

論文 2000-37TC-7-2

가상 구역 방법을 이용한 이동체 위치 추정

(Mobile Location Estimation Scheme Based on Virtual Area Concept)

李 鍾 贊 * , 李 文 鎬 **

(Jongchan Lee and Moonho Lee)

요 약

마이크로셀 구조에서 효율적으로 핸드오프와 채널 할당을 수행하기 위하여 이동체의 위치 및 속도를 추정하는 것이 중요한 문제로 대두되고 있다. 이전 연구에서, 마이크로셀 환경에서 응용할 수 있는 이동체의 위치 추정 방법을 제안했다. 제안된 방법은 탐색 지역을 단계적으로 좁혀서 이동체가 위치한 지역을 결정하는 3단계 위치 추정 방법에 근거한다. 3단계 위치 추정 방법을 사용하여, 섹터 추정 단계에서 섹터를 추정하고, 트랙 추정 단계에서는 트랙을, 최종적으로 블록 추정 단계에서 이동체가 위치한 블록을 추정한다. 그러나 이 방법은 이동체가 섹터나 트랙의 경계 지점에 위치할 경우 추정의 정확도가 감소되는 문제점이 있다. 본 연구에서는 가상구역 개념을 이용하여, 경계 지역에 있는 이동체에 대한 추정 오류율을 줄일 수 있는 위치추정 방법을 제안한다.

Abstract

Determining the position and velocity of mobiles is an important issue for efficient handoff and channel allocation in microcell structure. Our early work proposes a technique for estimating the mobile location in the microcellular architecture. This process is based on the three step position estimation which determines the mobile position by gradually reducing the area of the mobile position. Using three step method, the estimator first estimates the locating sector in the sector estimation step, then estimates the locating zone in the zone estimation step, and then finally estimates the locating block in the block estimate step. But this scheme is prone to errors when the mobile is located in the boundary of sectors or tracks. In this paper we propose the enhanced scheme to reduce the estimation error.

I. 서 론

개인 통신망의 주요한 문제점 중의 하나는 셀 반경이 작아서 핸드오버가 빈번하게 발생된다는 것이다. 이때 이동하는 가입자에게 적절히 채널을 할당하지 못하

면 서비스의 질(QoS; Quality of service)에 심각한 문제가 발생한다. 만일 셀 내에서 이동체의 물리적 위치와 속도를 추정할 수 있다면 두 인접 셀 사이의 핸드오버 타이밍을 최적화 함으로서 채널 할당을 좀 더 효율적으로 수행할 수 있을 것이다¹⁻²⁾.

이동체의 위치와 속도 정보를 효과적으로 얻기 위해서는 두 가지 성질을 고려해야 한다. 즉 이동체에서 측정된 인접 기지국들의 신호 세기와 이에 해당하는 전파 시간이다. 이 두 파라미터는 short-term fading, shadowing 그리고 path-loss에 크게 영향받는데 이러

* 正會員, 崇實大學校 컴퓨터學科
(School of Computer Science Soongsil University)
** 正會員, 靑雲大學校 멀티미디어學科
(School of Multimedia Chungwoon University)
接受日字:1999年8月30日, 수정완료일:2000年7月5日

한 문제점을 극복하고 신호 세기를 거리 정보로 정밀하게 바꾸기 위한 여러 가지 방법들이 연구되어 왔다 [1-10]. 특히 마이크로셀 환경에서는 이동 속도 또는 이동 방향의 갑작스런 변화, 빌딩에 의한 신호 방해, "corner effect" 등으로 인하여 수신 오류가 발생하므로 가시거리(LOS: line of sight) 모델과 비가시거리(NLOS: non-line of sight) 모델로 전파전파 환경을 구분하여 연구되어 왔다.

마이크로셀 환경에서는 NLOS 성분이 주류를 이룬다. 이런 환경에 적응하기 위하여 NLOS 성분 중에서 다중 경로 페이딩에 의한 신호성분은 LPF(low pass filter)를 통하거나 time-average를 이용하여 제거하고 path-loss와 shadowing 성분만을 고려하는 연구가 진행 중이다. 이 경우에 손실에 대한 상쇄 값을 주는 방법이 연구되고 있다. 물론 LOS의 경우, path-loss만 고려한다. 이러한 연구 결과들을 바탕으로 하여 [11]에서는 섹터 추정, 트랙 추정, 블럭 추정이라는 3 단계 추정에 근거한 이동체 위치 추정 방법을 제안하였다. 이 방법은 셀을 다수 개의 블럭으로 나누어 이동체가 위치한 지점에서 인접 기지국의 PSS(pilot signal strength)의 평균 신호 세기를 추정하고 이 신호 세기에 근접하는 값을 갖는 블럭을 해당 이동체가 위치한 블럭으로 추론하는 방법이다. 이 방법은 기존의 복잡한 위치 추정 과정을 단순화시키고, 단계화 하여 이동체를 추정함으로써 이동체 추정의 정확도를 높였다. 그러나 단계별로 이동체가 위치한 지역의 범위를 좁히는 방법이므로, 1 단계 추정에 오류가 발생했다면 2 단계나 3 단계 추정은 의미가 없게 되고, 1 단계에서 섹터를 정확히 추정

했다 할지라도 2 단계에서 트랙 추정에 오류가 발생했다면 3 단계 추정은 의미가 없게 된다. 이와 같은 오류는 그림 1과 같이 이동체가 섹터와 섹터, 트랙과 트랙의 경계 지역에 위치할 경우에 주로 발생한다. 이동체가 트랙 또는 섹터의 경계 지역에 있고, 신호의 감쇠가 발생했다면 추정된 지역이 정확하다고 확신할 수 없기 때문에 경계 지역에 위치한 이동체에 대해서는 좀 더 세밀한 추정방법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 [11]에서 제안된 방법에 가상 구역 개념을 추가하여 섹터와 섹터, 트랙과 트랙, 블럭과 블럭간의 경계 지역에 있는 이동체의 위치 추정 오류율을 줄이기 위한 방안을 제안하려 한다.

본 논문에서 제안한 방법의 정확도를 평가하기 위하여 참고문헌 [11]에서 제안된 방법과 각 단계별로 추정 오류율을 비교 분석한다. 또한 이동체의 이동 방향의 변화에 따른 영향을 고찰하기 위하여 직진, 좌/우회전, U턴 등의 방향 변화 시 제안된 방법의 정밀도 그리고 저속 이동체와 고속 이동체에 대한 추정의 정밀도를 분석하였다.

II. 위치 추정 시스템 구성

위치 추정 시스템 구성은 추정기가 위치 추정 작업을 수행하기 전에, 셀을 블럭 단위로 나누고 각각의 블럭을 정의하기 위한 정보를 생성하여 데이터 베이스를 구축하는 단계로서 추정기가 기지국에 설치되면 자동적으로 섹터 정의, 트랙 정의, 블럭 정의하는 3 단계 정의 과정을 통하여 블럭 정보를 생성함으로써 셀을 다수의 블럭으로 나눈다. 여기서 트랙과 트랙, 섹터와 섹터의 경계는 결국 블럭과 블럭으로 이루어지므로 각 경계에 근접하게 추정된 신호가 주변환경에 의하여 감쇠된 신호라면 잘못된 트랙이나 섹터를 추정하게 되고 결과적으로 블럭 추정에 오류가 발생한다. 따라서 각 정의 단계에서 트랙과 트랙, 섹터와 섹터, 그리고 블럭과 블럭의 경계 지역을 정의하여, 일반 지역에 있는 블럭과 경계 지역에 있는 블럭을 구분하여 추정한다. 여기서 섹터간의 경계지역을 섹터 경계 지역, 트랙간의 경계지역을 트랙 경계 지역, 블럭간의 경계 지역을 블럭 경계 지역이라 정의하고 섹터 경계지역에 있는 블럭을 섹터 경계 블럭, 트랙 경계 지역에 있는 블럭을 트랙 경계 블럭이라 정의한다. 본 연구에서는 이들 개념을 총칭하여 가상 구역(Virtual Area)이라 정의한다.

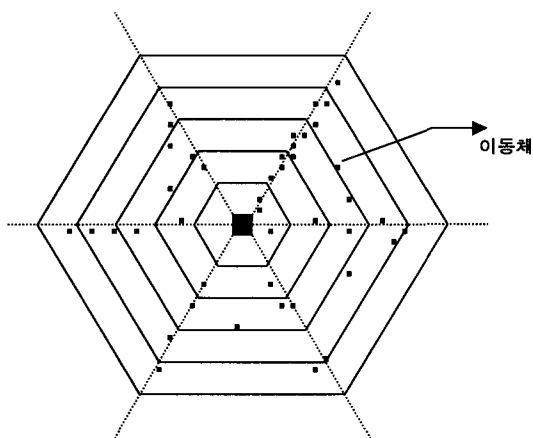


그림 1. 섹터와 트랙 그리고 이동체의 위치
Fig. 1. Sector, track and location of mobile station.

1. 섹터 정의

섹터 정의 과정에서는 그림 2와 같이 셀을 6개의 섹터로 분할하여 각 섹터에 속하는 블럭에 해당 섹터의 번호를 부여하는데 동일한 섹터를 구성하는 블럭들은 동일한 섹터 번호를 갖게 된다. 또한 각 섹터의 경계 지역에 있는 블럭에는 섹터 번호 이외에, 경계 지역에 있는 블럭임을 나타내는 섹터 경계 번호를 부여한다. 섹터 정의 알고리즘은 참고문헌 [11]에서 제안된 섹터 정의 과정과 동일하나, 블럭이 섹터 경계 지역에 속할 경우에는 섹터 경계 번호를 부여한다는 점이 다르다.

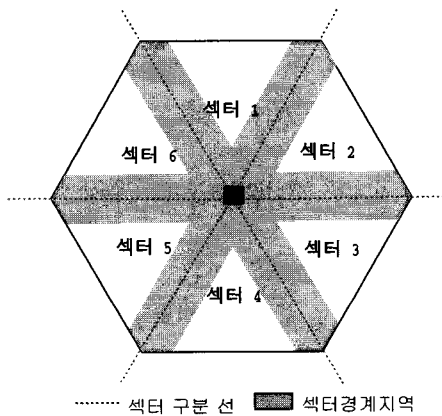


그림 2. 섹터 분할
Fig. 2. Sector partition.

2. 트랙 정의

트랙 정의 과정에서는 그림 3과 같이 다수의 트랙으로 구분하여 그 트랙에 해당하는 블럭들에 트랙 번호를 부여한다. 또한 각 트랙의 경계 지역에 위치한 블럭에는 트랙 번호 이외에 트랙 경계 지역에 있는 블럭임을 나타내는 트랙 경계 번호를 부여한다.

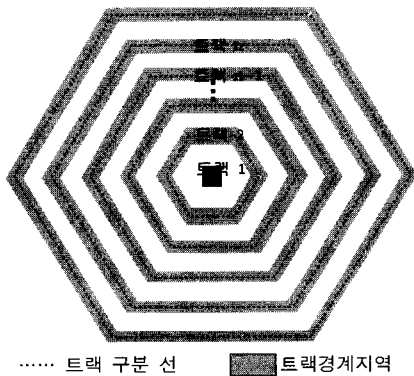


그림 3. 트랙 분할
Fig. 3. Track partition.

트랙 정의는 LOS에 대한 트랙 정의 과정과 NLOS에 대한 트랙 정의 과정을 나누어 정의한다. LOS인 환경에서는, 하나의 셀(cell)이 다수의 트랙으로 분할되며 각 트랙은 단지 PSS의 임계값에 의해 구분된다. 하나의 셀은 n 개의 트랙으로 나뉘고 PSS가 각 트랙 결정 변수로 사용된다. 트랙 분할 과정은 LOS 알고리즘으로 표현될 수 있으며 [11]의 LOS에 대한 트랙 정의 과정과 동일하다. 단지, 블럭이 트랙 경계 지역에 있는 블럭이면 트랙 경계 번호를 부여한다.

큰 빌딩이나 둔덕(hill)이 있는 환경에서는 동일한 신호 세기를 갖는 트랙을 구분하는 윤곽선이 shadowing과 회절 때문에 심하게 변형되므로 블럭 내에 빌딩이나 둔덕이 있을 경우, LOS 정보만으로 블럭이 속한 트랙을 결정할 수 없다. 따라서 LOS 알고리즘으로 트랙이 결정된 블럭 중에 보상 값이 필요한 블럭에 NLOS 정보를 부가해서 블럭이 속한 새로운 트랙을 결정해야 한다. 그 결정 과정은 [11]에서 제안된 NLOS에 대한 트랙 정의 과정과 동일하나, 블럭이 트랙 경계 지역에 속할 경우에는 트랙 경계 번호를 부여한다는 점이 다르다.

3. 블럭 정의

블럭 정의 단계는 블럭들에 블럭 번호를 부여하는 과정이며 추정기는 이동체의 위치를 이 블럭 번호로 인식한다. 블럭 번호를 인식하기 위해서는 추정기가 해당 블럭의 셀 내 위치를 식별할 수 있어야 한다. 이를 위하여 각 블럭의 셀 내 위치를 나타내는 정보인 거리 벡터 데이터를 이용하는데^[11], 이 벡터 데이터는 기지국을 기점으로 직각 좌표를 구한 후 직각 좌표의 극좌표 변환 방법을 적용함으로써 얻는다.

블럭간의 경계 지역을 표현하기 위하여 4개의 블럭을 하나의 클러스터로 정의하는 클러스터 개념을 도입하여, 그 클러스터의 중심에 위치하는 지역을 블럭 경계 지역이라 정의한다. 즉 그림 4에 보인 바와 같이 4개 블럭의 경계를 이루는 지역을 말하며 가상 블럭이라고 부른다. 가상 블럭은 4개 블럭간의 신호 세기 구분의 완충지역으로서 이동체가 경계 지역에 위치하거나 경계 지역을 통과할 경우에, 미세한 신호 추정 오류로 발생하는 블럭 추정 오류를 줄일 수 있다. 각 블럭간에는 신호 세기의 구분이 명확하지만 블럭과 가상 블럭은 PSS의 일부분이 4개의 블럭과 중첩된다. 여기서 가상 블럭이 추정된다는 것은 이동체가 클러스터

내의 블록 중 하나에 위치하고 있으며, 동시에 이들 블록의 경계 지점에 이동체가 위치해 있음을 의미한다. 이와 같이 가상블록 개념을 도입함으로써 이동체의 위치를 더 정밀하게 나타낼 수 있으며 이를 바탕으로 하여 위치 추정상의 오류율을 줄일 수 있다.

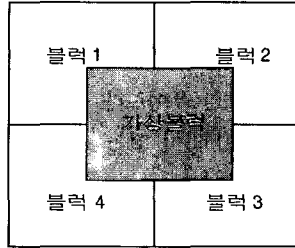


그림 4. 블록 클러스터
Fig. 4. Block Cluster.

III. 이동체의 위치 추정

위치 추정 과정은, III절의 절차에 의하여 얻어지는 각 블록의 정보를 기초로 하여, 이동체가 위치한 블록을 추정하는 단계이며 추정기에 의하여 주기적으로 반복된다. 이러한 위치 추정 과정은, 이동체가 위치한 지역의 크기를 단계적으로 좁혀서 최적의 블록을 결정하는 방법으로, [11]에서 제안된 3 단계 위치 추정 기법을 두고 있다.

이 과정은 한 번의 파일럿 신호 발생으로 추정 과정이 시작되고 최종적으로 블록을 추정한 후에 다시 반복된다. 이동체가 위치한 기지국과 모든 인접 기지국들은 주기적으로 파일럿 신호를 방송하고 각 이동체는 파일럿 신호들을 수신한다. 추정기는 이들의 PSS를 이용하여 섹터 추정 단계에서 셀 내의 그 섹터에 해당하는 블록들과 섹터의 경계 지역에 위치한 블록들을 추정하고, 섹터 추정 단계에서 추정된 블록들 중 그 트랙에 해당하는 블록들과 트랙의 경계 지역에 속한 블록들을 이동체가 위치한 블록으로 추정되고, 그 블록들 중에서 최적의 블록이 블록 추정 단계에서 추정된다.

1. 섹터(Sector) 추정

이동체가 인접 기지국들이 전송한 파일럿 신호를 수신한 후, 수신된 신호들 중에서 가장 큰 두 개의 PSS를 비교하여 그 신호 세기의 차이가 기준치 이하이면 이동체가 위치한 블록이 섹터를 구분하는 경계 지역에

위치하고 있다고 추정하고, 기준치 이상이면 보다 큰 신호 세기를 갖는 인접 셀에 해당하는 섹터를 이동체가 위치한 섹터로 추정한다. 그 과정은 다음의 섹터 추정 알고리즘으로 나타낸다.

1. 인접 기지국은 주기적으로 파일럿 신호를 발생한다.
2. 인접 기지국들의 PSS를 이동체의 복조기(demodulator)에서 측정한다.
3. 이동체는 PSMM(pilot strength measurement message)을 기지국으로 전송한다.
4. 추정기는 파일럿 채널의 수신 세기를 비교한다.
 - 4.1. 가장 큰 파일럿 신호를 발생하는 두 기지국의 신호 세기를 비교하여 기준치 이하이면 섹터 경계 지역을 이동체가 존재하는 지역으로 결정한다.
 - 4.2 기준치 이상이면 최대 신호 세기를 갖는 기지국에 인접한 섹터를 이동체가 존재하는 지역으로 결정한다.
5. 4.1이면, 셀 내의 모든 블록을 조사하여, 동일한 섹터 경계 번호를 갖는 블록들이 다음 단계의 추정을 위하여 선택되고, 4.2이면 동일한 섹터 번호를 갖는 블록들이 다음 단계의 추정을 위하여 선택된다. 블록의 객체 정보에서 섹터 경계 번호와 섹터 번호를 조사하면 해당하는 블록들을 알 수 있다.

2. 트랙(Track) 추정

트랙 추정 단계는 1 단계에서 추정된 블록들 중 해당 이동체가 현재 위치하고 있는 트랙에 속한 블록들을 추정하는 단계이다. 두 트랙을 구분하는 신호의 세기가 기준치 이하이면 이동체가 두 트랙의 경계지역에 있다고 추정하고, 기준치 이상이면 이동체가 트랙 내에 있다고 추정한다. 다음의 트랙 추정 알고리즘에 의하여 최적의 트랙이 결정된다.

1. 기지국은 주기적으로 파일럿 신호를 발생한다.
2. 이동체는 복조기에서 현재 이동체가 위치하고 있는 기지국의 PSS를 측정한다.
3. 이동체는 PSMM을 기지국으로 전송한다.
4. 추정기는 LOS 알고리즘과 NLOS 보상치를 이용하여 트랙을 결정한다.
 - 4.1 트랙을 구분하는 신호의 세기가 기준치 이하이면 두 트랙의 경계 지역을 이동체가 위치한 지역으로 결정한다,

4.2 기준치 이상이면 이동체가 트랙 내에 있다고 추정한다

5. 4.1이면, 1 단계에서 추정된 블록들 중에서, 동일한 트랙 경계 번호를 갖는 블록들이 선택되고, 4.2이면 동일한 트랙 번호를 갖는 블록들이 다음 단계의 추정을 위하여 선택된다.

3. 블록(Block) 추정

추정 과정의 최종 단계로서 트랙 추정 단계에서 추정된 블록들 중에서 해당 이동체가 현재 위치하고 있는 블록을 추정하는 단계이다. 이동체는 인접 기지국으로부터 파일럿 신호를 수신한다. 다음의 블록 추정 알고리즘에 의하여 최적의 블록을 추정한다.

1. 인접 기지국은 주기적으로 파일럿 신호를 발생한다.
2. 이동체는 복조기에서 인접 기지국들의 PSS를 측정한다.
3. 이동체는 PSMM을 기지국으로 전송한다.
4. 추정기는 두 기지국의 PSS를 비교하여 두 신호의 상대적인 delay 차이를 알 수 있다. 이 delay 차이를 이용하여 이동체와 두 기지국의 거리의 차이를 추정한다.

4.1 delay가 기준치 이하이면, step 5에서 추정된 블록이 속한 클러스터의 가상 블록이 이동체가 위치한 블록으로 추정된다.

4.2 기준치 이상이면, step 5에서 추정된 블록이 이동체가 위치한 블록으로 추정된다

5. 거리의 차이를 이용하여 최적의 블록을 추정한다. 거리의 차이를 평면적인 블록의 위치로 계산한다. 그 과정은 아래와 같다.

① 트랙 추정 단계에서 추정된 블록들의 상대적인 위치를 인식하기 위하여 블록들에게 일련 번호를 부여한다.

② 거리의 차이를 블록의 위치로 나타내면 식 (1)과 같다.

$$B_k = PSS_{|A-B}(d) / L \tag{1}$$

여기서 B_k 는 블록의 상대적 위치, $PSS_{|A-B}(d)$ 는 기지국 A에서 이동체까지의 거리와 기지국 B에서 이동체까지의 거리의 차이, L은 블록의 한 변의 길이이다.

③ 표 1의 블록 결정식을 이용하여 임시 일련 번호 및 블록 번호를 결정한다. 여기서 n_B 는 블록 수이다.

표 1. 블록 결정식

Table 1. Block decision equation.

n_B	B_k	신호 세기		
		$PSS_A > PSS_B$	$PSS_A < PSS_B$	$PSS_A = PSS_B$
홀수	$B_k = n$	$\frac{n_B+1}{2} - n$	$\frac{n_B+1}{2} + n$	$\frac{n_B+1}{2}$
짝수	$B_k = n$	$\frac{n_B}{2} - n$	$\frac{n_B+1}{2} + n$	$\frac{n_B}{2}, \frac{n_B}{2} + 1$

IV. 성능분석,

1. 시뮬레이션 환경

이동체의 이동 경로와 이동 속도는 도로 구조에 의해 영향을 받으며 이동체의 속도와 이동패턴은 [11]에서와 동일하게 가정하였다. 그림 5는 도로 교통 환경을 고려하기 위하여 셀을 평면으로 정의하고 이동체가 주행하는 도로를 나타낸 것이다. 여기서 검은 원은 도로의 분기 지점, 음영 부분은 도로가 통과하는 블록 그리고 블록 안의 숫자는 블록 번호를 나타낸다. 그림 6은 가상 블록을 정의하며, 가상 블록 안의 숫자는 가상 블록 번호를 나타낸다. 블록은 정사각형이며, 한 변의 길이를 20m로 가정하였다.

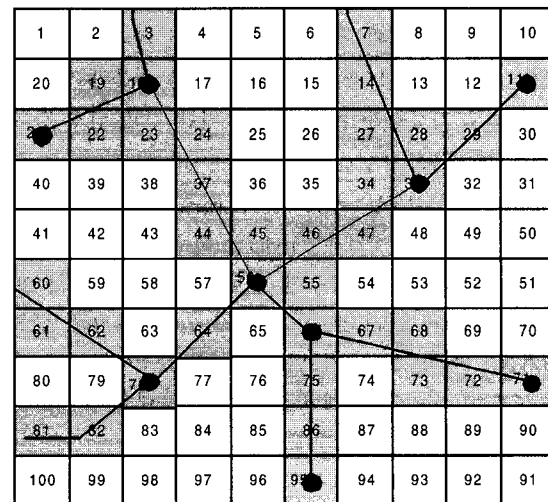


그림 5. 블록과 이동체의 이동 경로
Fig. 5. Block and movement path of mobile station.

그림 5와 6을 고려하여 이동 패턴 각각에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 고속 이동체의 경우 블록을 통과하는 시간을 $BT = 4 \cdot \frac{r}{(\pi \cdot v)}$ 로 정의한다. 여기서

r 은 블록을 통과하는 도로의 길이이며, v 는 이동체의 속도이다. 그림 5에 보듯이 이동 속도가 동일하다면 BT는 블록을 통과하는 도로의 길이에 의해 결정됨을 알 수 있다. 따라서 편의상 블록을 통과하는 도로의 형태에 따라, 블록의 완전 횡단, 블록의 3/4 횡단, 블록의 2/4 횡단, 블록의 1/4 횡단의 4가지 유형으로 나누고 각각 r 값을 20m, 15m, 10m, 5m로 정의하였다.

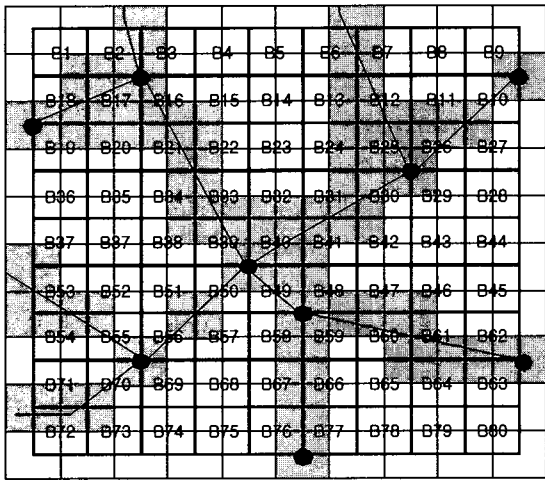


그림 6. 가상 블록과 이동체의 이동 경로
Fig. 6. Virtual block and movement path of mobile station.

수신 신호 세기와 관련된 시뮬레이션 파라미터는 표 2와 같다. LOS/NLOS 환경 변화 상쇄 성분의 범위는 20-50으로 가정한다. path-loss에 의한 평균 신호 감쇠는 전파 거리의 3.5 배에 비례하고 shadowing은 $\sigma = 6\text{dB}$ 의 표준 편차를 갖는 log-normal 분포를 따른다. 또한 수신 신호 세기가 -16dB 이하이면 수신 신호의 오류로 판단하여 평균 수신 신호 세기의 계산에서 제외한다. power control은 수행하지 않는다. 평균 신호 세기를 정확히 추정하기 위하여 기지국은 이동체의 이동 속도에 상관없이 매 0.5초마다 샘플링을 수행하는 것으로 가정하였다.

2. 성능 분석

A. 추정 오류율 비교

편의상 [11]에서 제안된 방법을 MoLoS(Mobile Location Estimation) 기법, 본 논문에서 제안한 방법을 VA-MoLoS(Virtual Area-MoLoS) 기법이라 정의한다. MoLoS와 VA-MoLoS의 각 단계별 추정 오류율을 비교하기 위하여, 그림 1과 같이 트랙과 트랙간의 경계

지역, 섹터와 섹터간의 경계 지역에 한정하여 포아송 분포로 이동체를 발생시킨다. 이렇게 발생된 모든 이동체는 섹터와 섹터, 트랙과 트랙의 경계 선상을 횡단한다고 가정한다. “정지 상태”인 이동체는 섹터 및 트랙의 경계 지역에서 발생하여, 발생된 지점에 정지하고 있는 이동체를 말한다. “보행 상태”인 이동체는 섹터 및 트랙의 경계 지역에서 발생하여 인접 섹터 및 트랙으로 횡단하고 있는 저속 이동체이고 “자가용”과 버스는 섹터간의 경계 지역에서 발생하여 인접 섹터로 횡단하고 있는 고속 이동체를 말한다.

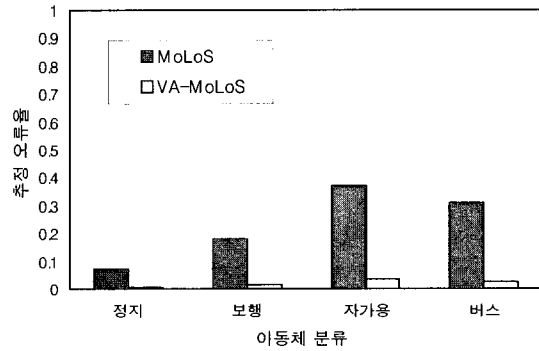


그림 7. 섹터 추정 오류율
Fig. 7. Sector Estimation error rate.

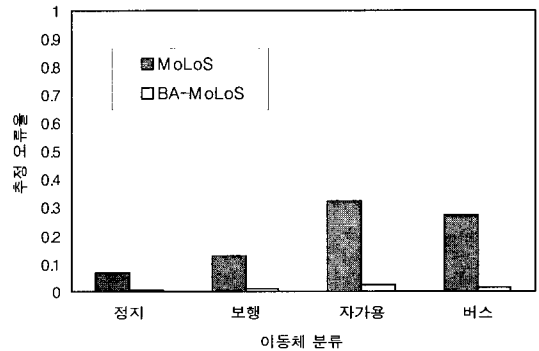


그림 8. 트랙 추정 오류율
Fig. 8. Track Estimation error rate.

그림 7과 그림 8에 섹터 추정 오류율과 트랙 추정 오류율을 보인다. 이동체의 속도가 증가할수록 추정 오류율도 증가함을 알 수 있다. 이동체가 섹터간을 횡단할 경우, 이동 속도가 증가하면 수신 신호의 감쇠가 발생하고 이에 따라 신호 세기 측정 오류가 발생하기 때문에, 섹터를 정확하게 추정하기가 어렵다. 또한 섹터를 횡단하는 이동체의 PSS를 이용하여 신호 세기 평균을

구하지만, 이 신호 세기 평균값이 이동체가 한 섹터에서 수신한 PSS의 평균이 아니고 두 섹터 모두에서 수신한 PSS의 평균이라면 정확한 섹터를 추정할 수 없게 된다.

결과에 의하면 섹터 추정 오류율에 비하여 트랙 추정 오류율이 작음을 알 수 있다. 트랙 추정은 이동체가 속한 기지국의 PSS를 이용하여 수행하므로, 섹터 추정과 트랙 추정의 shadowing은 동일하지만, 섹터 추정에 비하여 path-loss의 오차가 작기 때문에 오류율이 감소하기 때문이다.

VA-MoLoS는 MoLoS에 비하여 추정상의 오류발생 확률이 현저히 감소함을 알 수 있는데, 이는 다음의 두 가지 경우로 나누어 생각할 수 있다. 우선 경계 지역 내에 있는 저속 이동체의 경우에, 신호 추정 오류 오차에 의하여 발생한 추정 지역 오차가 대개 섹터 경계 지역의 PSS 범위에 포함되므로 추정 오류 확률을 줄일 수 있다. 그리고 두 섹터를 고속으로 횡단하는 이동체는, 두 개의 섹터에서 파일럿 신호가 동시에 샘플링되지만 이들의 평균 신호 세기는, 대개 섹터 경계 지역의 PSS의 범위에 속함으로 오류율을 줄일 수 있다.

VA-MoLoS는 MoLoS에 비하여 저속과 고속 이동체의 추정 오류 편차가 작다. 이는 이동체의 속도가 성능에 미치는 영향이 작다는 것을 의미하며, 따라서 고속 이동체는 저속 이동체와 유사한 추정 확률을 가질 수 있다.

B. 제안된 방법의 성능 평가

본 논문에서 제안한 방법에 대한 시뮬레이션 결과를 그림 9부터 그림12까지에 나타내었다. 각 그래프에서 가로축은 이동체가 위치한 블록의 번호를, 막대 그래프에 표시된 숫자는 추정된 블록의 번호(블록번호만으로 표시함)와 가상 블록 번호(B+블록번호로 표시함)를 나타내며 세로축은 해당 블록이 추정될 확률을 의미한다. 정지상태와 보행자에 대한 결과는 참고 문헌^[11]의 결과와 동일하게 추정확률이 100%였다. 그림 9는 고속 이동체가 직진으로 운행할 경우의 추정 확률을 보이며, 운행 경로는 블록 78에서 블록 11까지이다. 몇 개의 블록에서는 이동체가 위치한 클러스터의 가상 블록이 추정되는데, 이는 이동체가 섹터나 트랙 또는 블록의 경계 지점에 있거나 경계 지점을 횡단하고 있음을 나타낸다.

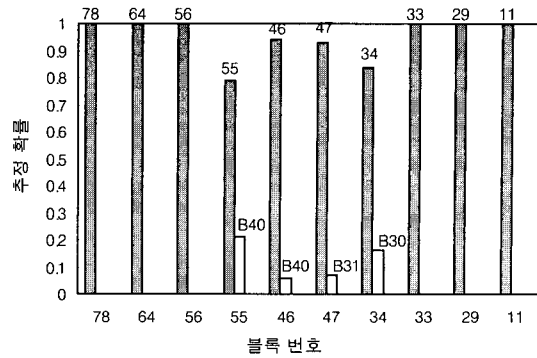


그림 9. 직진하는 이동체의 추정 확률
Fig. 9. The Probability of estimating straight-moving mobile station.

그림 10은 고속 이동체가 우회전할 경우의 추정 확률을 나타내었다. 운행 경로는 블록 82에서 블록 71까지이다.

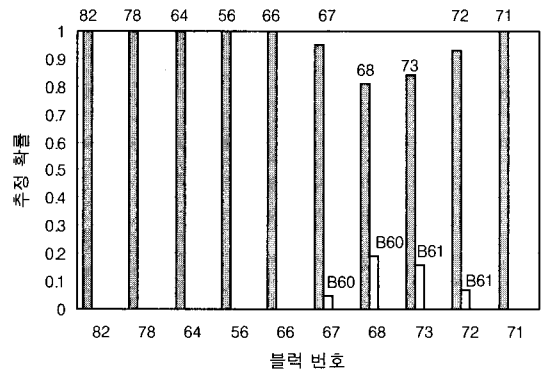


그림 10. 우회전하는 이동체의 추정 확률
Fig. 10. The Probability of estimating right-moving mobile station.

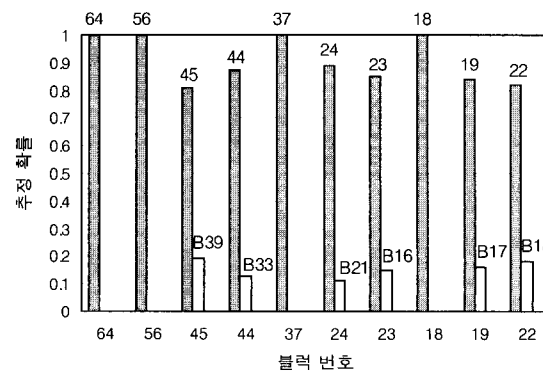


그림 11. 좌회전하는 이동체의 추정 확률
Fig. 11. The Probability of estimating left-moving mobile station.

그림 11은 고속 이동체가 좌회전할 경우의 추정 확률을 나타내었다. 운행 경로는 블록 64에서 블록 22까지이다.

그림 12는 고속 이동체가 U턴할 경우의 추정 확률을 보인다. 운행 경로는 블록 33에서 블록 7까지 이동한 후 U턴하여 다시 블록 33으로 돌아온다.

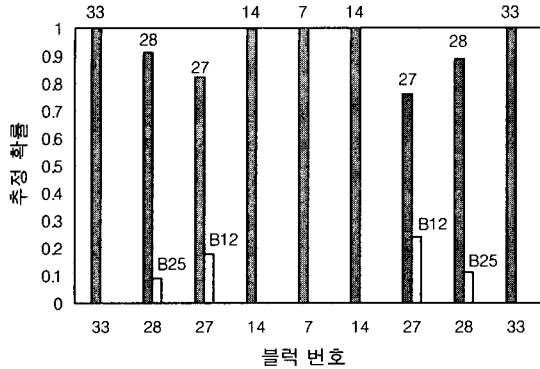


그림 12. U턴하는 이동체의 추정 확률
Fig. 12. The Probability of estimating U-turn mobile station.

그림 9~12의 결과와 그림 5~6의 이동경로를 종합하여 분석하면 다음과 같은 판단을 내릴 수 있다. [11]의 방법에서는 신호를 연속적으로 수신하여 신호 세기의 평균값으로 이동체가 위치한 블록을 추정함으로써, 이동체가 블록의 중심부를 통과할 경우에는 블록에 맞는 신호세기를 정확히 평균치로 계산할 수 있지만 이동체가 블록과 블록의 경계지점을 짧은 시간에 통과하면, 부정확한 평균값으로 블록을 추정하기 때문에 블록 추정의 정확도가 감소하였다. 그러나 본 논문에서 제안한 방법에서는 가상 블록 개념을 적용하여 부정확한 신호 세기의 차이를 보정함으로써 이동체가 경계 지역에 위치할 경우에는 해당 가상블록을 이동체의 위치로 추정하게 되며 결과적으로 추정의 오류율을 줄일 수 있다.

V. 결론

본 연구에서는 MoLoS에 가상 구역 개념을 추가하여 섹터와 섹터, 트랙과 트랙, 블록과 블록간의 경계 지역에 있는 이동체의 위치 추정 오류율을 줄이기 위한 방안을 제시하였다. MoLoS는 이동체가 섹터와 섹터, 트랙과 트랙의 경계 지역에 위치할 경우에, 잘못된 섹터

나 트랙을 추정함으로써 결과적으로 블록 추정에 오류가 발생하였다. 이를 보완하기 위하여 트랙과 트랙, 섹터와 섹터, 그리고 블록과 블록의 경계 지역을 정의하여, 일반 지역에 있는 블록과 가상 지역에 있는 블록을 구분하여 추정함으로써 경계 지역 내에 있는 저속 이동체의 경우에는, 신호 추정 오류 오차에 의하여 발생한 추정 지역 오차가 대개 섹터 경계 지역의 PSS 범위에 포함되므로 추정 오류 확률을 줄일 수 있었고 두 섹터를 고속으로 횡단하는 이동체는, 두 개의 섹터에서 파일럿 신호가 동시에 샘플링 되지만 이들의 평균 신호 세기는, 대개 섹터 경계 지역의 PSS의 범위에 속함으로 오류율을 줄일 수 있었다.

MoLoS는 이동체의 이동속도가 증가함에 따라 추정의 정확도가 감소하였다. 그러나 VA-MoLoS는 저속과 고속 이동체의 추정 오류 편차를 거의 줄임으로서 이동체의 속도가 성능에 미치는 영향을 감소시켰다. 이에 따라 고속 이동체는 저속 이동체와 유사한 추정 확률을 가질 수 있었다.

본 연구에서는 PSS만을 이용하여 이동체의 위치를 추정하였는데, 차후에 기지국과의 거리, 이동체의 이전 위치, 이동체의 이동 방향 등을 함께 고려한다면 추정 확률을 한층 더 증가시킬 수 있을 것이다. 이러한 이동체 위치 추정 방법을 응용한 핸드오프 알고리즘, 채널 할당 방법 그리고 위치추정 시스템의 실질적인 구현 방안 등에 대해서는 향후 지속적으로 연구되어야 할 것이다.

참고 문헌

[1] T. Kürner, R. Fau and A. Wasch, "A hybrid propagation modelling approach for DCS1800 macro cells," in Proc. VTC'96, Vol. 3, pp. 1628-1632, May 1996.

[2] M. D. Austine and G. L. Stüber, "Direction biased handoff algorithms for urban microcells," in Proc. VTC'94, Vol. 1, pp. 101-105, 1996.

[3] W. G. Figel, N. H. Shepherd and W. F. Trammell, "Vehicle location by a signal attenuation method," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. VT-18, pp. 104-109, Nov. 1969.

[4] H. Staras and S. N. Honikman, "The accuracy

- of vehicle location by trilateration in a dense urban environment," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. VT-26, pp. 38-43, Feb. 1972.
- [5] M. Hata and T. Nagatsu, "Mobile location using signal strength measurements in a cellular system," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. VT-29, pp. 245-252, May 1980.
- [6] U. Dropmann, X. Lagrange and P. Godlewski, "Architecture of a multicell centralized packet access system," in Proc. PIMRC'95, pp. 279-283, 1995.
- [7] O. Kennemann, "Pattern recognition by hidden Markov models for supporting handover decisions in the GSM system," in Proc. 6th Nordic Seminar Dig. Mobile radio Comm., Stockholm, Sweden, pp. 195-202, 1994.
- [8] C. W. Sung and W. S. Wong, "User speed estimation and dynamic channel allocation in hierarchical cellular systems," in IEEE 44th Veh. Technol. Conf., Stockholm, Sweden, pp. 91-95, 1994.
- [9] D. J. Cichon, T. C. Becker and M. Döttling, "Ray optical prediction of outdoor and indoor coverage in urban macro-and micro-cells," in Proc. VTC'96, Vol. 1, pp. 41-45, May 1996.
- [10] J. G. Markoulidakis, G. L. Lyberopoulos, D. F. Tsirkas and E. D. Sykas, "Mobility modeling in third-generation mobile telecommunications systems," IEEE Personal Communications, August 1997.
- [11] 이종찬, 이문호, "PCS에서의 이동체 추적 기법," 한국 통신 학회 논문지, Vol. 23, No. 8, pp. 2080-2089, Aug. 1998.

저 자 소 개



李 鍾 贊(正會員)
 군산대학교 컴퓨터과학과 공학사.
 숭실대학교 대학원 전자계산학과 공
 학석사. 현재 : 숭실대학교 대학원
 전자계산학과 박사 수료



李 文 鎬(正會員)
 서울대학교 공학사. 숭실대학교 공
 학석사(전자공학). 숭실대학교 공학
 박사(전자계산학). 한국전자통신연구
 소 연구원. 현대전자(주) 정보통신
 사업부 과장. 현재 : 청운대학교 멀
 티미디어학과 교수