발전하

였고, 가지영역이 존재하지 않기 때문에 이동체가 위치하는 지역이 원형으로 나타나지 않고 왜곡되어진 동고선 모양으로 나타난다.

TOA의 두 가지 문제를 해결하기 위하여 최근 TDOA 방법이 연구되었다. LORAL이나 DECCA와 같은 항법 시스템에서 사용되고 있는 TDOA 방법은 이동체에서 각 기지국까지 거리의 차에 비례하는 도달 시간 ( $T_i$ )의 차에 의한 거리 값 ( $R_i = ct_i, c = 3 \times 10^8$ )이 계산된다. 여기서, 각 기지국 간의 거리의 차 ( $R_{i,j}$ )는 쌍곡선으로 나타내는데 이러한 3개 이상의 기지국으로부터 얻어지는 2개 이상의 쌍곡선간의 교차점에 이동체가 위치하게 된다. 이 TDOA 방법에서는 기지국간의 정확한 시간 동기만을 요구함으로써, 원자시계나 GPS 수신기를 이용하여 기지국간의 동기를 수십 nsec의 정확도까지 비교적 쉽게 얻을 수 있어서 많이 사용되는 기술이다.

### Ⅲ. 시스템 모델과 정의

지금까지 연구되어온 방식들은 간단한 전파 법칙에 따라 신호 세기가 정확히 추정된다는 가정 하에 수행되어 왔다. 그러나 현실적으로 실제 환경과는 차이가 많다. 실제 환경에서는 산과 건물들 때문에 나타나는 shadowing 지역과 반사에 의해 동일한 평균신호세기 점들의 모양이 원형이 아닌 왜곡된 등고선으로 나타난다. 그러므로 전파 법칙도 간단히 거리에 따라 변하는 것이 아니라 여러 가지 매개 변수에 따라 변화하게 된다. 즉 LOS가 존재하지 않고 주위에 마이크로셀 환경의 특유한 반사와 회절에 의하여 영향을 받는 전파환경을 갖는다. 따라서 현재 연구된 위치 추정 방법들은 맨하탄 모델과 같이 거의 가지적인 영역이 존재하지 않는 마이크로셀 환경 하에서는 이동체의 위치 추정의 오차가 커진다. 본 연구에서는 기존의 추정 파라미터로 사용되어 온 수신 신호 세기를 근간으로 하되 이동체와 기지국간의 거리, 이동체의 이전 위치, 이동체의 이동 방향 등을 평가 파라미터에 추가시킴으로서 그 정확도의 향상을 도모하였다.

이러한 다기준 의사 결정은 다수의 평가항목으로부터 제공되는 만족도 (degree of satisfaction), 즉 평가 항목들을 결합하여 전체적인 결정 함수 D를 만들고 이를 의사 결정에 이용함으로써 단일 평가 기준을 이용할 경우에 비해 애매 모호성을 감소시키고 정확한 의사 결정을 행할 수 있다. 다기준 의

사 결정에서 평가 항목은 명제 (proposition)로 해석될 수 있으며, 여러 개의 평가지수들은 접속 연산자에 의해 복합 명제를 구성하고, 총체적인 평가는 단위 평가항목으로부터 제공되는 평가치들을 접속연산자들로 총체화하여 구할 수 있다. 퍼지 이론을 적용하는 다기준 의사 결정 문제의 경우 평가항목의 값들을 0과 1사이의 임의의 값에 사상하고 이들을 퍼지 접속 연산자에 의해 결합한 판단치 역시 0과 1사이의 값이 된다. 따라서, 최종적인 판단은 어떤 기준치 (threshold)를 가정하여 기준치 이상이면 채택하고 이하이면 무시하는 방법으로 의사 결정을 행할 수 있다. 이 방법은 이진 논리를 이용하는 경우보다 의사 결정 시 평가항목의 오차가 총체화된 평가치에 완만한 변화를 유발하고, 최종적인 기준치를 변화시켜 의사 결정의 유연성을 증가시킬 수 있다는 장점이 있다. 또한 단일 평가 항목을 이용하는 의사 결정에 비해 여러 개의 부정확하고 불충분한 평가항목들을 동시에 고려하여 보상할 수 있기 때문에 최적의 의사 결정이 될 수 있다.

본 연구에서 제안한 이동체 위치 결정 알고리즘은 퍼지 접속 연산자를 이용한 다기준 의사 결정 방법 [7-8]을 기본으로 하며, 이동체의 해당 기지국 및 인접 기지국에 대하여 평가 기준들로부터 제공되는 만족도 (이동체가 각 지점에 소속하는 정도)를 총체화하고, 가장 큰 만족도를 제공하는 지점을 목표 지역으로 선택한다. 본 연구에서는 평가 항목을 표현하기 위하여 비율척도를 사용하며, 평가 항목의 중요도를 고려하기 위하여 평가 항목의 중요도에 따라 가중치를 부여한다. 또한 평가 항목의 조정 형태로서 개별적 형태를 고려한다. 제안된 방식은 수신 신호 세기만을 이용하는 기존의 경우보다 단일 파라미터의 부정확성을 보상하여 의사 결정을 내리기 때문에 정확성이 뛰어나고, 여러 파라미터들의 중요도에 따라 가중치를 부가하는 방법을 이용하므로 가변성이 보장된다 할 수 있다.

#### 1. 다기준 의사 결정 항목 (parameter)

본 연구에서는 의사 결정 항목으로 수신 신호 세기, 기지국과 이동체간의 거리, 이동체의 이전 위치, 이동체의 이동 방향 등을 고려한다. 수신 신호 세기는 기존의 위치 추정 방법에서 가장 많이 사용하는 파라미터이다. 이동체 주위의 건물이나 다른 장애물에 의한 전파의 산란이나 반사, 전파 경로의 기후 변화나 다중 경로 현상 등에 의해서 영향을 받기 때문에 매우 불규칙한 프로파일을 갖는다. 따라서

이동체가 기지국으로부터 수신하는 전파 세기만을 이용하여 이동체의 위치를 결정한다면 부정확한 결과를 초래할 수 있다. 또한 수신 신호 세기 이외의 파라미터로 고려되고 있는 것은 기지국과 이동국 사이의 거리이다. 일반적으로 기지국과 이동체 사이의 거리를 파라미터로 고려하는 이유는 블럭 배치 계획과 연관지어 고려하기 위함이다. 그러나 거리 정보의 측정 역시 전파의 다중 경로 현상 등에 의해 부정확할 가능성이 크고, 따라서 거리 자체만을 평가 지수로 고려한다면 부정확한 추정이 될 수 있다. 이동체의 이전 위치가 고려된다. 이동체의 속도에 따라 이동체의 이전 위치에서 이동 반경의 크기를 고려한다. 이동체의 위치는 주기적으로 갱신되므로 바로 전의 위치에 근접한 지역이 추정되는 것이 정상적이다. 이런 특성을 이용하여 이전의 이동체 위치와 추정된 이동체 위치와의 상관 관계를 결정할 수 있다. 따라서 추정된 블럭이 이전 블럭과 너무 상반된 위치에 있다면 결과는 부정확하다고 추정할 수 있다.

이동 방향이 또한 고려된다. 속도에 따라 이동체의 이동 반경 및 이동 패턴은 서로 다른 특성을 보인다. 저속 이동체 (예, 보행자 또는 서행하는 자동차)는 이동 반경이 작은 반면에 이동 패턴이 복잡하고 고속 이동체는 이동 반경이 큰 반면에 이동 패턴은 단조롭다. 이외에 일반적인 특성으로, 이동체는 직진 성향이 가장 강하며, 다음으로 좌회전 또는 우회전 성향을 갖는다. 그러나 후진하는 경우는 (여기서 후진 거리는 단거리가 아니라 한 블럭 이상을 후진하여 가는 경우) 극히 미비하다고 볼 수 있다.

2. 소속 함수의 정의

이동체의 소속 정도 (membership degree)를 결정하기 위하여 사다리꼴 함수 형태의 소속 함수를 사용한다. 사다리꼴 소속함수는 계단형 함수 형태보다는 상한치와 하한치 사이의 값에 대하여 다양한 소속 정도를 제공한다. 이 형태의 퍼지 숫자는 소속 정도가 최대 ( $\alpha=1$ )가 되는 점이 여러 개가 되어 사다리꼴 모양이 된다.

1) 수신 신호 세기의 소속 함수

인접 기지국들의 수신 신호 세기를 이용하여 소속함수를 정의한다. 여기서  $\mu_R$ 은  $i$ 번째 부등식의 소속함수를 나타낸다.  $RSS_i$ 는 기지국  $i$ 가 이동체에 전파한 수신 신호 세기이고,  $s_i$ 는 부등식의 좌변에 대한 가능한 최소 값 (lower\_limit),  $s_{i+1}$ 는 부등식

의 우변에 대한 최대 값 (upper\_limit)으로  $upper\_limit$ 은 7.5이고  $lower\_limit$ 는 5.5이다. 그림 1에  $RSS_i$ 의 소속 함수  $\mu_R(RSS_i)$ 을 보인다.

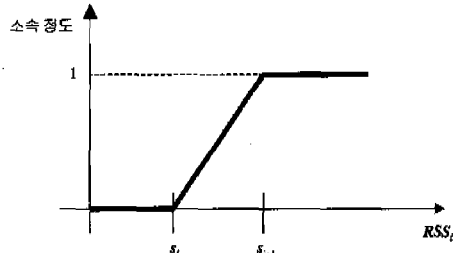


그림 1. 수신 신호 세기의 소속 함수

2) 기지국과 이동체간의 거리의 소속 함수

이동체와 인접 기지국들간의 거리를 이용하여 소속 함수를 정의한다. 여기서  $D_i$ 는 기지국  $i$ 와 이동체간의 거리이고,  $d_i$ 는 upper\_limit,  $d_{i+1}$ 는 lower\_limit이다. upper\_limit은 90이고 lower\_limit은 120으로 정의한다. 그림 2에 거리의 소속 함수  $\mu_R(D_i)$ 을 보인다.

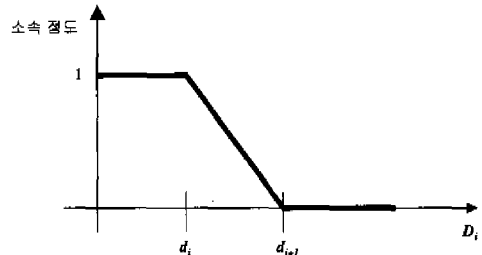


그림 2. 거리의 소속 함수

3) 이동체의 이전 위치의 소속 함수

이동체의 이전 위치와 추정된 위치의 상관관계를 이용하여 소속 함수를 정의한다. 여기서  $L_i$ 는 이동체의 현재 위치,  $E_{i-1}, \dots, E_{i+3}$ 은 이동체의 이전 위치

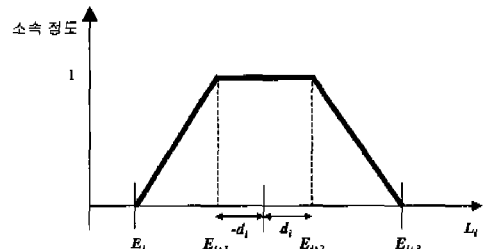


그림 3. 위치의 소속 함수

를 나타낸다.  $d_i$ 는 이전 위치와 현재 위치간의 공간적 위치의 차이를 나타낸다. 그림 3에 이동체 위치의 소속 함수  $\mu_R(L_i)$ 을 보인다.

4) 이동체의 이동 방향의 소속 함수

이동체의 이동 방향을 이용하여 소속 함수를 정의한다. 여기서  $C_i$ 는 이동체의 이동 방향,  $P_i, \dots, P_{i+3}$ 은 수신 신호 세기, 그리고  $s_i$ 는 이전 위치와 현재 위치간의 공간적 위치의 차이이다. 그림 4에 이동 방향의 소속 함수  $\mu_R(C_i)$ 을 보인다.

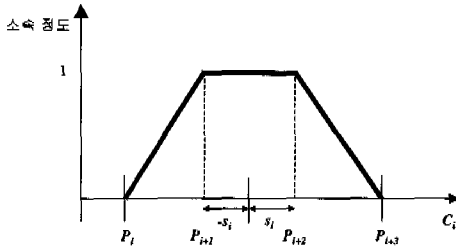


그림 4. 이동 방향의 소속 함수

IV. 퍼지 이론을 이용한 위치 추정

위치 추정 과정은, 이동체가 위치한 블록을 추정하는 단계이며 추정기에 의하여 주기적으로 반복된다. 이러한 위치 추정 과정은, 이동체가 위치한 지역의 크기를 단계적으로 좁혀서 최적의 블록을 결정하는 방법인 3단계 위치 추정 기법 [9]에 기반을 두고 있다. 추정기는 타이머에 의하여 추정 과정을 시작하고 주기적으로 반복한다. 추정기는 다기준 의사 결정 방법을 사용하여 섹터 추정 단계에서 이동체가 위치한 섹터 (Sector)를 추정하고 존 (Zone) 추정 단계에서 이동체가 위치한 존을 추정한 후에 최종적으로 블록 추정 단계에서 이동체가 위치한 블록을 추정한다.

1. 다기준 섹터 (Sector) 추정

섹터 추정 단계의 다기준 의사 결정 파라미터는 신호 세기, 기지국과 이동체간의 거리, 이전 위치 등이 고려된다. 총체화된 소속 정도가 가장 큰 기지국에 인접한 섹터를 이동체가 위치한 섹터로 추정하는데 그 과정은 다음의 섹터 추정 알고리즘으로 나타낸다.

단계 1. 측정된 평가 파라미터에 대한 소속 함수를 참조하여 소속 정도를 구한다.

단계 2. 현재의 기지국과 인접한 기지국에 대해 단계 1에서 구한 소속 정도들을 퍼지 접속 연산자를 이용하여 총체화한다. 총체화 연산자는 퍼지교환 연산자  $\mu_i = \mu_R(RSS_i) \cdot \mu_R(D_i) \cdot \mu_R(L_i)$  (1)와 가중화된 평균 연산자

$$w\mu_i = \mu_R(RSS_i) \cdot W_{RSS} + \mu_R(D_i) \cdot W_D + \mu_R(L_i) \cdot W_L$$

(2)로 정의된다. 여기서  $W_{RSS} + W_D + W_L = 1$ 이다. 식 (2)와 같이 가중치를 부여하는 이유는 위치 추정에 사용하는 각 파라미터의 중요도가 다를 수 있기 때문이다. 본 연구에서는 수신 신호 세기의 가중치  $W_{RSS}$ 는 0.5, 거리의 가중치  $W_D$ 는 0.3, 위치의 가중치  $W_L$ 은 0.2로 정의한다.

단계 3. 셀 내의 모든 블록을 조사하여 추정된 섹터 번호를 갖는 블록들이 다음 단계의 추정을 위하여 선택된다. 블록의 재체 정보에서 섹터 번호를 조사하면 해당하는 블록들을 알 수 있다.

2. 다기준 존 (Zone) 추정

추정 단계 중 2단계에서는 다기준 추정 단계에서 추정된 블록들 중 해당 이동체가 현재 위치하고 있는 존에 속한 블록들을 추정하는 단계이며 다음의 다기준 존 추정 알고리즘에 의하여 최적의 존이 결정된다. 존 추정 단계의 다기준 의사 결정 파라미터는 신호 세기, 기지국과의 거리, 이동 방향 등이 고려된다.

단계 1. 측정된 평가 파라미터에 대한 소속 함수를 참조하여 소속 정도를 구한다.

단계 2. 단계 1에서 구한 소속 정도들을 퍼지 접속 연산자를 이용하여 퍼지교환 연산자  $\mu_i = \mu_R(RSS_i) \cdot \mu_R(D_i) \cdot \mu_R(C_i)$  (3)와 가중화된 평균 연산자

$$w\mu_i = \mu_R(RSS_i) \cdot W_{RSS} + \mu_R(D_i) \cdot W_D + \mu_R(C_i) \cdot W_C$$

(4)를 구한다. 여기서 수신 신호 세기의 가중치  $W_{RSS}$ 는 0.6, 거리의 가중치  $W_D$ 는 0.2, 방향의 가중치  $W_C$ 은 0.2이다.

단계 3. 추정된 존에 해당하는 블록들이 다음 단계 추정을 위하여 선택된다. 섹터 추정 단계에서 추정된 블록들 중에서 존 번호를 조사하면 해당하는 블록을 알 수 있다.

3. 다기준 블록 (block) 추정

추정 과정의 최종 단계로서 다기준 존 추정 단계에서 추정된 블록들 중에서 해당 이동체가 현재 위치하고 있는 블록을 추정하는 단계이다. 블록 추정

단계의 다기준 의사 결정 파라미터는 신호 세기, 기지국과의 거리, 이동 방향 등이 고려된다. 파라미터 중에서 신호세기의 소속 정도는 인접 기지국의 파일럿 신호 중 두 기지국의 수신 신호 세기를 이용하여 구한다. 다음의 블럭 추정 알고리즘에 의하여 최적의 블럭을 추정한다.

단계 1. 측정된 평가 파라미터에 대한 소속 함수를 참조하여 소속 정도를 구한다.

단계 2. 단계 1에서 구한 소속 정도들을 퍼지 접속 연산자를 이용하여 퍼지교환 연산자

$\mu_i = \mu_R(RSS_i) \cdot \mu_R(D_i) \cdot \mu_R(C_i)$  (5)와 가중화된 평균 연산자

$$w\mu_i = \mu_R(RSS_i) \cdot W_{RSS} + \mu_R(D_i) \cdot W_D + \mu_R(C_i) \cdot W_C \quad (6)$$

를 결정한다. 여기서 수신 신호 세기의 가중치  $W_{RSS}$ 는 0.6, 거리의 가중치  $W_D$ 는 0.1, 방향의 가중치  $W_C$ 는 0.3으로 정의한다.

단계 3. 추정된 존에 해당하는 블럭들이 다음 단계 추정을 위하여 선택된다. 블럭의 객체 정보에서 존 번호를 조사하면 해당하는 블럭을 알 수 있다.

## V. 성능 분석

### 1. 시뮬레이션 파라미터

본 논문의 시뮬레이션에 사용한 환경 및 고려 사항은 다음과 같다.

- ① 관심 지역의 크기를  $10 \times 10$  km로 하였고, 7개의 기지국을 설치하였다.
- ② 직선, 교차로 지역에 상관없이 이동체는 일정한 속도를 유지한다고 가정하였다.
- ③ 저속 이동체 (예 보행자나 저속의 자동차)의 속도는 10km/h, 고속 이동체 (고속의 자동차)는 60km/h를 유지한다고 가정하였다.
- ④ 건물 내에서의 경로 손실 데이터는 고려하지 않았다.
- ⑤ 수신 신호 세기와 관련된 시뮬레이션 파라미터는 다음과 같다.

- path-loss에 의한 평균 신호 감쇠는 전파 거리의 3.5 배에 비례한다.
- shadowing은  $\sigma = 6$ dB의 표준 편차를 갖는 log-normal 분포를 따른다.
- 수신 신호 세기가 -16dB 이하이면 수신 신호의 오류로 판단하여 평균 수신 신호 세기의 계

산에서 제외한다.

- power control은 수행하지 않는다.

⑥ 저속 이동체는 7개의 기지국으로부터 1초마다 신호 세기를 측정하고, 고속의 이동체는 0.45초마다 신호 세기를 측정한다고 가정하였다.

### 2. 시뮬레이션 결과

그림 5에서 그림 8에 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 그래프에서 가로축과 세로축은 관심 역의 크기를 나타낸다. 그림 5는 저속 이동체가 직선 경로로 이동중일 때의 추정 확률을 나타내고 있다. 저속 상태의 직진 도로에서는 거의 정확히 위치를 추정함을 알 수 있다.

그림 6은 저속 이동체가 곡선 경로로 이동중일 때의 추정 확률을 나타내고 있다. 위의 결과 (그림 5와 그림 6)에서 알 수 있듯이, 본 연구에서 제안한 다기준 의사 결정 방법은 다중경로 페이딩이 심한 환경에서도 이동체의 위치를 비교적 정확히 추정함

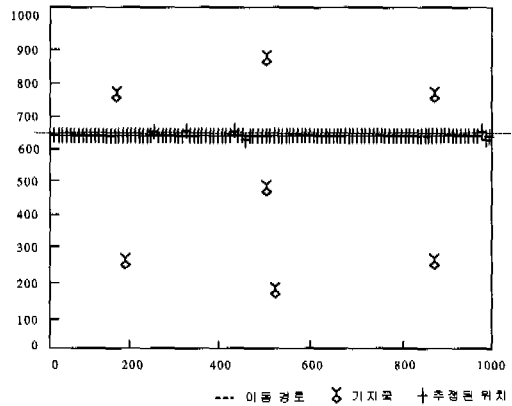


그림 5. 저속 이동체의 위치 추정 - 직선 경로

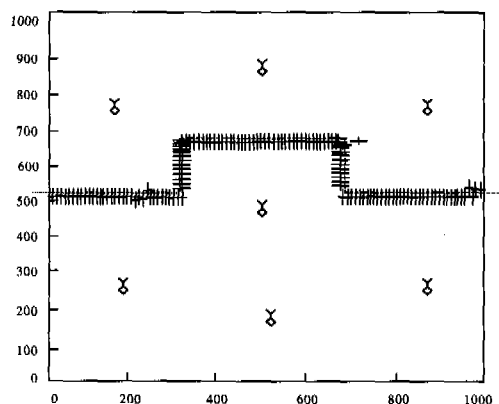


그림 6. 저속 이동체의 곡선 경로 위치 추정

을 알 수 있다. 특히 직선 경로의 경우, 추정 파라미터인 이동 방향과 이전 위치 등이 신호 세기 추정 오류를 보상하는 역할을 하고 있음을 알 수 있다.

고속 이동체가 곡선 경로를 따라서 이동중일 때의 추정 확률을 그림 8에 보인다. 직진으로 이동하다가 좌/우회전에도 이동체의 추정 결과에는 비교적 영향이 없음을 알 수 있다. 실제로 좌/우회전 시에 급격한 신호 왜곡 현상을 일으키지만, 이동체의 이전 위치 및 기지국과의 거리를 신호 세기의 평균값의 오차를 보상하기 위하여 위치 결정에 이용하므로 급격한 좌/우회전 신호의 왜곡을 상당 부분 보상할 수 있었다. 위 결과는 이동체가 좌/우회전 시에도 직진과 동일한 속도로 이동한다고 가정한 결과이다. 그러나 실제의 경우에 직진으로 이동하던 고속 이동체는 좌/우회전을 하기 위하여 속도를 줄이게 된다. 이동체의 속도가 감소할 경우 추정의 정확도가 다소 증가할 것으로 예상된다.

고속 이동체가 직진 경로를 따라서 이동중일 때

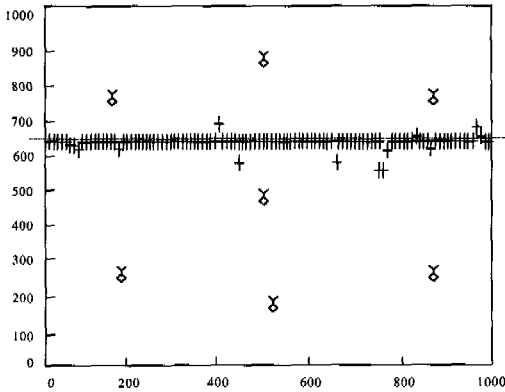


그림 7. 고속 이동체의 직선 경로 위치 추정

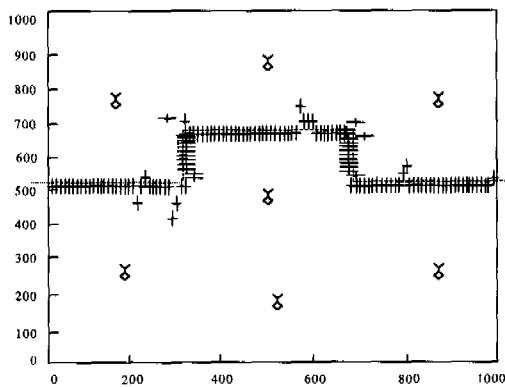


그림 8. 고속 이동체의 곡선 경로 위치 추정

의 추정 확률을 그림 7에 보인다. 저속 이동체의 직진 시의 추정 결과와 비교하여 거의 유사함을 알 수 있다.

## VI. 결론

퍼지를 이용한 다기준 의사 결정 방법을 사용하여 이동국의 위치와 속도 추정이 어려운 마이크로셀에서의 성능 향상을 도모하였다. 본 논문에서는 지금까지 연구되어온 위치 추정 방법들을 분석하고 문제점을 제시하였고, 기존 방법의 추정 파라미터인 신호 세기 이외에 이동체와 기지국간의 거리, 이동체의 이전 위치, 이동체의 이동 방향 등을 추정 파라미터로 사용하는 다기준 의사 결정 방법을 제안하여 추정의 정확도를 높였다.

마이크로셀 환경에서는 shadowing과 반사에 의하여 동일한 평균 신호 세기 점들의 모양이 원형이 아닌 왜곡되어진 등고선으로 나타난다. 그러므로 지금까지 위치 추정 방법으로 연구되어온 AOA, TOA 그리고 TDOA 등의 알고리즘으로는 마이크로셀 환경에서 이동체의 위치를 정확히 추정하는 것은 어렵다. 따라서 본 연구에서는 퍼지를 이용한 다기준 의사 결정 방법을 사용하여 이동체가 위치한 지역을 단계적으로 좁혀서 최적의 불려를 추정하는 방식을 따르고 있다. 이는 기존의 복잡한 위치 추정 과정을 단순화시키고, 단계화 하여 이동체를 추정함으로써 이동체 추정의 정밀도를 높였다.

향후 연구 방향으로는, 본 논문에서 사용한 가중치와 실제 위치와의 문제, 즉 이러한 가중치의 값이 실제 추정치의 결과에 어떠한 영향을 미치는지를 제시하고, 이에 따라 최적의 가중치 값을 결정하는 방법을 제시하려한다. 다른 위치 추정 기법과도 비교되어야 한다.

## 참고 문헌

- [1] S. Riter and J. McCoy, "Automatic vehicle location - An overview," IEEE Trans. Veh. Tech., vol VT-26, pp. 7-11, Feb. 1977.
- [2] S. H. Roth, "History of automatic vehicle monitoring (AVM)," IEEE Trans. Veh. Tech., Vol VT-26, pp. 2-6, Feb. 1977.
- [3] W. G. Figel, N. H. Shepherd and W. F. Trammell, "Vehicle location by a signal attenuation method," IEEE Trans. Veh. Tech., vol. VT-18, pp.

104-109, Nov. 1969.

[4] G. D. Ott, "Vehicle location in cellular mobile radio systems," IEEE Trans. Veh. Tech., Vol. VT-26, Feb. 1977.

[5] H. Staras and S. N. Honikman, "The accuracy of vehicle location by trilateration in a dense urban environment," IEEE Trans. Veh. Tech., vol VT-26, pp. 38-43, Feb. 1972.

[6] T. S. Rappaport, J. H. Reed and B. D. Woerner, "Position Location Using Wireless Communications on Highways of the Future," IEEE Communications Magazine, pp. 33-41, Oct. 1996.

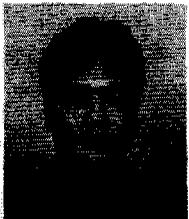
[7] G. J. Klir and T. A. Folger, Fuzzy Set, Uncertainty and Information, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1988.

[8] D. Dubois and H. Prade, "A Review of Fuzzy Set Aggregation Connective," Information Sciences, Vol. 36, No. 1 & 2, 1985.

[9] 이종찬, 이문호, "PCS에서의 이동체 추적 기법," 한국 통신 학회 논문지, Vol. 23, No. 8, pp. 2080-2089, Aug. 1998.

이 기 성(Gi-Sung Lee)

준회원



1993년 2월 : 숭실대학교  
컴퓨터학과 졸업  
1996년 8월 : 숭실대학교  
컴퓨터학과 공학석사  
2001년 8월 : 숭실대학교  
컴퓨터학과 공학박사

<주관심 분야> 멀티미디어 통신, 멀티미디어 응용,  
무선 이동 통신

신 창 둔(Chang-Doon Shin)



1987년 2월 : 숭실대학교  
전자계산학과 졸업  
(공학사)  
1989년 2월 : 숭실대학교 대학원  
전자계산학과 졸업  
(공학석사)  
1998년 9월~현재 : 숭실대학교  
대학원 박사과정 수료

1989년 1월~1997년 2월 : 한국전자통신연구원 선임

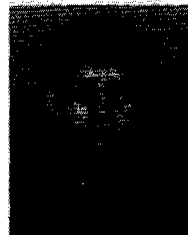
연구원

1997년 3월~현재 : 한림정보산업대학 컴퓨터응용과  
조교수

<주관심 분야> 멀티미디어 통신, 멀티미디어 응용,  
전자상거래, Wireless Multimedia

이 종 찬(Jong-Chan Lee)

준회원

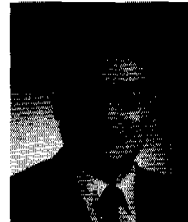


1994년 2월 : 군산대학교  
전자계산학과 졸업  
1996년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터  
학과 공학석사  
2000년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터  
학과 공학박사

2000년 9월~현재 : 한국전자통신연구원  
<주관심 분야> 멀티미디어 통신, 멀티미디어 응용, 전  
자상거래, Wireless Multimedia

이 근 왕(Keun-Wang Lee)

정회원



1993년 2월 : 대전산업대학교  
전자계산학과 졸업  
1996년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터  
학과 공학석사  
2000년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터  
학과 공학박사

2000년 3월~2001년 2월 : 숭실대 Post-Doc.  
2001년 3월~현재 : 청운대학교 멀티미디어학과 교수  
<주관심 분야> 멀티미디어 통신, 멀티미디어 응용,  
전자상거래, Wireless Multimedia