

AAS(적응형 안테나 시스템)에서의 이동체 속도 추정 방안

A Modified Velocity Estimation Scheme in AAS (Adaptive Antenna System)

정영욱* 최용훈** 이혁준***
(Young-Uk Chung) (Yong-Hoon Choi) (Hyuk-Joon Lee)

요 약

이동 셀룰라 시스템에서 단말의 속도를 알아내는 것은 효율적인 시스템 운영을 위해 꼭 필요한 일이다. 그동안 여러 가지 이동체의 속도 추정 방안이 제안되어 왔는데, 이 논문에서는 적응형 어레이 안테나를 이용해 간단하게 속도를 추정하는 방안을 제안한다. 제안하는 방안은 이동체의 속도를 이동 거리 정보와 상주 시간 정보를 이용해 추정한다. 이 방안은 추가적인 코스트 부담 없이 정확하게 속도를 추정할 수 있다. 제안하는 방안의 성능 분석을 위해 본 논문에서는 수학적 분석과 시뮬레이션을 수행하였고 그 결과 제안하는 방안이 만족할만한 성능을 보여주는 것을 알 수 있었다.

Abstract

Velocity estimation is one of important issues for efficient system management in mobile cellular systems. In this paper, a modified velocity estimation scheme which works in Adaptive Antenna System (AAS) is proposed. The proposed scheme estimates user velocity based on moving distance information and sojourn time information. From numerical results, it is shown that the proposed scheme can estimate user velocity accurately with low cost.

Key words: Velocity estimation, adaptive antenna system, smart antenna, sojourn time

1. 서 론

이동 셀룰라 시스템에서, 단말의 속도 정보는 효율적인 시스템 운영을 위해 매우 중요한 파라미터로 사용된다. 예를 들어 단말의 속도 정보는 해당 단말을 계층셀 구조에서 어떤 계층의 셀로 할당할지를 결정하는데 사용될 수 있다. 요즘 주목의 대상이 되고 있는 펌토셀 환경에서 단말을 기존의 매크로셀에

서 서비스할 것인지, 펌토셀에서 서비스 할 것인지의 판단 기준으로 사용할 수 있다는 것이다. 그 외에도, 무선자원 할당, 전력 제어, 핸드오버 등 다양한 부분에서도 단말의 속도 정보를 이용함으로써 자원의 효율성을 높여 줄 수 있다. 차세대 시스템으로 진화할수록, 자원의 효율을 극대화하고 시스템의 구조는 더욱 복잡해지는 추세를 나타내므로, 단말의 속도를 정확히 추정하는 것은 점점 더 중요한 이슈가

† 이 논문은 2007년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었습니다.

* 주저자 : 광운대학교 전자공학과 교수

** 공저자 : 광운대학교 정보제어공학과 교수

*** 공저자 : 광운대학교 컴퓨터공학과 교수

† 논문접수일 : 2009년 3월 3일

† 논문심사일 : 2009년 4월 6일

† 게재확정일 : 2009년 4월 7일

되고 있다고 하겠다.

그렇기 때문에, 예전부터 속도를 추정하기 위한 여러 가지 연구들이 수행되어왔다 [1-5]. 대표적인 방안으로 레일리 페이딩을 이용한 방법과 셀에서의 잔류 시간을 이용한 방법이 있다. 레일리 페이딩을 이용한 방법은 노이즈가 별로 없는 이상적인 환경에서는 비교적 좋은 성능을 나타낸다. 하지만 노이즈와 간섭이 많은 실제 전파환경에서는 성능이 심각하게 열화되는 현상을 볼 수 있다. 셀 잔류시간을 이용하는 방법은 추가적인 하드웨어가 필요하지 않고 쉽게 구현 가능하다는 장점이 있다. 그러면서도 아주 정확하지는 않지만 어느정도의 추정 성능을 보여주고 있다. 하지만 이 방식은 단말의 실제 속도를 추정하는 것이 아니라 상대적인 속도를 추정할 수 있다. 즉 속도가 빠르거나 느리거나 중에 하나를 선택할 수 있는 방식이다. 셀 잔류 시간을 이용하는 방식에는 대표적인 네가지 방법이 있다. 호가 발생한 시점부터 셀에서 빠져나갈 때까지의 시간을 이용하는 Residual Dwell Time (RDT) 방법[1], 호가 셀에 들어온 시점부터 기지국 수신 파워 레벨이 미리 정한 값과 같아지는 데까지 걸리는 시간을 이용하는 Power Level Offset (PLO) 방법[2], 호가 몇 개의 셀을 지나는 동안의 잔류시간을 평균내어 속도추정에 활용하는 Exponential Averaging (EA) 방법[3] 그리고 셀간 겹치는 영역에서의 호 잔류시간을 이용하는 Overlapped Region Sojourn Time (ORST) 방법[4]이 그것이다. 이 모든 방법들은 직접 속도를 추정하는 방식이 아니라 한계값과 측정된 셀 잔류시간과의 비교를 통해서 속도의 레벨을 결정한다.

기존의 연구들이 이런 한계를 가지고 있는 이유는 단말이 이동하고 있고 PHY/MAC 계층에서는 그 위치를 정확히 알기가 힘들기 때문이다. 하지만 RF 영역에서는 적응형 어레이 안테나 기술을 이용해 단말의 대략적인 위치를 추정할 수 있고 이를 이용하면 좀 더 정교한 속도의 추정이 가능해진다. 이를 이용하여 본 논문에서는 새로운 속도 추정 방법을 제안한다.

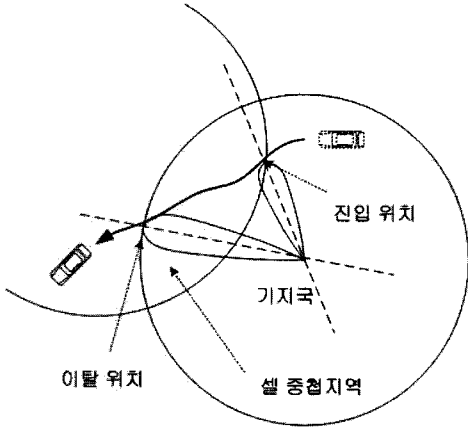
본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 제안하는 속도 추정 방법을 설명한다. 제안하는 방법과

구현에 필요한 절차가 기술된다. 3장에서는 제안하는 방법의 성능을 평가하기 위한 수학적 분석이 기술된다. 먼저 목표 시스템을 모델링하고 이를 이용해 제안하는 방법의 성능을 분석한다. 4장에서는 수학적 분석의 결과와 시뮬레이션 결과를 통해 제안하는 방법의 성능을 도시하고 그 의미를 해석한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 의미를 요약하고 논문을 마무리한다.

II. 제안하는 속도 추정 방법

여기서는 본 논문에서 제안하는 적응형 어레이 안테나를 이용한 속도 추정 방법을 설명한다. 흔히 스마트 안테나라 불리는 적응형 어레이 안테나를 사용한 적응형 안테나 시스템(AAS)은 원래 군용으로 개발된 것으로 3세대 이동통신 시스템에서 주목받기 시작하였고, 4세대 및 그 이후 세대의 시스템에서는 상용화 가능성이 높을 것으로 기대되고 있다 [6, 7]. 적응형 어레이 안테나는 특정 단말과의 통신을 할 때 그 단말의 위치를 트래킹해서 그 단말이 위치한 방향으로만 보내고자 하는 신호를 전송하고 다른 방향으로서는 널 신호만을 보낼 수 있다. 즉 기본적으로 기지국 입장에서 단말이 위치해 있는 방향 정보를 트래킹 할 수 있어야 하고 이를 위해 신호의 direction of arrival (DoA)를 추정하는 알고리즘들이 많이 제안되어 있다. 이런 동작을 하는 적응형 어레이 안테나를 사용하면 채널 용량과 스펙트럼 효율을 향상시키고 커버리지를 확장시키는 효과가 있으며 이를 통해 전체 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다.

제안하는 방법은 기본적으로 <그림 1>처럼 셀간 겹치는 영역에서 단말이 잔류하는 시간을 이용해 단말의 속도를 추정한다. 단말이 셀 간 겹치는 영역에서 얼마나 머무르는 가는 기존의 일반적인 소프트웨어 핸드오버 알고리즘에서 사용하는 방식과 동일하게, 단말이 수신하는 파일럿 시그널의 세기를 미리 정한 한계값과 비교하여 측정한다. 단말과 기지국 사이에 호(써킷 기반 전송) 또는 연결(패킷 기반 전송)이 설정되어 있는 상태에서 단말이 셀간 겹치는 영역으로 들어가면 단말은 잔류 시간을 측정하기 시작한다.



<그림 1> 제안하는 속도 추정 방안의 동작
<Fig. 1> Description of the proposed scheme

이때 적응형 어레이 안테나를 사용하면 <그림 1>에 서처럼 단말이 셀간 겹치는 영역으로 들어가는 진입 위치를 추정할 수 있다. 그 위치는 적응형 어레이 안테나로부터 오는 방향 정보와 셀간 겹치는 영역의 바운더리 정보를 결합해 추정해 낼 수 있다. 단말이 셀간 겹치는 영역에서 빠져나오는 이탈 위치도 같은 방법으로 알 수 있다. 호/연결 설정이 단말이 이미 셀간 겹치는 영역 내에 들어와 있을 때 발생하면, 발생시점부터 이탈시점까지의 시간을 잔류 시간으로 생각하여 추정한다.

셀간 겹치는 영역에서의 단말의 이동 거리에 대한 정보는 셀간 영역으로의 진입위치와 이탈 위치를 알고 있는 기지국이 추정한다. 기지국에서 이 정보를 데이터베이스에 저장할 수 있는 데이터 포맷의 일례를 <표 1>에 소개하였다. 물론 이 형태 이외에도 다양한 포맷을 사용할 수 있다. 이때 각 기지국은 자신이 관장하는 셀의 지형 정보와 셀간 중첩 영역의 이동 거리 정보를 알수 있다고 가정한다. 단말이 셀 중첩영역으로 들어가게 되면 단말은 기지국으로 이를 알리는 메시지를 보낸다. 이 메시지는 단말이 기지국으로 주기적으로 보내는 CQI 채널 등의 시그널링 채널에 포함되어 전송될 수 있다. 이 메시지를 받으면 기지국은 적응형 어레이 안테나로부터 단말의 진입 방향에 대한 정보를 이용하여 단말의 진입 위치를 파악한다. 위와 동일한 방법으로 단말의 이탈 위

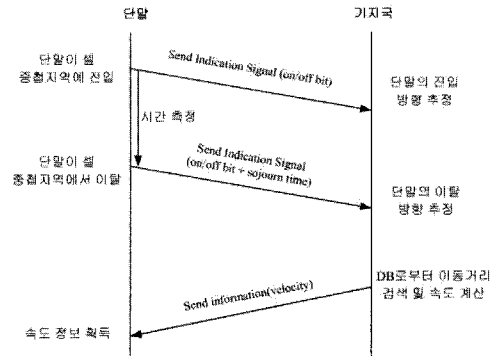
<표 1> 데이터베이스에 저장된 데이터 형식의 일례
<Table 1> An example of data format in DB

진입 위치(도)	이탈 위치(도)	이동 거리(m)
...
68	60	1.7

	95	2.8
	96	2.9

...	120	12.1
...
360
	60	9.8

치도 단말이 기지국으로 알려준다. 그러면, <표 1>과 같은 데이터베이스 정보를 사용하는 경우 이 두가지 정보를 이용하여 기지국은 단말의 이동거리를 데이터베이스로부터 쉽게 얻을 수 있다. 단말은 자신이 측정하고 있는 셀 잔류시간 정보를, 셀 중첩지역 이탈시 이를 기지국으로 알려줄때 같이 전송한다. 그러므로 기지국은 이 셀 잔류시간 정보와 단말의 이동거리 정보로부터 단말의 속도를 추정할 수 있다. 이동거리를 셀 잔류시간으로 나누면 쉽게 속도를 계산해낼 수 있다. 이때 셀 잔류시간 정보를 기지국으로 보내지 않고 단말이 가지고 있고 기지국이 이동거리 정보를 단말로 전송해 줌으로써 단말이 자신의 속도를 계산하도록 할 수도 있다. 이런 과정에 필요한 기지국과 단말 간의 시그널링 인터페이스가 <그림 2>에 나와 있다.



<그림 2> 단말과 기지국 사이의 시그널링 절차
<Fig. 2> Signalling process between BS and MS

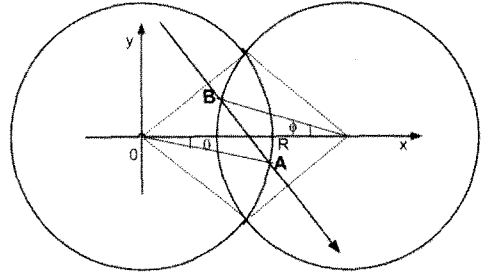
지금까지 살펴본 제안하는 방법은 단말의 속도를 비교적 정확하게 저비용으로 추정해 낼 수 있다. 기존의 속도 추정 방법들과 비교해 보면 이 점은 명확해진다. GPS를 사용하는 기존의 방법은 단말에 GPS가 들어가 있어야 하므로 비용이 많이 들고 위성 신호를 수신하기 어려운 도심지 환경에서는 그 성능 열화가 심해진다. 레일리 페이딩을 사용하는 방법 역시 좋은 SNR을 얻기 힘든 도심지 환경에서 그 성능을 제대로 발휘할 수 없다. 도심지 환경이야 말로 단말의 속도를 기반으로 여러 가지 어플리케이션에 활용할 수 있는 곳이기 때문에 이런 환경에서의 성능 열화는 치명적이라도 할 수 있다. 반면에 제안하는 방법은 도심지 환경에서 더 좋은 성능을 보일 수 있다. 왜냐하면 장애물들로 인한 전파 장애가 명확하기 때문에 셀의 지형 정보가 오히려 단순해질 가능성이 높기 때문이다. 또한 셀 중첩 지역의 크기가 도심지 환경에서는 작아지기 때문에, 단말이 이동 방향을 바꾸는 경우에 발생할 수 있는 속도 추정의 오류도 줄어든다. 이런 면에서 동일한 혜택을 볼 수 있는 셀 잔류시간을 이용하는 방법들은 단말의 상대적인 속도밖에 추정할 수 없으므로 제안하는 방법과는 경쟁의 분야가 다르다고 할 수 있다.

III. 시스템 모델 및 수학적 분석

여기서는 제안하는 속도 추정 방법의 성능을 평가하기 위해 적용 시스템을 모델링하고 수학적 분석을 수행한다. 본 논문에서는 수학적 분석을 위해 원형 셀 모델을 이용해 시스템을 모델링한다. 여기서 정의하는 단말의 이동 모델은 다음과 같다.

- 시스템은 반경 R을 가지는 원형 모양의 셀들로 구성된다.
- 단말은 시스템에 균일하게 분포한다.
- 단말은 한 방향으로만 움직인다. 움직이는 방향은 0~360도 사이에서 균일한 분포를 가지며 주어진다.
- 단말의 속도는 한번 정해지면 바뀌지 않는다.

제안하는 방법을 분석하기 위해 셀 중첩 지역을 <그림 3>과 같이 모델링했다. 그림에서 θ 와 ϕ 는



<그림 3> 셀 중첩 지역 모델
<Fig. 3> Overlapping region model

$-\pi/6$ 와 $\pi/6$ 사이에서 균일한 분포로 값을 가지는 랜덤 변수이다. 왼쪽에 있는 기존 셀의 기지국의 위치 좌표를 (0,0)이라고 하고 A와 B 사이의 거리를 Z라고 하자. 그러면 A와 B의 좌표, 그리고 Z는 다음과 같이 주어진다.

$$A = R(\cos\theta, \sin\theta), (-\pi/6 \leq \theta \leq \pi/6)$$

$$B = R(\sqrt{3} - \cos\phi, \sin\phi), (-\pi/6 \leq \phi \leq \pi/6)$$

$$Z = R\sqrt{(\cos\theta + \cos\phi - \sqrt{3})^2 + (\sin\theta - \sin\phi)^2}, (0 \leq Z \leq R)$$

위의 수식은 이상적인 경우를 가정한 것이고, 실제 환경은 셀 중첩 지역의 경계가 고정되어 있지 않고 가변적이게 된다. 이를 반영하기 위해 단말 i의 실제 이동 거리를 D_i 라고 하면 이는 가우시안 분포를 가지게 된다 [8]. D_i 의 평균값 $E[D_i]$ 를 z_i 라고 하고 D_i 의 분산을 $\sigma_{D_i}^2$ 라고 하자. 그러면 D_i 의 pdf와 cdf는 다음과 같이 주어진다.

$$f_{D_i}(d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{D_i}} e^{-\frac{(d - E[D_i])^2}{2\sigma_{D_i}^2}}$$

$$F_{D_i}(d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{D_i}} \int_{-\infty}^d e^{-\frac{(s - E[D_i])^2}{2\sigma_{D_i}^2}} ds$$

D_i 는 단말의 실제 속도 V_i 와 독립적인 랜덤 변수이므로, 평균 잔류 시간 T_i 는 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$E[T_i] = E[D_i]E\left[\frac{1}{V_i}\right]$$

$$E[T_i^2] = E[D_i^2]E\left[\frac{1}{V_i^2}\right]$$

$$T_i = \frac{D_i}{V_i}$$

그리고 T_i 의 분산은 다음과 같이 얻어진다.

$$\sigma_{T_i}^2 = E[T_i^2] - (E[T_i])^2$$

그러면 T_i 의 pdf와 cdf는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$f_{T_i}(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{T_i}} e^{-\frac{(t - E[T_i])^2}{(2\sigma_{T_i}^2)}}$$

$$F_{T_i}(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{T_i}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{(s - E[T_i])^2}{(2\sigma_{T_i}^2)}} ds$$

이로부터 추정된 속도 V_i^{est} 는 다음과 같이 계산되어 질 수 있다.

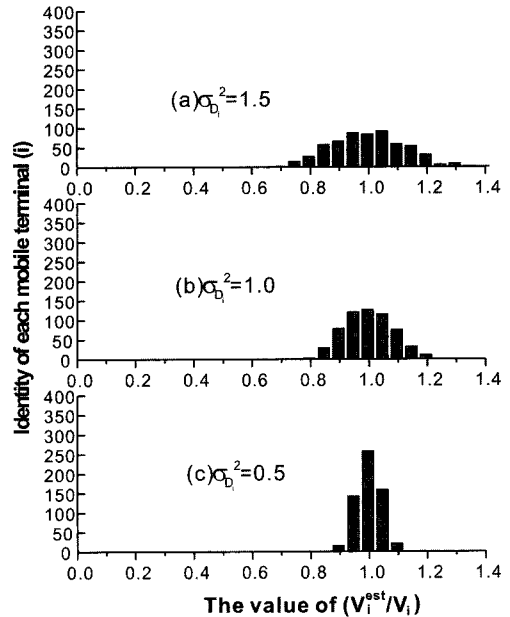
$$V_i^{est} = \frac{Z_i}{T_i}$$

IV. 수치해석 결과

여기서는 제안하는 속도 추정 방법의 성능을 평가하기 위해 수행한 시뮬레이션 환경을 설명하고 수학적 분석과 시뮬레이션 결과를 해석한다.

시뮬레이션은 단말이 방향을 바꾸는 경우와 바꾸지 않는 경우 모두에 대해서 수행한다. 시뮬레이션 환경에서 반경이 300m인 셀을 고려하고 셀 중첩 지역은 두 개의 인접한 셀에 의해서만 만들어진다고 가정한다. 시뮬레이션을 위해서 수학적 분석에서 사용했던 단말의 이동 모델에 몇 개의 정의를 추가했다. 단말이 이동하면서 방향을 바꾸지 않는 경우 이동 방향은 0~360도 중의 값을 균일하게 가진다고 가정했다. 단말이 이동하면서 방향을 바꾸는 경우, P_c 의 확률로 방향을 바꾸게 된다. 방향을 바꿀 때까지의 간격은 평균 d_{int} 을 가지는 지수 분포로 정의했으며 바뀌는 새로운 방향은 0~360도 중에서 균일한 분포를 가지도록 정해진다고 가정했다.

수학적 분석과 시뮬레이션 결과는 <그림 4>부터 <그림 9> 사이에 나타난다. 이 결과들은 셀 중첩 지역의 경계가 일정하지 않은 점을 반영한 것이다. <그림 4>는 단말이 방향을 바꾸는 경우에 대한 추정 속도의 분포를 보여준다. 이 그림들에서 P_c 는 0.4, d_{int} 는 20m를 사용했다. 그림의 x축은 실제 속도 대비 추정된 속도의 비를 나타낸다. 값이 1이면 정확히

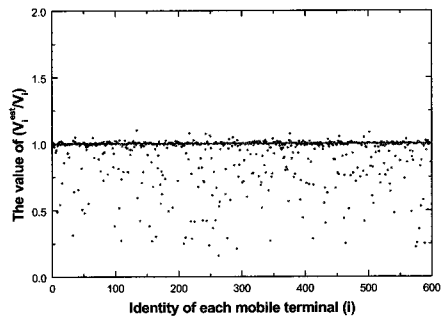


<그림 4> 단말이 이동 방향을 바꾸는 경우의 추정 속도 분포

<Fig. 4> Distribution of estimated velocity when mobile moves with changing direction

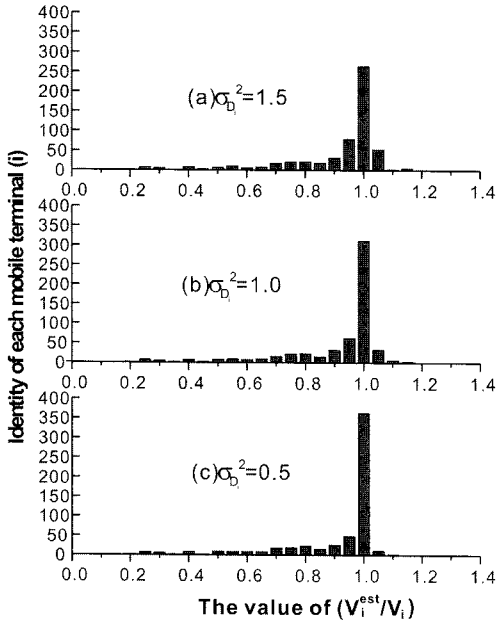
추정이 이루어진 것이며, 1보다 작으면 실제속도보다 느리게 추정된 것이고, 1보다 큰 값을 가지면 실제 속도보다 빠르게 추정된 것을 나타낸다. 이 값이 1과 차이를 보이면 보일수록 속도 추정이 부정확하다는 것을 의미한다.

<그림 5>는 각 단말의 추정 속도에 대한 시뮬레이



<그림 5> 단말이 이동 방향을 바꾸는 경우의 각 단말의 추정 속도

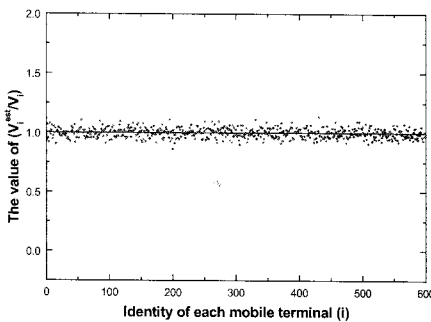
<Fig. 5> Estimated velocity of each mobile when it changes its direction



<그림 6> 단말이 이동 방향을 바꾸지 않는 경우의 추정 속도 분포

<Fig. 6> Distribution of estimated velocity when mobile moves without changing direction

선 결과를 보여준다. 이 그림의 x축은 각 단말 번호를 나타내며 y축은 실제 속도 대비 추정된 속도의 비를 나타낸다. 이 결과로부터 셀 중첩 영역의 변동 분산값이 증가할수록 추정 오차도 증가하게 됨을 볼 수 있다. 하지만 이 경우에도 제안한 방법의 속도 추정은 비교적 정확하게 이루어짐을 볼 수 있다.

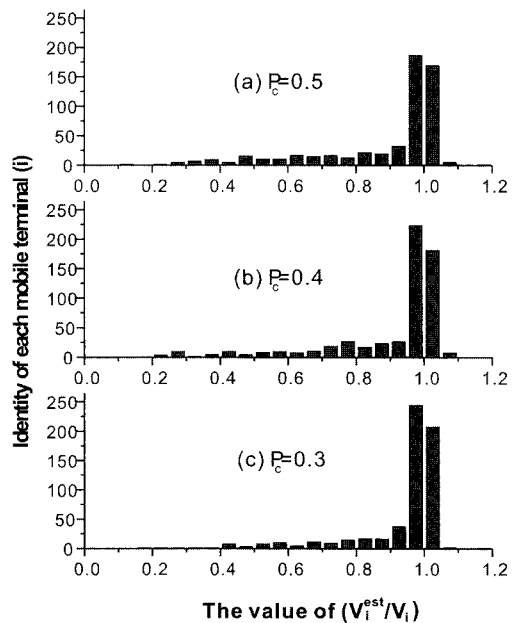


<그림 7> 단말이 이동 방향을 바꾸지 않는 경우의 각 단말의 추정 속도

<Fig. 7> Estimated velocity of each mobile when it does not change its direction

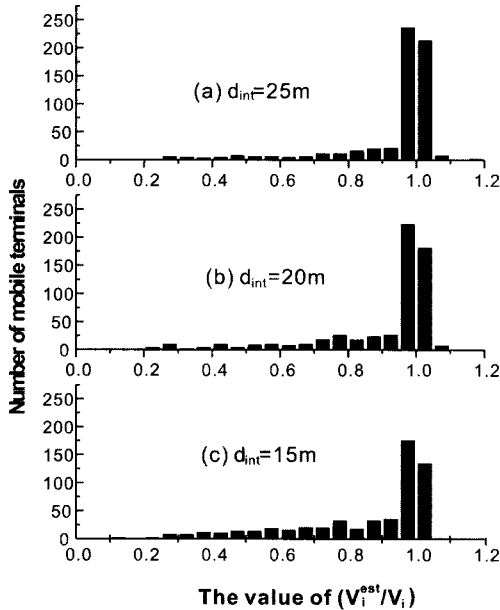
단말이 방향을 바꾸지 않는 경우에 대한 추정 속도의 분포가 <그림 6>에 보여지고, 같은 경우에 각 단말에 대한 추정 속도가 <그림 7>에 나타나 있다. 단말이 방향을 바꾸지 않는 경우와 이 경우를 비교해 볼 때, 단말이 방향을 바꾸지 않는 경우가 더 좋은 성능을 나타냄을 볼 수 있다. 이유는 당연하겠지만 셀 중첩지역에서의 방향 전환이 속도 추정의 근거가 되는 잔류시간의 측정에 영향을 미치기 때문이다. 하지만 결과에서 보듯이 셀 중첩 지역의 크기를 작게 유지한다면 그 영향은 크지 않을 수 있다. 우리의 주된 목적 시스템인 도심지 환경에서는 셀 중첩 지역의 크기가 비교적 작고, 방향성 또한 일정할 경우가 많기 때문에 이 문제는 심각하지 않다고 보여진다.

이 영향을 좀 더 분석해보기 위해 단말이 방향을 바꿀 확률 P_c 과 시간 간격 d_{int} 의 값을 변화시켜가면서 측정된 결과를 <그림 8>와 <그림 9>에 도시하였다. <그림 8>에서는 σ_D^2 가 0.5, d_{int} 가 20m라고 가정하였으며, <그림 9>에서는 σ_D^2 가 0.5, P_c 가 0.4라고 가정했다.



<그림 8> P_c 가 변하는 경우의 추정 속도 분포

<Fig. 8> Distribution of estimated velocity when P_c is varied



〈그림 9〉 d_{ant} 가 변하는 경우의 추정 속도 분포
 〈Fig. 9〉 Distribution of estimated velocity when d_{ant} is varied

이 결과에서 볼 수 있듯이 방향 전환 확률값을 작게 하면 할수록, 그리고 방향 전환 간격을 크게 하면 할수록 성능이 좋아지게 됨을 볼 수 있고, 이는 위에서 설명한 도심지 환경과도 일치한다고 볼 수 있다.

V. 결 론

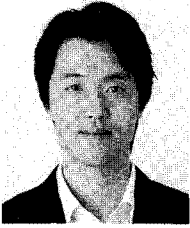
본 논문에서는 새로운 속도 추정 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 셀 중첩지역에서의 잔류시간을 측정하여 이를 기반으로 속도를 추정하는 방법이다. 이때 잔류시간 측정의 정확도를 높이기 위해 적응형 어레이 안테나의 방향 추정 정보를 이용해 단말의 진입 위치와 이탈 위치를 파악하게 된다. 수학적 분석과 시뮬레이션을 통해 제안하는 방법의 성능을 도시하고 평가한 결과, 낮은 비용으로 비교적 좋은 추정 성능을 얻어낼 수 있음을 볼 수 있었고 이는 도심지 환경처럼 셀 중첩지역이 작고 변동성이 작으며, 단말의 진행방향이 일정한 경우에 그 성능을 극대화시킬 수 있음을 알 수 있었다. 앞으로 적응형 어레이 안테나의 정보와 PHY/MAC 정보를 연동시킬

수 있는 상세한 인터페이스 및 시그널링 절차에 대한 추가적인 연구가 수행된다면 제안하는 방안을 구현하여 펌토셀로의 핸드오버 결정 또는 다중 셀 환경에서의 호 수락 제어 등에 적용시키는 등 효율적인 시스템 자원 관리에 큰 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] W. M. Jolley and R. E. Warfield, "Modeling and analysis of layered cellular mobile networks," *Proc. Int. Teletraffic Congress*, pp. 161-166, June 1991.
- [2] Unitel, *Idle mode cell reselection for microcell*, ETSI GSM2, Ronneby, Sweden, Sept. 1991.
- [3] K. L. Yeung and S. Nanda, "Channel management in microcell/macrocell cellular radio systems," *IEEE Trans. Vehicular Technol.*, vol. 45, no. 4, pp. 601-612, Nov. 1996.
- [4] Y. Chung et al., "Macrocell/microcell selection schemes based on a new velocity estimation in multitier cellular system," *IEEE Trans. Vehicular Technol.*, vol. 51, no. 5, pp. 893-903, Sept. 2002.
- [5] N. Mirmotahary, A. Kohansal, H. Z. Jafarian, and M. Mirsalehi, "Discrete mobile user tracking algorithm via velocity estimation for microcellular urban environment," *Proc. IEEE Vehicular Technol. Conf.*, pp. 2631-2635, May 2008.
- [6] K. Sheikh, D. Gesbert, D. Gore, and A. Paulraj, "Smart antennas for broadband wireless access networks," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 37, no. 11, pp. 100-105, Nov. 1999.
- [7] Y. Huang, "WiMAX dynamic beamforming antenna," *IEEE Aerospace and Electronic Syst. Mag.*, vol. 23, no. 8, pp. 26-31, Aug. 2008.
- [8] 임석구, 장희선, 유계훈, 정대권, "핸드오버 지속시간을 고려한 핸드오버 제어방식의 성능분석," *한국통신학회논문지*, 제21권, 제10호, pp. 2586-2596, 1996. 10.

저자소개



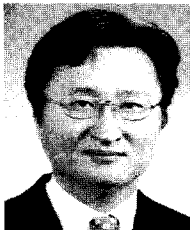
정 영 옥 (Chung, Young-Uk)

1993년 3월 ~ 1997년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학 학사
1997년 3월 ~ 1999년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학 석사
1999년 1월 ~ 2003년 2월 : 한국과학기술원 전자전산학 박사
2005년 9월 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학과 조교수



최 용 훈 (Choi, Yong-Hoon)

1991년 3월 ~ 1995년 2월 : 연세대학교 전자공학 학사
1995년 3월 ~ 1997년 2월 : 연세대학교 전자공학 석사
1997년 1월 ~ 2001년 2월 : 연세대학교 전기전자공학 박사
2001년 4월 ~ 2002년 3월 : University of Maryland, Postdoctoral Research Associate
2002년 6월 ~ 2005년 8월 : LG전자 책임연구원
2005년 9월 ~ 현재 : 광운대학교 정보재어공학과 교수



이 혁 준 (Lee, Hyuk-Joon)

1985년 9월 ~ 1987년 8월 : University of Michigan, Ann Arbor (학사)
1987년 9월 ~ 1989년 6월 : 시라큐스대학교 전산학 석사
1990년 1월 ~ 1993년 12월 : 시라큐스대학교 전산학 박사
1994년 3월 ~ 1996년 2월 : (주)삼성전자 멀티미디어연구소 선임연구원
1996년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 컴퓨터공학과 교수