論文 98-23-8-22

PCS를 위한 이동체 위치 추정 기법

정회원 이 종 찬*, 이 문 호**, 문 영 성*,

Mobile Location Estimation for PCS

Jong Chan Lee*, Moon Ho Lee**, Youngsong Mun* *Regular Members*

요 약

마이크로 셀 구조를 기반으로 하는 이동통신 시스템의 주요한 문제점 중의 하나는 이동체의 이동으로 인하여 빈번한 핸드오버가 발생한다는 점이며 결과적으로 효율적인 채널 할당이 어려워지고 통신 서비스의 품질(QoS) 보장이 불가능해진다. 본 논문에서는 채널 할당을 비롯한 여러 분야에 응용할 수 있는 이동체의 위치 추정 방법을 제안한다. 제안된 방법은 인접 기지국의 *PSS*를 이용하여 3단계의 추정 과정을 거쳐 이동체의 위치를 추정한다. 제안된 방법의 정확도를 시뮬레이션에 의해 평가하였으며 이동체의 이동 방향 및 속도의 변화에 따른 영향을 고찰하였다.

ABSTRACT

The microcellular architectures based on the smaller size increase the possibilities of frequent handover, thereby necessitating additional control procedures for providing communication services. This paper proposes a technique for estimating the mobile location in the microcellular architecture. It can be utilized for many purposes such as increasing the effectiveness of channel allocation strategies. Simulations are performed to analyze the estimation accuracy of the proposed technique.

I. 서 론

미래 이동 통신망의 효과적인 구현을 위해서는 이동체의 위치를 정확히 추정하는 것이 중요하다. 개인 통신망에서 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 마이크로셀로 시스템을 구성할 경우에는 더욱 심각하다. 또한 마이크로셀의 핸드오버가 빈번하게 발생되는데, 이때 이동하는 가입자에게 적절히 채널을 할당해 줄 수 없다면 서비스의 질(QoS)에 심각한 문제가 발생할 것이다.

임의의 셀내에서 이동체의 물리적 위치와 속도를 추정할 수 있다면 두 인접 셀사이의 핸드오버 타이밍을 최적화하여 네트웍의 데이터 전송량을 현저히 줄일 수 있고 좀 더 효율적으로 채널 할당을 수행할 수 있다. 또한 이동체의 페이징을 줄임으로써 페이징 메시지들이 최소의 지역에 한정될 수 있다. 그리고 위치 정보를 이용하여 부가적인 서비스를 제공할 수 있을

* 숭실대학교 컴퓨터학부
** 충남산업대학교 멀티미디어학과
論文番號 : 98073-0219
接受日字 : 1998年 2月 19日

것이다.

이동체의 위치와 속도를 추정하기 위한 방안의 하나로서 GPS(global positioning system)로 부터의 외부 데이터를 이용하는 방법을 고려할 수 있다. 이것은 두 가지의 단점이 있다. 우선, 이동 송수신기의 크기와 가격이 GPS 수신기 때문에 상당히 증가할 수 있다. 더욱이 위성은 자연 조건(번개, 비, 바람)에 민감하므로 적어도 세 개 위성이 송신한 GPS 데이터를 정확히 이동체가 수신하기 위해서는 양호한 대기 상태(atomosphere condition)가 유지되어야 한다. 그렇지 않으면 높은 빌딩이나 산에 의하여 둘러싸인 빌딩이나 도로에서는 동작불능 상태가 될 수 있다. 따라서 GPS와 같은 외부 정보에 의존하지 않고 현재의 PCS 표준 내에서 이동체의 위치와 속도를 추정할 수 있는 방안을 구현하는 것이 바람직하다.

이러한 기본 취지를 만족시키면서도 이동체의 거리와 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 회절에 크게 영향받는데 이러한 문제점을 극복하고 신호 세기를 거리 정보로 정밀하게 바꾸기 위한 여러 가지 방법들이 연구되어 왔다.

차량의 위치를 예측하기 위한 첫 시도는 수송 시스템에서 차량의 상태를 파악하기 위한 연구들이었다[1-2]. [3]에서는 일련의 기지국들이 이동체 송신기의 신호 세기를 통계적인 방법으로 추정하는 시스템을 제안하였다. 이 방법에서는 해당하는 등고선(지평선) 정보로부터 이동체의 존재 가능성이 가장 큰 위치를 결정했지만 현실적인 상황에 적합한 탐색 절차를 제공하지 못했다. [4]에서는 측정 오류를 줄이기 위한 방안으로서 구획(square) 측정 개념을 바탕으로 하여, 구획의 중심에 위치하는 센서와 이동체 사이의 RF travel time을 이용하는 삼변 측량 방식을 제시하였다. [5]에서는 이동체를 기지국의 특정 지역에 할당하기 위하여 신호 세기 측정 방법을 제시하고, 이 개념을 응용한 주파수 할당 알고리즘을 제안하였다. [6]에서는 특정 지역을 작은 소지역으로 분할하고, 인접 기지국으로 부터의 이산적인 신호 세기를 이용하는 방안을 제안하였다. 그러나 이 방법은 복잡한 shadowing 환경을 고려할 경우에는, 시스템의 성능이 급격히 저하된다. 최근에 [7-8]에서 마코프 모델, 뉴럴 네트웍, 패턴 인식 방법에 의한 기법들이 이동체의 위치를 추정하기 위하여 사용되고 있다.

본 연구에서는 3단계 블럭 추정이라는 추정 기법에 근거한 이동체 위치 추정 방법을 제안하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II절에서는 기지국으로부터 일정 거리 떨어진 위치에서 이동체가 수신하는 전력 신호 분포를 추정하기 위한 방법을 고찰한다. III절에서는 II절에서고찰한 전력세기 추정 방법을 이용하여, 추정 시스템의 구성에 필요한 블럭 정보를 정의하는 과정을 제시하고 IV절에서는 III절에서 정의된 블럭 정보를 바탕으로 하여 이동체의 위치를 추정하는 방법을 제시한다. V절에서는 도심지의 도로 상태를 고려한 시뮬레이션 환경을 설명하고, 시뮬레이션 결과를 바탕으로 하여 제안 방법의 정확도를 분석하였다. VI절에서는 결론을 제시하였다.

II. 신호 세기 추정 방법

본 논문에서 제안하는 시스템은 기지국들의 신호 세기를 이용하여 이동체가 위치한 블럭을 추정하는데 이를 위해서는 특정 지역에서 신호를 수신할 때, 환경에 적합한 신호 세기를 추정하는 것이 중요하다. 본 절에서는 블럭을 추정하기 위하여 고려되어야 할 전파 환경을 고찰한다.

신호 레벨(signal level)은 다중경로 페이딩(multi-path fading)과 shadowing 현상으로 인하여 빠르고 예측할 수 없게 변화하므로 수신 신호 세기를 정확히 추정하는 것은 지극히 어렵다. 특히 마이크로셀 환경에서는 이동 속도 또는 이동 방향의 갑작스런 변화, 빌딩에 의한 신호 방해, "corner effect" 등으로 인하여 수신 장애가 발생하게 된다. 이러한 상황에서는 셀내에서 움직이는 이동체는 LOS(line of sight) 모델과 NLOS(non-line of sight) 모델로 전파전파 환경을 표현할 수 있다[9-10].

본 연구에서는 LOS와 NLOS와 관련하여, 두 기지국 사이에 위치한 이동국의 전파전파 환경을 고려한다. 각 기지국은 셀의 중심에 위치하고 모든 이동국은 셀 내에 균일하게 분포한다. 이동국은 자신이 속한 기지국과 인접 기지국으로부터 파일롯 신호(pilot signal)를 수신한다. 즉 모든 기지국들은 주기적으로 파일롯 신호를 보내고 각 이동국은 이웃 기지국으로부터의 파일롯 신호들을 수신한다. 이동국이 기지국

으로부터 수신하는 신호 전력 r(t)는 식 (1)과 같다.

$$r(t) = p(t) \times f(t) \tag{1}$$

$p(t)$는 이동국에서 수신된 기지국 파일롯 채널의 전력 신호 성분에서 path-loss와 shadowing에 의한 local-mean이며, log-normal 분포를 나타낸다. $f(t)$는 다중경로 페이딩에 의한 신호 성분이며, 레일리(Rayleigh) 또는 라이시안(Rician) 분포를 나타낸다. 다중경로 페이딩에 의한 신호성분은 LPF(low pass filter)를 통하거나 time-average를 이용하여 제거할 수 있으므로 log-normal 페이딩과 path-loss만 고려한다[11]. 따라서 이동국에서 수신된 신호의 분포는 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} p_A(d) &= k1 - k2 \times \log(d) + u(t) \\ p_B(d) &= k1 - k2 \times \log(D-d) + v(t) \end{aligned} \tag{2}$$

식 (2)에서 D는 두 기지국간의 거리를 나타내고, d는 기지국 A와 이동국 사이의 거리를 나타내며, k1은 기지국의 송신 전력과 비례하며, $k2$는 전파 전파 환경에 따라 20-50 사이의 상쇄 성분을 갖는다. 본 연구에서는 거리가 LOS일 경우를 기준치로 하여 NLOS일 경우의 신호 감쇠를 추정하여 블럭 정보를 조정한다. 여기서 LOS와 NLOS의 환경 변화는 $k2$ 값으로 조정한다.

수신 신호 세기는 같은 지역이라도 수시로 변하므로 한 번의 측정으로 특정 지역에 알맞는 신호 세기를 정의할 수는 없다. 그 지역에 맞는 신호 세기는 일정 간격으로 신호 세기를 측정하여 그 평균값으로 정의하는 것이 바람직하다. 따라서 본 연구에서는 (2)를 이용하여 파일롯 신호를 반복적으로 수신한 후, 수신 신호 세기의 평균값을 구하여 이를 최종 추정치로 결정한다. 이 식에서 *PSS*는 파일럿 신호 세기를 의미하며 타이머에 의하여 정해지는 시간 간격(t_s)에 따라 기지국에서 이동체로 전송된 샘플링 간격동안의 신호 세기 값들이고, 추정을 위한 N개의 샘플들의 평균이 계산된다. 추정된 *PSS*값 PSS_{ea}은 아래와 같다[12].

$$PSS_{ea}(t_o + t_s) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} PSS(t_0 - i * t_s) \tag{3}$$

III. 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 추정기 설치시에 한번만 수행한다. 추정기가 기지국에 설치되면 자동적으로 3단계 정의 과정을 통하여 블럭 정보를 생성함으로써 셀을 블럭으로 나누며 각 단계별로 고유 번호를 부여한다.

3.1 섹터(secter) 정의

섹터 정의 과정에서는 그림 1과 같이 셀을 6개의 섹터로 분할하여 각 섹터에 속하는 블럭에 해당 섹터의 번호를 부여하는데 동일한 섹터를 구성하는 블럭들은 동일한 섹터 번호를 갖게 된다. 각 섹터에 속한 블럭들을 결정하기 위하여, 기지국을 기점으로 블럭의 방향을 나타내는 백터의 방향 정보를 이용하며 그 정의 과정은 다음과 같다.

1. 셀을 동일하게 6개의 섹터로 나눈다.
2. 분할된 각 섹터에 분할 각(angle)을 부여한다.
3. 블럭의 방향 정보를 각 섹터의 분할 각과 비교한다.
4. 섹터가 결정되면, 블럭에 해당 섹터 번호를 부여한다.

3.2 트랙 정의

트랙 정의 과정에서는 그림 1과 같이 다수의 트랙

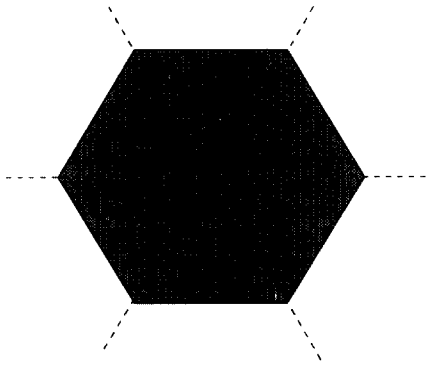

그림 1. 섹터 분할

으로 구분하여 그 트랙에 해당하는 블럭들에 트랙 번호를 부여한다. LOS 모델에 대한 트랙 정의 과정과 NLOS 모델에 대한 트랙 정의 과정을 나누어 생각할 수 있다.

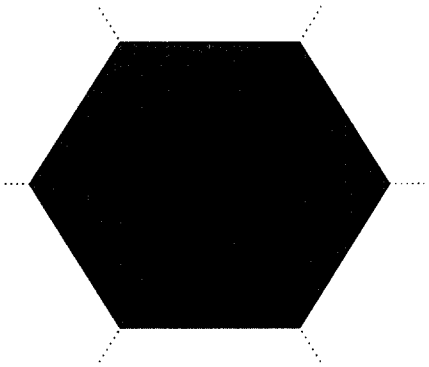

그림 2. 트랙 분할

A. LOS에 대한 트랙 구분

하나의 셀(cell)은 다수의 트랙으로 분할되며 각 트랙은 *PSS*의 임계값에 의해 구분된다. 그림 3처럼 하나의 셀은 n개의 트랙으로 나뉘고 PSS가 각 트랙 결정 변수로 사용된다. 트랙 분할 과정은 다음과 같은 LOS 알고리즘으로 표현될 수 있다.

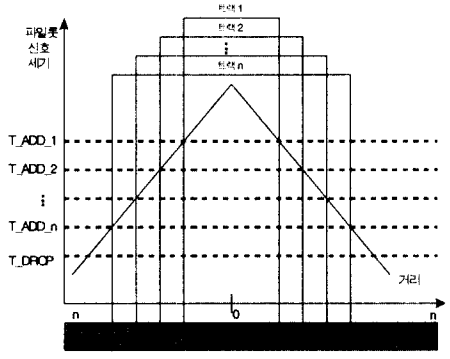

그림 3. 트랙과 파일롯 신호 세기

1. PSS에 따라 각 임계값 범위를 결정한다.
2. 신호 세기를 거리 정보로 바꾸기 위하여 각 임계값에 해당하는 거리 함수를 식 (2)에 의하여 결정한다.
3. 거리 함수를 이용하여 트랙을 나눈다.
4. 동일한 트랙에 속한 블럭들에 동일한 트랙 번호와 *PSS*의 임계값을 부여한다.

B. NLOS에 대한 트랙 구분

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 결정해서는 안된다. 따라서 LOS 알고리즘으로 트랙이 결정된 블럭중에 보상값이 필요한 블럭에 NLOS 정보를 부가해서 블럭이 속한 새로운 트랙을 결정해야 한다. 그 과정은 다음과 같다.

1. LOS 알고리즘으로 트랙을 구분한다.
2. 동일한 트랙에 속한 블럭중에 NLOS의 상쇄 성분이 필요한 블럭을 결정한다.
3. 선택된 블럭은 식(2)의 $k2$ 값을 할당한다.
4. LOS에 의하여 결정된 *PSS*의 임계값과 $k2$ 값의 차를 구한다.
5. 결정된 값을 새로운 *PSS*로 하여 새로운 트랙을 결정한다.

3.3 블럭 정의

블럭 정의 단계는 그림 4와 같이 구분된 블럭들에 블럭 번호를 부여하는 과정이며 추정기는 이동체의 위치를 이 블럭 번호에 의해 표현하게 된다. 이 블럭들을 추정하기 위해서는 추정기가 해당 블럭의 셀 내 위치를 식별할 수 있어야 한다. 이를 위하여 각 블럭의 셀 내 위치를 나타내는 정보인 거리 백터 데이터를 이용하는데[13], 이 백터 데이터는 기지국을 기점으로하여 직각 좌표를 구한 후 직각 좌표의 극좌표 변환 방법을 적용함으로써 얻는다.

셀상에서 기지국에 대한 블럭의 평면상의 상대적인 위치를 나타내기 위하여 각 블럭에 위치 정보를 부여 해야한다. 이를 위하여 2차원 백터를 이용한다. 2차원 백터는 거리(distance)와 방향(angle)를 나타내는 (d, a)로 표현 가능하다. 위치 백터에서 중요한 것은 어디서 시작하고 어디서 끝났는가 하는 것이지, 정확한 경로와는 무관하다.

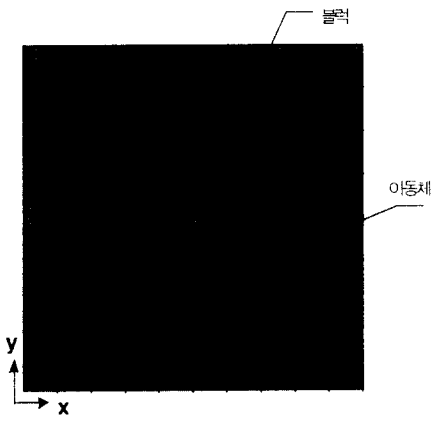

그림 4. 벡터를 이용한 블럭 인식

또한 블럭 정보를 모은 자료를 블럭 객체라 정의하며 다음의 정보가 포함된다. 섹터 정의 단계에서 생성된 섹터 번호, 트랙 정의 단계에서 생성된 트랙 번호, 블럭 정의 단계에서 생성된 블럭 번호 그리고 블럭의 셀 내 위치를 나타내는 백터 정보 (x, y), 블럭이 LOS일 경우의 평균 PSS의 최소치와 최대치, 그리고 NLOS일 경우의 보상치가 이에 속한다.

IV. 이동체의 위치 추정

위치 추정 과정은, Ⅲ절의 절차에 의하여 얻어지는 각 블럭의 정보를 기초로 하여, 이동체가 위치한 블럭을 추정하는 단계이며 추정기에 의하여 주기적으로 반복된다. 이러한 위치 추정 과정은, 이동체가 위치한 지역의 크기를 단계적으로 좁혀서 최적의 블럭을 결정하는 방법인 3단계 위치 추정 기법에 기반을 두고 있다. 추정기는 타이머에 의하여 추정 과정을 시작하고 주기적으로 반복한다. 이동체는 자신의 기지국 및 인접 기지국으로부터 발생한 PSS를 측정한다. 그 측정된 정보를 이용하여 시스템은 섹터 추정 단계에서 이동체가 위치한 섹터를 추정하고 트랙 추정 단계에서 이동체가 위치한 트랙을 추정한 후에 최종적으로 블럭 추정 단계에서 이동체가 위치한 블럭을 추정한다. 이 과정은 한 번의 파일롯 신호 발생으로 추정 과정이 시작되고 최종적으로 블럭을 추정한 후에 다시 반복된다. 섹터 추정 단계에서 셀내의 그 섹터에 해당하는 다수의 블럭들이 추정되고, 다음으로 트랙 추정 단계에서 추정된 블럭들 중 그 트랙에 해당하는 블럭들이 추정되고, 그 블럭들중에서 최적의 블럭이 블럭 추정 단계에서 선택된다. 블럭과 블럭의 경계 지점에 위치한 이동체의 경우는 수신된 PSS가 두 블럭에 겹칠 수 있으므로 추정된 블럭의 수는 한 개 이상일 수도 있다.

4.1 섹터(Secter) 추정

모든 인접 기지국들은 주기적으로 파일롯 신호를 방송하고 각 이동체는 인접 기지국으로부터의 파일롯 신호들을 수신한다. 수신된 신호 세기를 비교하여 가장 큰 신호 세기를 갖는 기지국에 해당하는 섹터를 이동체가 있는 섹터로 추정하는데 그 과정은 다음의 섹터 추정 알고리즘으로 나타낸다.

1. 인접 기지국은 주기적으로 파일롯 신호를 발생한다.
2. 인접 기지국들의 *PSS*를 이동체의 복조기(demodulator)에서 측정한다.
3. 이동체는 PSMM(piliot strength measurement message)을 기지국으로 전송한다.
4. 추정기는 파일롯 채널의 수신 세기를 비교하여 최대 신호 세기를 갖는 기지국에 인접한 섹터를 이동체가 존재하는 섹터로 선택한다.
5. 셀 내의 모든 블럭을 조사하여 동일한 섹터 번호를 갖는 블럭들이 다음 단계의 추정을 위하여 선택한다. 블럭의 객체 정보에서 섹터 번호를 조사하면 해당하는 블럭들을 알 수 있다.

4.2 트랙(Track) 추정

섹터 추정 단계에서 추정된 블럭들 중 이동체가 현재 위치하고 있는 트랙에 속한 블럭들을 추정하는 단계이며 다음의 알고리즘에 의하여 최적의 트랙이 결정된다.

1. 기지국은 주기적으로 파일롯 신호를 발생한다.
2. 이동체는 자신이 위치하고 있는 기지국의 *PSS*를 복조기에 의해 측정한다.
3. 이동체는 PSMM(piliot strength measurement message)을 기지국으로 전송한다.
4. 추정기는 LOS 알고리즘과 NLOS 보상치를 이용하여 트랙을 추정한다.
5. 추정된 트랙에 해당하는 블럭들이 다음 단계 추정을 위하여 선택된다. 블럭의 객체 정보에서 트

랙 번호를 조사하면 해당하는 블럭을 알 수 있다.

4.3 블럭(Block) 추정

추정 과정의 최종 단계로서 트랙 추정 단계에서 추정된 블럭들 중에서 해당 이동체가 현재 위치하고 있는 블럭을 추정하는 단계이다. 이동체는 인접 기지국으로부터 파일롯 신호를 수신하는데, 그림 5에서와 같이 인접 기지국의 파일롯 신호중 두 기지국의 PSS를 이용하여 추정한다. 다음의 알고리즘에 의하여 최적의 블럭을 추정한다.

1. 인접 기지국은 주기적으로 파일롯 신호를 발생한다.
2. 이동체는 복조기에서 인접 기지국들의 *PSS*를 측정한다.
3. 이동체는 PSMM을 기지국으로 전송한다.
4. 추정기는 두 기지국의 *PSS*를 비교하여 두 신호의 상대적인 delay 차이를 알 수 있다. 이 delay 차이를 이용하여 이동국과 두 기지국의 거리의 차이를 추정한다.
5. 거리의 차이를 이용하여 최적의 블럭을 추정한다. 그 과정은 아래와 같다.
   ① 트랙 추정 단계에서 추정된 블럭들의 상대적인 위치를 알기 위하여 블럭들에게 일련번호를 부여한다.
   ② 거리의 차이를 블럭의 위치로 나타내면 식 (4)와 같다.

$$B_k = PSS_{|A-B|}(d) / L \qquad (4)$$

   여기서 B_k는 블록의 상대적인 위치, $PSS_{|A-B|}(d)$는 거리의 차이, L은 블럭의 한 변의 길이이다.
   ③ 블럭은 표 1에 의해 결정된다. 여기서 $B(n)$은 블록수이다.

예를 들어 $PSS_A > PSS_B$이고 지연에 의한 거리의 차이가 45m이면, 식 (4)에 의하여 B_k는 2가 되고 블럭수는 홀수이다. 표 1에 의해 임시 번호 1이 되며 블럭 29로 추정된다.

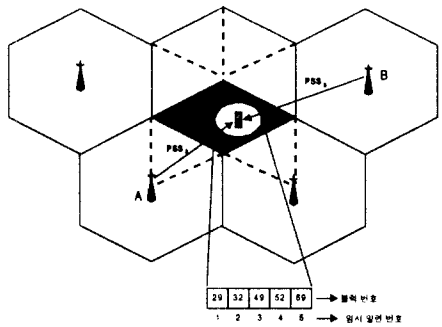

그림 5. 블럭 추정

V. 성능분석

5.1 시뮬레이션 환경

이동체의 이동 경로와 이동 속도는 도로 구조에 의해 영향을 받으며 방향의 변화 및 속도의 변화는 이동 패턴을 지배하는 두 개의 파라미터이다. 이동 패턴에 따라,14] 크게 고속의 이동체(40%)와 저속의 이동체(60%)로 분류하였고 저속 이동체, 즉 보행자는 정지 상태(50%)와 보행중인 상태(50%)로 분류하고 고속 이동체, 즉 차량은 자가용(20%), 택시(10%), 대중 교통(70%)으로 분류하였다. 본 연구에서는 정지 상태인 이동체와 보행중인 이동체를 고려하였고 고속 이동체는 따로 분류하지 않고 속도만 구분하여 시뮬레이션을 수행하였다. 고속 이동체의 이동 방향은 직진, 좌/우회전 그리고 U턴으로 구분된다. 좌/우회전은 직진 상태로 진행하던 이동체가 노드 블럭에서 좌/우

표 1. 블럭 결정 식

$B(n)$	B_k	신호 세기		
		$PSS_A > PSS_B$	$PSS_A < PSS_B$	$PSS_A = PSS_B$
홀 수	$B_k = n$	$\frac{B(n)+1}{2} - n$	$\frac{B(n)+1}{2} + n$	$\frac{B(n)+1}{2}$
짝 수	$B_k = n$	$\frac{B(n)}{2} - n$	$\frac{B(n)+1}{2} + n$	$\frac{B(n)}{2}$, $\frac{B(n)}{2}+1$

회전을 수행한 후 다시 직진으로 진행하는 상태를 나타낸다. U턴은 직진 상태로 진행하던 이동체가 특정 블럭에서 U턴을 수행한 후 역으로 다시 직진으로 진행하는 상태를 나타낸다.

본 연구에서는 이동체를 정지, 보행자, 자가용, 택시, 대중 교통으로 분류하고 이동 속도를 각각 0 km/hr, 3~5 km/hr, 15~40 km/hr, 15~40 km/hr, 10~30 km/hr로 가정하였다. 이러한 속도 범위에 따라 포아송 분포로 이동체의 속도를 결정하고 운행동안 동일한 속도를 계속 유지한다고 가정하였다.

그림 6은 도로 교통 환경을 고려하기 위하여 셀을 평면으로 정의하고 이동체가 주행하는 도로(road)를 나타낸 것이다. 여기서 도로의 분기점을 나타내고 음영으로 표시된 부분은 도로가 통과하는 블럭을 나타내고 있다. 블럭은 정사각형이며, 한 변의 길이를 20m로 가정하였다.

그림 6을 이용하여 이동 패턴 각각에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 고속 이동체의 경우 블럭을 통과하는 시간을 $BT = 4 \cdot \frac{r}{(\pi \cdot v)}$로 정의한다. 여기서 r은 블럭을 통과하는 도로의 길이이다. 그림 6에 보듯이 이동 속도가 동일하다면 BT는 하나의 블럭을 통과하는 도로의 길이에 의해 결정됨을 알 수 있다. 따라서 편의상 블럭을 통과하는 도로의 형태에 따라, 블럭의 완전 횡단, 블럭의 3/4 횡단, 블럭의 2/4 횡단, 블럭의 1/4 횡단의 4가지 유형으로 나누고 각각 r값을 $20m$, $15m$, $10m$, $5m$로 정하였다.

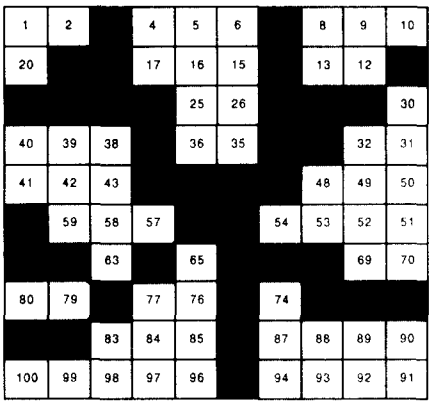

그림 6. 블록과 이동체의 이동 경로

평균 신호 세기를 정확히 추정하기 위하여 이동체는 이동 속도에 상관없이 매 0.5초마다 이동체는 샘플링을 수행하는 것으로 가정하였다.

5.2 성능 분석

시뮬레이션 결과를 그림 7에서 그림 12까지에 나타내었다. 각각 그림에서 가로축은 이동체가 실제로 위치하고 있는 블럭의 번호를 의미하며 막대 위에 표시된 숫자는 제안된 방법에 의해 추정된 블럭의 번호를, 그리고 세로축은 이동체가 해당 블럭에 위치하는 것으로 추정될 확률을 의미한다. 그림 7은 정지 상태인 이동체의 추정 확률을 나타내고 있다. 정지 상태이므로 10개의 블럭을 임의로 선택하여 시뮬레이션을 수행하였다. 블럭의 위치 및 상태에 상관없이 추정 확률은 100%였다. 그림 8은 보행 상태인 이동체의 추정 확률을 나타내고 있다. 운행 경로는 그림 6의 블럭 90에서 블럭 11까지이다. 정지 상태인 이동체와 마찬가지로 위치 및 이동 상태에 상관없이 추정 확률은 100%였다.

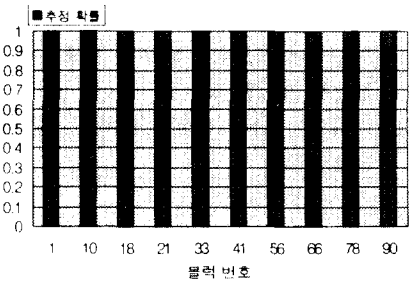

그림 7. 정지중인 이동체에 대한 추정 확률

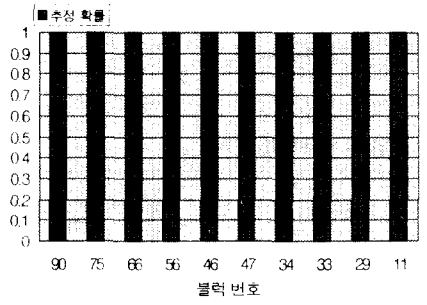

그림 8. 보행자에 대한 추정 확률

그림 9, 10, 11은 고속 이동체가 각각 직진, 좌회전, 우회전할 경우의 추정 확률을 나타낸 것이며 고속 이동체의 종류와 각각의 속도는 5.1절의 가정을 적용한 것이다. 운행 경로는 각각 그림 6의 블럭 78에서 블럭 11까지, 블럭 82에서 블럭 71까지, 블럭 64에서 블럭 22까지이다. 몇 개의 블럭에서는 추정 확률이 낮은데, 이는 그림 6에서 보듯이 해당하는 블럭들의 블럭 통과 시간이 작기 때문이다. 즉 추정의 정확도는 이동체가 블럭을 통과하는 시간에 비례함을 알 수 있다.

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

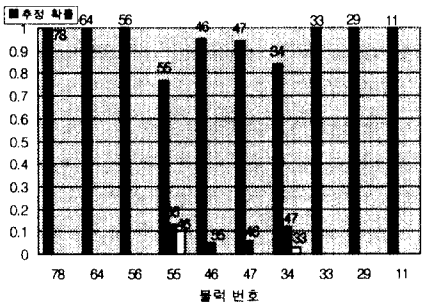

그림 9. 직진 이동체에 대한 추정 확률

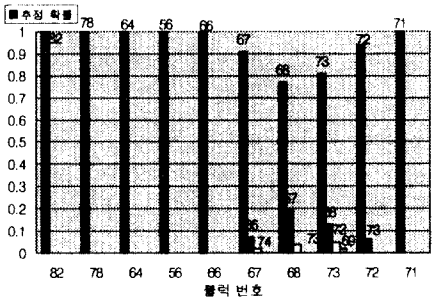

그림 10. 우회전 이동체에 대한 추정 확률

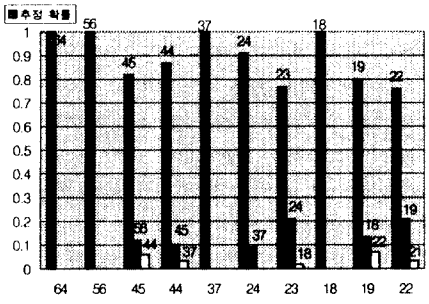

그림 11. 좌회전 이동체에 대한 추정 확률

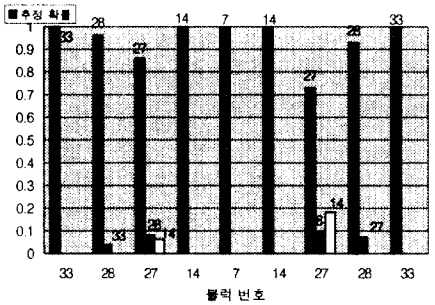

그림 12. U턴 이동체에 대한 추정 확률

결과에서 보듯이 직진으로 이동하다가 좌/우회전 또는 U턴을 해도 이동체의 추정 결과에는 영향이 없었다. 실제로 좌/우회전은 급격한 신호 왜곡 현상을 일으키지만, 본 논문에서 제안한 추정 방법은 블럭 내에서 연속적으로 수신 신호를 수신하여 신호 세기의 평균값으로 이동체의 위치를 결정하기 때문에 급격한 좌/우회전 또는 U턴으로 인한 신호의 왜곡을 상쇄시킬 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 블럭 통과 시간이 증가되므로 추정의 정확도가 다소 증가할 것으로 예상된다. 각각의 결과에서 보듯이 잘못 추정된 블럭도 이동체가 위치한 블럭의 경로를 따라 앞 또는 뒤의 블럭이었다. 이것은 CT가 작은 블럭의 경우, 이 블럭들이 샘플링에 영향을 미치기 때문이다.

또한 각 추정 패턴을 조사해보면 다음 사항들을 알 수 있다. 그림 12의 블럭 27에 대한 결과를 보면 이동체의 추정 위치를 블럭 27(추정율 0.73)과 14(추정율 0.14) 그리고 28(추정율 0.09)로 추정하였다. 그런데 그림 6의 블럭 배치 상태를 보면 이동 경로가

블럭 27과 블럭 28과 그리고 블럭 14의 거의 경계 지점을 통과한다는 것을 알 수 있다. 즉 이동체가 블럭 27을 통과할 경우 블럭 27 내의 위치도 대략적으로 추정할 수가 있다. 따라서 각 결과의 추정 확률들을 조사하면 이동체가 위치한 블럭뿐만 아니라 블럭 내에서의 위치도 대략 파악할 수 있을 것이다

VI. 결 론

본 논문에서는 인접 기지국의 화일롯 신호 세기, 즉 PSS를 이용하여 이동체의 위치를 추정하는 방법을 제안하였다. 제안된 위치 추정 방법은 섹터 추정, 트랙 추정, 블럭 추정의 3단계 추정 과정을 통하여 추정 대상 범위를 좁혀 나감으로써 이동체가 위치한다고 판단되는 블럭을 최종적으로 추정한다. 제안된 방법은 셀 또는 지역을 블럭으로 나누어 연속적으로 신호를 수신하고 이 수신신호 세기의 평균값을 이용하여 이동체의 위치한 블럭을 결정함으로써, 신호세기 추정 오류를 줄일 수 있고 급격한 좌/우회전 또는 U턴으로 인한 신호의 왜곡을 상쇄시킬 수 있었다. 또한 각각의 블럭에 적합한 전파 세기를 LOS와 NLOS로 구분하여 모델링함으로써 전파 세기의 변화에 정확하게 적응할 수 있었다.

주변의 환경(빌딩, 도로, 음영 지역등)의 상태 정보를 미리 입력하여 신호 세기를 추정할 경우에는 추정 확률을 한층 더 증가시킬 수 있을 것이다. 제안된 방법의 문제점은 이동체의 이동속도가 빨라짐에 따라 추정의 정확도가 다소 감소된다는 점이다. 그러나 대부분의 응용에서 요구되는 속도 범위에 대해서는 추정의 정확도가 만족할 만한 수준이다.

이러한 이동체 위치추정 기법을 응용한 핸드오프 알고리즘, 위치추정 시스템의 실질적인 구현 방안 등에 대해서는 향후 지속적으로 연구되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. S. Riter and J. McCoy, "Automatic vehicle location - An overview," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 26, pp. 7-11, Feb. 1977.
2. S. H Roth, "History of automatic vehicle monitoring(AVM)," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 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. Technol., vol. 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. 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. 29, pp. 245-252, May 1980.
6. U. Dropmann, X. Lagrange and P. Godlewski, "Architecture of a multicell centralized packet access system," Proc. PIMRC'95, pp. 279-283, 1995.
7. O. Kennemann, "Pattern recognition by hidden Markov models for supporting handover decisions in the GSM system," 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," Proc. VTC'94, Stockholm, Sweden, pp. 91-95, 1994.
9. T. Kürner, R. Fau and A. Wasch, "A hybrid propagation modelling approach for DCS1800 macro cells," Proc. VTC'96, vol. 3, pp. 1628-1632, May 1996.
10. M. D. Austine and G. L. Stüber, "Direction biased handoff algorithms for urban microcells," Proc. VTC'94, vol. 1, pp. 101-105, 1994.
11. M. D. Austin and G. L. Stuber, "Velocity adaptive handoff algorithms for microcellular systems," Proc. ICUPC, pp. 793-797, Oct. 1993.
12. G. N. Senarath and D. Everitt, "Reduction call drop-outs during handoff using efficient signal strength prediction algorithms for personal communication systems", Proc. GLOBECOM'95, vol. 3, pp. 2308-2312, Nov. 1995.
13. D. J. Cichon, T. C. Becker and M. Dottling, "Ray optical prediction of outdoor and indoor coverage in urban macro-and micro-cells", Proc. VTC'96,

vol. 1, pp. 41-45, May 1996.

14. J. G. Markoulidakis, G. L. Lyberopoulos, D. F. Tsirkas and E. D. Sykas, "Mobility modeling in third-generation mobile telecommunications systems", IEEE Personal Communications, Aug. 1997.

이 종 찬(Jong Chan Lee) 정회원
현재 : 숭실대학교 컴퓨터학부 박사과정
한국통신학회논문지 제22권 8호 참조

이 문 호(Moon Ho Lee) 정회원
현재 : 충남산업대학교 멀티미디어학과 전임강사
한국통신학회논문지 제22권 8호 참조

문 영 성(Youngsong Mun) 정회원
현재 : 숭실대학교 컴퓨터학부 조교수
한국통신학회논문지 제22권 8호 참조