

다기준 의사 결정을 이용한 이동체 위치 추정

Estimating Position of Mobiles by Multi-Criteria Decision Making

김 정 은* 강 일 고** 이 중 찬*** 이 양 원**** 오 재 철*****
Kim, Jung Eun Kang, il Go Lee, Jong Chan Lee, yang weon Oh, Jae Chul

요 약

마이크로/피코셀 환경에서 이동체의 빈번한 위치 및 셀간 이동으로 인하여 많은 부가 트래픽이 발생한다. 이동체 위치 추정을 이용함으로써 효율적인 채널 할당과 QoS를 보장하는 핸드오프가 가능하다. 기존의 이동체 위치 추정 방안들은 단지 LOS 환경을 기반으로 하여 제시되었고 다중 경로 환경 또는 shadowing 환경에서는 성능의 감소를 가져왔다. 본 연구에서는 NLOS 환경, 그리고 수신 신호 세기 이외에 부정확한 다수의 위치 결정 파라미터를 고려함으로써 추정의 정확성을 증가시키는 다기준 의사 결정 방안을 제시한다.

Abstract

In the microcell or picocell-based system the frequent movements of mobiles bring about excessive traffics into the networks. A mobile location estimation mechanism can facilitate both efficient resource allocation and better QoS provisioning through handoff optimization. Existing location estimation schemes consider only LOS model and have poor performance in presence of multi-path and shadowing. In this paper we study multi-criteria decision making which can increase estimation accuracy by considering other multiple decision parameters than the received signal strength.

☞ Keyword : Estimating Position, QoS, Mobiles, Multi-Criteria, Decision Making

1. 서 론

미래 이동 통신망의 효과적인 구현을 위해서는 이동체의 위치를 정확히 추정하는 것이 중요하다. 이동 통신망의 주요한 문제점 중의 하나는 이동성이 심한 이동체의 경우 위치 이동에 의하여 발생하는 트래픽의 양이 많다는 것이다. 특히 증가하는 가입자 밀도에 대처하기 위하여 셀 반경이 작은 마이크로셀/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. 임의의 셀 내에서 이동체의 물리적 위치와 속도를 정확히 추정할 수 있다면 두 인접 셀 사이의 핸드오버 타이밍을 최적화함으로써 네트워크의 트래픽 양을 현저히 줄일 수 있고 좀더 효율적으로 채널 할당을 수행할 수 있다. 또한 이동체의 페이징 지역을 이동체가 추정된 지역에 한정함으로써 페이징 메시지를 최소화할 수 있다. 그리고 위치 정보를 이용하여 재난 구조를 위한 비상 호출 서비스를 제공할 수 있다.

다수의 기지국으로부터 이동체의 신호 세기의 측정에 기반한 방법들이 제안되고 있다[1-5]. 최근에 IS-95B에서는 CDMA 방식의 PN 코드를 사용하여 거리 정보를 측정할 수 있다는 점에

* 정 회 원 : 군산대학교 정보전산원 팀장
jekim@kunsan.ac.kr(제1저자)
** 준 회 원 : 전북도청 정보통신담당관실 행정정보팀장
kig45@hanmir.com(공동저자)
*** 중신회원 : 군산대학교 컴퓨터정보과학과 조교수
chan2000@kunsan.ac.kr(공동저자)
**** 정 회 원 : 군산대학교 컴퓨터정보과학과 교수
ywrhee@kunsan.ac.kr(공동저자)
***** 정 회 원 : 순천대학교 컴퓨터과학과 교수
ojc@sunchon.ac.kr

[2005/09/06 투고 - 2005/09/16 심사 - 2005/10/06 심사완료]

착안하여, [1]와 [2]의 방식을 적용하여 이동체의 위치를 추정하는 방법이 고려되고 있다. 위에서 언급된 방법들은 간단한 전파 법칙에 따라 신호 세기가 정확히 추정된다는 가정 하에 수행되어 왔다. 그러나 현실적으로 실제 환경과는 차이가 많이 있으며, 기존의 위치 측위 방식들의 문제점을 요약하면 다음과 같다.

1) 마이크로셀 환경은 LOS가 거의 존재하지 않고 주위에 특유한 반사와 회절에 의하여 영향을 받는 전파 환경, 즉 NLOS를 갖는다. 따라서 기존의 위치 추정 방법들을 맨하탄 모델과 같이 거의 가시적인 영역이 존재하지 않는 마이크로셀 환경에 적용한다면 이동체의 위치 추정의 오차가 커진다.

2) 실제 마이크로셀 환경에서는 산과 건물들 때문에 나타나는 shadowing 지역과 반사에 의해 동일한 평균 신호 세기 점들의 모양이 원형이 아닌 왜곡된 등고선으로 나타난다. 그러나 기존의 측위 방식들은 전파 법칙이 간단히 거리에 따라 변하는 것이 아니라 여러 가지 매개 변수에 따라 변화한다는 사실을 간과하였다.

3) 기존의 방법들은 신호 세기 등 전파 관련 정보에만 의존하므로 이동체 주위의 빌딩이나 다른 장애물에 의한 short-term fading, shadowing, 회절 등에 의해서 영향 받는다.

본 논문에서는 전파 관련 정보 이외에 다수의 부정확한 파라미터를 동시에 고려하는 퍼지(Fuzzy)

기반의 위치 추정 방안을 제시한다. 제시한 방안들은 기본적으로 셀을 여러 개의 블럭으로 나누고 이동체가 위치한 지역을 단계적으로 좁혀서 최적의 블럭을 추정하는 방식을 따르고 있다. 즉 각 단계 별로 추정 알고리즘을 수행하여 해당하는 지역을 추정한다. 단지, 다기준 의사 결정에 기반한 위치 추정 방안은 평균 신호 세기 이외에 관련된 다수의 요소를 위치 추정을 위한 파라미터로 이용함으로써 위치 추정의 정확도를 높인다.

2. 위치 정의

2.1 섹터 정의

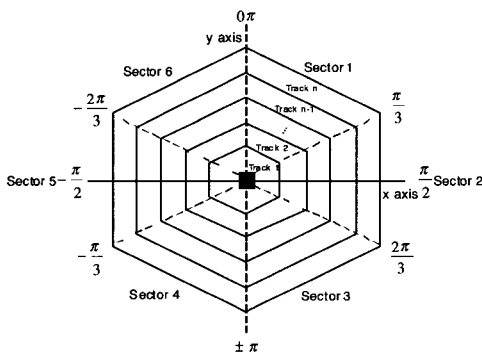
섹터 정의 과정에서는 그림 1과 같이 섹터의 번호를 부여하는데, 동일한 섹터에 속하는 블럭은 동일한 섹터 번호를 갖게 된다. 각 섹터에 속한 블럭들을 결정하기 위하여, 기지국을 기점으로 블럭의 방향을 나타내는 벡터의 방향 정보를 이용하며 그 정의 과정은 다음과 같다.

- 1) 셀을 동일하게 6개의 섹터로 나눈다.
- 2) 각 섹터에 분할 각을 부여하고 기지국을 중심으로 셀을 $\pi/3$ 간격으로 분할한다.
- 3) 블럭의 방향 정보를 각 섹터의 분할 각과 비교하여 블럭이 속한 섹터를 결정한다.
- 4) 섹터가 결정되면, 블럭에 해당 섹터 번호를 부여한다.

2.2 트랙 정의

트랙 정의 과정에서는 그림 1과 같이 트랙에 해당하는 블럭에 트랙 번호를 부여한다. 하나의 셀은 다수의 트랙으로 분할되며 각 트랙은 PSS의 임계값에 의해 구분된다. 그림 2와 같이 하나의 셀은 n 개의 트랙으로 나뉘고 PSS가 각 트랙 결정 변수로 사용된다. 트랙 분할 과정은 다음과 같은 LOS 알고리즘으로 표현될 수 있다.

- 1) PSS에 따라 각 임계값 범위를 결정한다.



〈그림 1〉 섹터 및 트랙 분할

2) 신호 세기를 거리 정보로 바꾸기 위해 각 임계값에 해당하는 거리 함수를 식 (1)에 의하여 결정한다.

$$p_A(d) = k_1 - k_2 \times \log(d) + u(t)$$

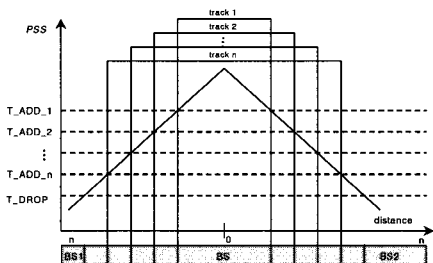
$$p_B(d) = k_1 - k_2 \times \log(D - d) + v(t) \quad (1)$$

(1)에서 D는 두 기지국간의 거리를 나타내고, d는 기지국 A, B에서 MT 사이의 거리를 나타내며, k1은 기지국의 송신 전력과 비례하며, k2는 전파전파 환경에 따라 상쇄 성분을 갖는다. u(t), v(t)는 d에서 기지국 A와 B로부터 수신된 신호 전력의 분포를 나타내고, 이 두 랜덤 신호는 N(μ(d),σ)인 가우시안 분포를 갖는다. 특정 위치에서 수신된 신호의 평균값인 μ(d)는 거리에 따른 path-loss 성분에 따라 결정되고, μ(d)는 동일한 것으로 본다.

- 3) 거리 함수를 이용하여 트랙을 나눈다.
- 4) 동일한 트랙에 속한 블럭들에 동일한 트랙 번호와 PSS의 임계값을 부여한다.

2.3 블럭 정의

블럭 정의 단계는 그림 3과 같이 구분된 블럭들에 블럭 번호를 부여하는 과정이며 추정기는 이동체의 위치를 이 블럭 번호에 의해 표현하게 된다. 기지국을 기점으로 각 블럭의 셀 내 위치를 나타내기 위하여, 벡터 데이터를 이용하는데, 이 벡터 데이터는 기지국을 기점으로 하여 직각 좌표(x, y)를 구한 후 직각 좌표의 극좌표 변환 방법



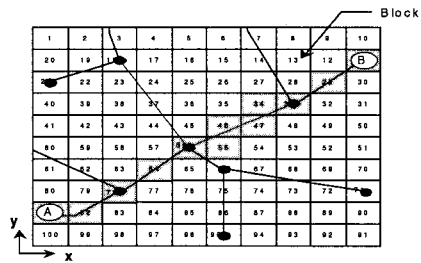
〈그림 2〉 트랙과 PSS

을 적용함으로써 기지국으로부터의 거리(Distance)와 방향각을 갖는 2차원 벡터를 구한다.

또한 도로에 관한 정보를 표현하기 위하여 각 블럭을 노드(Node)와 가지(Edge)로 정의할 수 있다. 이 노드와 가지 정보는 이동체-기지국 경로에 관련된 도로 상태(직진, 좌회전/우회전, U턴)를 결정하기 위하여 사용되며 고속 이동체의 위치를 보다 정확하게 추정할 수 있다. 셀 내에서 기지국에 대한 블럭의 평면상의 상대적인 위치를 나타내기 위하여 각 블럭에 위치 정보를 부여한다. 블럭 정보를 모은 자료를 블럭 객체(Block object)라 정의한다. 블럭 객체는 섹터 번호, 트랙 번호, 블럭 번호, 벡터 정보 (d, a), 블럭이 LOS일 경우의 평균 PSS의 최소치와 최대치, NLOS일 경우의 보상치가 이에 속한다.

3. 시스템 모델과 정의

본 절에서는 신호 세기 이외에 이동체와 기지국간의 거리, 이동체의 이전 위치, 이동체의 이동 방향 등을 위치 추정을 위한 의사 결정 항목으로 사용하는, 퍼지를 이용한 다기준 의사 결정 방법을 제안한다. 이동체 위치 결정 알고리즘은 퍼지 접속 연산자를 이용한 다기준 의사 결정 방법을 기본으로 하며, 다수의 블럭으로 세분된 셀 내에서 이동체의 위치는 해당 기지국 및 인접 기지국에 대하여 평가 기준들로부터 제공되는 만족도에 의하여 종합화되고 가장 큰 만족도를 제공하는 블럭을 이동체의 위치 지역으로 추정한다.



〈그림 3〉 벡터를 이용한 블럭인식

3.1 소속 함수 정의

본 연구에서는 의사 결정 파라미터로 기지국과의 수신 신호 세기, 이동체간의 거리, 이동체의 이전 위치, 이동체의 이동 방향 등을 고려한다. 이동체의 소속 정도 (membership degree)를 결정하기 위하여 사다리꼴 함수 형태의 소속 함수를 사용한다. 이 형태의 퍼지 숫자는 소속 정도가 최대(=1)가 되는 점이 여러 개가 되어 사다리꼴 모양이 된다.

$$\mu_R(L_i) = \begin{cases} 0, & L_i < E_1 \\ 1 - \frac{L_i - E_1}{E_2 - E_1}, & E_1 \leq L_i \leq E_2 \\ 1, & E_2 \leq L_i \leq E_3 \\ 1 - \frac{L_i - E_3}{E_4 - E_3}, & E_3 \leq L_i \leq E_4 \\ 0, & L_i > E_4 \end{cases} \quad (4)$$

3.1.1 수신 신호 세기의 소속 함수

의사 결정 항목인, 인접 기지국들의 수신 신호 세기를 이용하여 소속 함수 $\mu_R(PSS_i)$ 을 정의하고 이를 식 (2)에 보인다. 여기서 PSS_i 는 기지국 i 가 이동체에 전파한 파일럿 신호 세기이고, s_1 는 Lower_limit, s_2 는 Upper_limit이다.

$$\mu_R(PSS_i) = \begin{cases} 0, & PSS_i < s_1 \\ 1 - \frac{PSS_i - s_1}{|s_2 - s_1|}, & s_1 \leq PSS_i \leq s_2 \\ 1, & PSS_i > s_2 \end{cases} \quad (2)$$

3.1.2 기지국과 이동체간의 거리의 소속 함수

이동체와 인접 기지국들간의 거리를 이용하여 소속 함수 $\mu_R(D_i)$ 을 식 (3)에 정의한다. 여기서 D_i 는 기지국 i 와 이동체간의 거리이고, d_1 는 upper_limit, d_2 는 lower_limit이다.

$$\mu_R(D_i) = \begin{cases} 1, & D_i < d_1 \\ 1 - \frac{|D_i - d_2|}{|d_1 - d_2|}, & d_1 \leq D_i \leq d_2 \\ 0, & D_i > d_2 \end{cases} \quad (3)$$

3.1.3 이동체의 이전위치의 소속함수

식 (4)에, 이동체의 이전 위치와 추정된 위치의 상관관계를 이용하여 소속함수 $\mu_R(L_i)$ 을 정의한다. 여기서 L_i 는 이동체의 현재 위치, E_1, \dots, E_4 은 이동체의 이전 위치를 나타낸다.

3.1.4 이동체의 이동방향의 소속 함수

이동체의 이동 방향을 이용하여 소속 함수 $\mu_R(C_i)$ 을 정의하고 식 (5)에 이를 보인다. 여기서 C_i 는 이동체의 이동 방향, PSS_1, \dots, PSS_4 은 수신 신호 세기를 나타낸다

$$\mu_R(C_i) = \begin{cases} 0, & C_i < PSS_1 \\ 1 - \frac{C_i - PSS_1}{PSS_2 - PSS_1}, & PSS_1 \leq C_i \leq PSS_2 \\ 1, & PSS_2 \leq C_i \leq PSS_3 \\ 1 - \frac{C_i - PSS_3}{PSS_4 - PSS_3}, & PSS_3 \leq C_i \leq PSS_4 \\ 0, & C_i > PSS_4 \end{cases} \quad (5)$$

4. 퍼지 이론을 이용한 위치 추정

각각의 대안이 각 위치 결정 요소를 만족시키는 정도를 표현하기 위하여 의사 결정 매트릭스 (decision matrix)를 사용하고, 평가할 문제에 대한 각 위치 결정 요소 중요성을 표현하기 위하여 가중치 벡터 (weighting vector)를 사용한다.

$A_i (i=1,2,\dots,n)$ 를 위치 결정 요소 $C_j (j=1,2,\dots,4)$ 에 의하여 평가되는 대안 (alternatives) 이라고 정의하자. 각각의 대안들이 셀 선택 요소를 만족시키는 정도를 표현하기 위하여 의사 결정 매트릭스 μ 가 식 (6)과 같이 정의된다 [6-7].

$$\mu = \begin{bmatrix} \mu_R(PSS_{11}) & \mu_R(D_{12}) & \mu_R(L_{13}) & \mu_R(C_{14}) \\ \mu_R(PSS_{21}) & \mu_R(D_{22}) & \mu_R(L_{23}) & \mu_R(C_{24}) \\ \mu_R(PSS_{31}) & \mu_R(D_{32}) & \mu_R(L_{33}) & \mu_R(C_{34}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_R(PSS_{m1}) & \mu_R(D_{m2}) & \mu_R(L_{m3}) & \mu_R(C_{m4}) \end{bmatrix} \quad (6)$$

퍼지 집합 이론의 언어 변수 집합을 사용하여 위치 결정 요소의 중요도를 나타내는 가중치 벡터를 정의한다. w_j 는 셀 선택 요소 $C_j (j=1,2,\dots,4)$

의 퍼지 가중치이다. 이는 LTI (Least important), LSI (Less important), I (Important), MEI (More important), MTI (Most important)의 언어 변수 집합으로 표현하며, 이를 사용하여 가중치 벡터 W 을 정의하면 식 (7)과 같다[6-7].

$$W = (w_i^{PSS}, w_i^D, w_i^L, w_i^C) \quad (7)$$

4.1 다기준 섹터(Sector)추정

종합화된 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 총체화하면 식 (8)과 같다.

$$\mu_i = \mu_R(PSS_i) \cdot \mu_R(D_i) \cdot \mu_R(L_i) \quad (8)$$

그리고 μ_i 를 가중화하면 식 (9)과 같다.

$$\omega\mu_i = \mu_R(PSS_i) \cdot W_{PSS} + \mu_R(D_i) \cdot W_D + \mu_R(L_i) \cdot W_L \quad (9)$$

여기서 $W_{PSS} + W_D + W_L = 1$ 이다. 이와 같이 가중치를 부여하는 이유는 위치 추정에 사용하는 각 파라미터의 중요도가 다를 수 있기 때문이다. 본 연구에서는 수신 신호 세기의 가중치 W_{PSS} 는 0.5, 거리의 가중치 w_D 는 0.3, 위치의 가중치 w_L 는 0.2로 정의한다.

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

4.2 다기준 존(Zone)추정

추정 단계 중 2단계에서는 다기준 추정 단계에서 추정된 블록들 중 해당 이동체가 현재 위치

하고 있는 존에 속한 블록들을 추정하는 단계이며 다음의 다기준 존 추정 알고리즘에 의하여 최적의 존에 결정된다.

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

단계 2. 단계1에서 구한 소속 정도를 퍼지 접속 연산자를 이용한 종합화 식은 (10)과 같다.

$$\mu_i = \mu_R(PSS_i) \cdot \mu_R(D_i) \cdot \mu_R(C_i) \quad (10)$$

그리고 μ_i 를 가중화하면 식 (11)과 같다.

$$\omega\mu_i = \mu_R(PSS_i) \cdot W_{PSS} + \mu_R(D_i) \cdot W_D + \mu_R(C_i) \cdot W_C \quad (11)$$

여기서 수신 신호 세기의 가중치 W_{PSS} 는 0.6, 거리의 가중치 w_D 는 0.2, 이동방향의 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.

4.3 다기준 블록 (block)추정

추정 과정의 최종 단계로서 다기준 존 추정 단계에서 추정된 블록들 중에서 해당 이동체가 현재 위치하고 있는 블록을 추정하는 단계이다. 파라미터 중에서 신호세기의 소속 정도는 인접 기지국의 파일럿 신호 중 두 기지국의 수신 신호 세기를 이용하여 구한다. 다음의 블록 추정 알고리즘에 의하여 최적화 블록을 추정한다.

단계1. 측정된 평가 파라미터에 대한 소속 정도를 구한다.

단계2. 단계1에서 구한 소속 정도들을 퍼지 접속 연산자를 이용한 총체화 식은 (12)와 같다.

$$\mu_i = \mu_R(PSS_i) \cdot \mu_R(D_i) \cdot \mu_R(C_i) \quad (12)$$

그리고 μ_i 를 가중화하면 식 (13)과 같다.

$$\omega\mu_i = \mu_R(PSS_i) \cdot W_{PSS} + \mu_R(D_i) \cdot W_D + \mu_R(C_i) \cdot W_C \quad (13)$$

여기서 수신 신호 세기의 가중치 w_{PSS} 는 0.6, 거리의 가중치 w_b 는 0.1, 방향의 가중치 w_c 은 0.3으로 정의한다.

단계3. 추정된 존에 해당하는 블록들이 다음 단계 추정을 위하여 선택된다. 블록의 객체 정보에서 존 번호를 조사하면 해당하는 블록을 알 수 있다.

5. 성능 분석

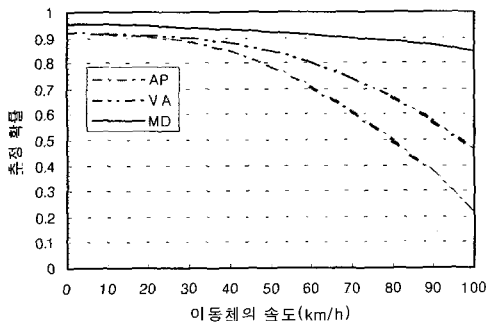
5.1 시뮬레이션 파라미터

고속 이동체의 이동 방향은 직진, 좌/우회전 그리고 U턴을 고려하였다. 좌/우회전은 직진 상태로 진행하던 이동체가 노드 블록에서 좌/우회전을 수행한 후 다시 직진으로 진행되는 상태를 나타낸다. U턴은 직진 상태로 진행하던 이동체가 한 블록에서 U턴한 후 역으로 직진하는 상태를 나타낸다. 이동체의 속도는 일양 분포(Uniform distribution)로 결정한다. 이동 속도를 정지(0 km/hr), 보행(3 ~ 5 km/hr), 자가용(30 ~ 100 km/hr), 버스(10 ~ 70 km/hr)로 분류하고 운행 동안 동일한 속도를 유지한다고 가정하였다. 고속 이동체의 경우 블록을 통과하는 시간을 $BT = 4 \cdot \frac{r}{(\pi \cdot v)}$ 로 정의한다. 여기서 r 은 블록을 통과하는 도로의 길이, v 는 이동체의 속도를 나타낸다. 이동 속도가 동일하다면 BT 는 r 에 의해 결정되므로 블록을 통과하

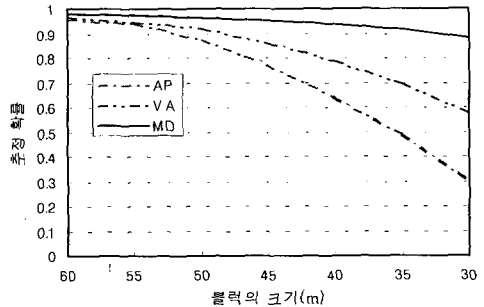
는 도로의 형태에 따라, r 값을 블록의 완전 횡단(40m), 블록의 3/4 횡단(30m), 블록의 2/4 횡단(20m), 블록의 1/4 횡단(10m)의 4가지 유형으로 정의하였다. 실제 상황을 고려하기 위하여 이동체는 이동 속도에 상관없이 매 0.5초마다 PSS를 샘플링 한다고 가정하였다.

5.2 시뮬레이션 결과

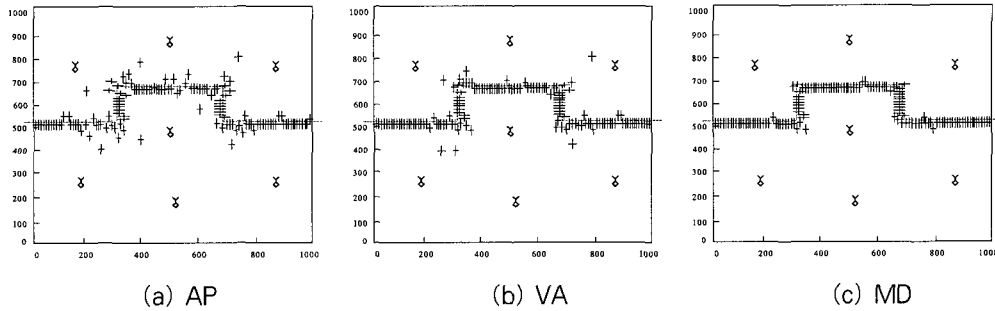
제안된 방안(MD라 칭한다)의 성능을, 기존의 Area Partitioning(이하 AP라 칭한다)과 Virtual Area Concept(이하 VA라 칭한다)[8]과 비교한다. 그림 4에서는 이동체의 속도 변화에 근거하여, 제시한 기법들의 성능을 평가하였다. 여기서 추정 확률은 추정들 중에서 정확히 추정이 이루어진 횟수의 비율이다. AP는 이동체의 속도 증가에 따라 발생하는 신호 추정 오류의 영향으로 추정 확률이 상당히 감소했다. VA는 저속과 고속 이동체의 추정 오류 편차를 줄임으로서 이동체의 속도가 성능에 미치는 영향을 상당 부분 감소시켰다. 즉 VA는 일반 지역의 블록과 가상 지역의 블록을 구분하여 추정함으로써 경계 지역에 있는 이동체의 경우에는, 신호 추정 오류에 의하여 발생한 추정 지역 오차가 대개 섹터 경계 지역의 PSS 범위에 포함되므로 신호 추정 오류 확률을 AP 보다 줄일 수 있었다. MD는 이동체의 이동 방향, 이전 위치 등을 이용하여



〈그림 4〉 속도 증가와 위치 추정 확률



〈그림 5〉 블록의 크기와 위치 추정 확률



〈그림 6〉 위치 추정 비교

신호 추정 오류 확률을 더욱 감소시킴으로서 이동체의 속도에 둔감한 특성을 갖는다.

그림 5는 블록의 크기가 성능에 미치는 결과를 나타낸다. 세 기법 모두, 블록의 크기가 작아질수록 추정의 정확도는 감소한다. 특히 신호 관련 정보에만 의존하는 AP와 VA는 추정의 정확도가 급격히 감소함을 알 수 있었다. 반면에 MD의 경우, 이동체의 이전 위치와 기지국과의 거리가 추정 관련 파라미터로 사용됨으로서 블록의 크기가 성능에 미치는 영향을 상당히 줄일 수 있었다.

고속 이동체가 직선 및 곡선 형태의 섹터 경계 지역을 따라 이동 중일 때의 추정 정확도를 그림 6에 보인다. AP의 경우, 이동 경로와 전혀 다른 위치를 추정하는 경우가 발생하는데, 이는 섹터의 부정확한 추정으로 인하여 그 후의 트랙 및 블록이 부정확하게 추정된 결과이다. VA는 AP에 비하여 곡선 경로에서의 추정 정확도가 상당히 향상되었음을 알 수 있다. 이는 두 섹터를 고속으로 횡단하는 이동체가, 두 섹터 모두에서 파일럿 신호가 샘플링 되지만 이들의 평균 신호 세기는, 대개 섹터 경계 지역의 PSS의 범위에 속함으로서 추정 오류율을 줄일 수 있었다. MD는 직진으로 이동하다가 좌/우회전에도 이동체의 추정 결과에는 비교적 영향이 없음을 알 수 있다. 실제로 좌/우회전 시에 급격한 신호 왜곡 현상을 일으키지만, 신호 세기의 평균값의 오차를 보상하기 위하여 이동체의 이전 위치 및 기지국과의 거리를 위치 결정에 이용함으로써 급격한

신호의 왜곡을 상당 부분 보상할 수 있었다. 또한 직선 경로의 경우, 추정 파라미터인 이동 방향과 이전 위치 등이 신호 세기 추정 오류를 보상하는 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 특히 이전 위치 파라미터를 위치 결정에 이용함으로써 이동체의 현재 위치와 전혀 다른 지역이 추정되는 것을 줄일 수 있었다.

6. 결 론

퍼지를 이용한 다기준 의사 결정 방법을 사용하여 이동체의 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. 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 제시하려 한다.

참고 문헌

- [1] Hatta M., Nagatsu T., "Mobile Location

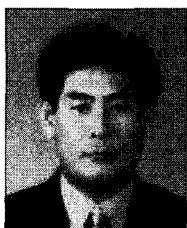
- Using Signal Strength Measurements in a Cellular System", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. VT29, pp245 - 252, May 1980.
- [2] Song H.L., "Automatic Vehicle Location in Cellular Communication Systems", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol.43, pp902-908, Nov. 1994.
- [3] T. Nypan and O. Hallingstad, "Cellular Positioning by Database Comparison and Hidden Markov Models," PWC2002:, pp. 277-284, Oct. 2002
- [4] Y. A. Spirito, "On the Accuracy of Cellular Mobile Station Location Estimation," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 50, no. 3, pp. 674-685, 2001.
- [5] J. C. Lee and Y. S. Mun, "Mobile Location Estimation Scheme," *SK telecommunications Review*, Vol. 9, No. 6, pp. 968-983, Dec. 1999.
- [6] C. Naso and B. Turchiano, "A Fuzzy Multi-Criteria Algorithm for Dynamic Routing in FMS," *IEEE ICSMC'1998*, Vol. 1, pp. 457-462, Oct. 1998.
- [7] C. H. Yeh and H. Deng, "An Algorithm for Fuzzy Multi-Criteria Decisionmaking," *IEEE ICIPS'1997*, pp. 1564-1568, 1997.
- [8] J. C. Lee and Y. S. Mun, "Mobile Location Estimation Scheme," *SK telecommunications Review*, Vol. 9, No. 6, pp. 968-983, Dec. 1999.

◎ 저자 소개 ◎



김정은 (Kim Jung Eun)

1990년 호원대학교 전자계산학과(학사)
1994년 명지대학교 정보공학과(석사)
2001년 순천대학교 컴퓨터과학과 박사과정
1987년 ~ 현재 군산대학교 정보전산원 팀장
관심분야 : 이동통신, 컴퓨터네트워크, 정보보안, 데이터베이스
e-mail : jekim@kunsan.ac.kr



강일고 (Kang il Go)

1995년 방송통신대학교 행정과(학사)
2002년 전북대학교 컴퓨터과학과(석사)
2003년 군산대학교 컴퓨터정보과학과 박사과정
1988년 ~ 현재 전북도청 정보통신담당관실 행정정보팀장
관심분야 : 인공지능, 컴퓨터비전, 영상처리, 지식공학
e-mail : kig45@hanmir.com



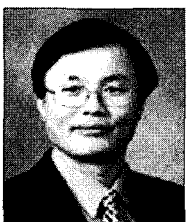
이종찬 (Lee Jong Chan)

1994년 군산대학교 컴퓨터과학과(학사)
1996년 숭실대학교 컴퓨터학과(석사)
2000년 숭실대학교 컴퓨터학과(박사)
2005년 ~ 현재 군산대학교 컴퓨터정보과학과 조교수
관심분야 : 네트워크, 인공지능, 지능형자동차, 로봇비전
e-mail : chan2000@kunsan.ac.kr



이양원 (Lee yang weon)

1978년 숭실대학교 전자계산학과(학사)
1983년 연세대학교 정보통신공학과(석사)
1994년 숭실대학교 전자계산학과(박사)
1986년 ~ 현재 군산대학교 컴퓨터정보과학과 교수
관심분야 : 인공지능, 컴퓨터비전, 영상처리, 지식공학
e-mail : ywrhee@kunsan.ac.kr



오재철 (Oh Jae Chul)

1978년 전북대학교 전기공학과(학사)
1982년 전북대학교 컴퓨터공학과(석사)
1988년 전북대학교 컴퓨터공학과(박사)
1986년 ~ 현재 순천대학교 컴퓨터과학과 교수
관심분야 : 컴퓨터네트워크, 컴퓨터구조, 데이터통신, 분산네트워크
e-mail : ojc@sunchon.ac.kr