

몬테카를로 소프트 핸드오프 모델링

추현승*, 정민영**, 홍인기***

Monte Carlo Soft Handoff Modeling

Hyunseung Choo, Min Young Chung, and Inki Hong

Abstract

In this paper some models for obtaining the distribution of a sojourn time in CDMA cellular systems are proposed. Knowledge on this is essential for reliable modeling of the soft handoff and for solving other related problems in the analysis of cellular systems. The proposed model is based on random walk and can be adopted to different conditions. Analytical results can be obtained that lead to a quite complicated numerical scheme so simulation models are used for Monte Carlo experiments. Main assumptions include different kinds of mobile carriers (pedestrians and transport passengers) and round shape of a cell. The scheme for simulation experiments is presented along with the discussion of simulation results.

Key Words: soft handoff zone, sojourn time, Monte Carlo, random walk approach.

-
- * 성균관대학교 정보통신공학부
 - ** 성균관대학교 정보통신공학부
 - *** 한국산업기술대학교

1. 서론

CDMA 셀룰러 시스템에서 같은 주파수 대역의 인접하는 셀들은 동시에 사용될 수 있다. 이동 단말이 외부 핸드오프 경계(outer handoff border)에 도착할 때까지 계속해서 이전의 기지국에 의해서 서비스를 받으며, 새로운 기지국에 의해서도 서비스되는 것을 소프트 핸드오프라고 한다. 새로운 기지국(BS)의 할당은 이동 단말이 내부 핸드오프 경계(inter handoff border)에 도착하거나 소프트 핸드오프 지역(soft handoff zone: SHZ)내에서 콜을 할 때 처리된다. 둘 혹은 더 많은 기지국들이 이동 단말에게 할당되기 때문에, 이들 중에 이전의 기지국을 "old" 로써 표현한다.

소프트 핸드오프의 모델링을 위해서는 사용 중인 이동 단말(busy by call)이 핸드오프 지역 내에 머무르는 시간이나 머무르는 시간의 확률분포가 필요하다. 그러나 머무르는 시간에 대한 유용한 실제 데이터가 없기 때문에, 적절한 추론으로부터 분포를 구하기 위한 연구가 있었다. 이러한 문제와 관련된 논문 중에서 우리는 [1]에 주목하여, 그 논문에서 제안된 모델을 보다 향상시키기 위한 연구를 수행한다. 셀을 원형으로 사용하는 것은 좋은 방법이지만, 논문에서 제안된 이동 단말의 움직임에 대한 모델은 개선할 필요가 있다. [2]에서 저자는 셀의 형태를 원형 대신에 사각형으로 함으로써 문제를 단순화하려고 했으나 실제로 그 문제에 대한 단순화가 의도하지 않은 방향으로 갈 수 있으므로 좋은 방법이 아닐 수가 있다. 우리가 제안하는 모델은 랜덤 워크기법(random walk approach) [3, 4]에 기반한 방법으로 다른 상황에 대해서도 적용될 수 있다. 분석적인 결과는 매우 복잡해질 수 있으므로 [5] 시뮬레이션 방법으로 몬테카를로 실험[6]을 사용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2절에서는 주요한 모델링 가정들과 표기법, 기본 개념에 대해서 논의한다. 제 3절에서는 SHZ 지역

의 경계에서 이동 단말이 콜을 하거나 속도가 변화할 확률을 구하는 것에 대해 논의한다. 제 4절에서 시뮬레이션 결과를 설명하고, 제 5절에서 본 논문의 결론을 서술한다.

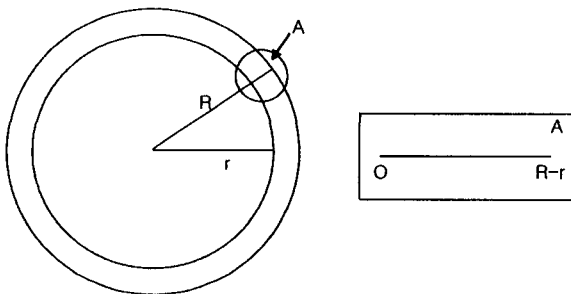
2. 관련 연구

[1]에서 소프트 핸드오프의 모델링을 단순화하기 위해서 다음의 기본 가정들을 공식화하였다.(몇 개의 표기법은 본 본문에 맞추기 위해 변경되었다.)

1. 콜들은 한 셀에서 동일하게 발생된다.
2. 기지국은 데카르트 좌표의 원점에 위치한다.
3. 기지국의 안테나는 무지향성이다.
4. 단지 경로 손실만 고려된다. 즉, 빠른 페이딩(fading)과 섀도잉(shadowing) 효과는 고려되지 않는다.
5. 하나의 셀은 반지름 R 을 가지는 원형이고 기지국은 중앙에 위치한다.
6. SHZ는 원형이고 반지름 r 과 R 을 가지는 두개의 동심원에 의해 둘러싸여 있다(그림 1). SHZ 지역은 셀 지역의 절반보다 크지 않다. 즉, $2r^2 \geq R^2$ 이다.
7. 이동 단말은 4개의 수직방향($\rightarrow \uparrow \leftarrow \downarrow$)으로 움직일 수 있다. 콜이 생성되어 이동 단말 속도의 변화는 동일하게 확률 1/4로 4개의 방향중 하나가 선택된다. 이 점은 (X, Y) 로 표시한다.
8. 불연속 랜덤 프로세스, $N(t)$ 는 $(0, t)$ 에서 속도가 변화하는 횟수이고, 파라미터 λ 를 가지는 포아송 프로세스를 따른다.
9. 연속적인 랜덤 변수, V 는 $[0, V_{\max}]$ 에서 동일하게 분포된 이동 단말의 속도를 표시한다. V_i 는 $(i-1)$ 번째와 i 번째 속도 변화 사이에서 이동 단말의 고정된 속도이고, $\{V_i\}$ 은 독립적이고 동일하게 분포되었다.
10. 연속적인 랜덤 변수, T 는 두 연속적인 속

도 변화 사이의 시간이거나 하나의 토크 (talk)가 끝날 때까지의 시간으로 파라미터 λ 를 가지는 지수 분포이다. T_i 는 $(i-1)$ 번째와 i 번째 사이에서 속도가 변화한 시간이다. 여기서 $T_0 = 0$ 이고, $\{T_i\}$ 는 독립적이고 동일하게 분포된다.

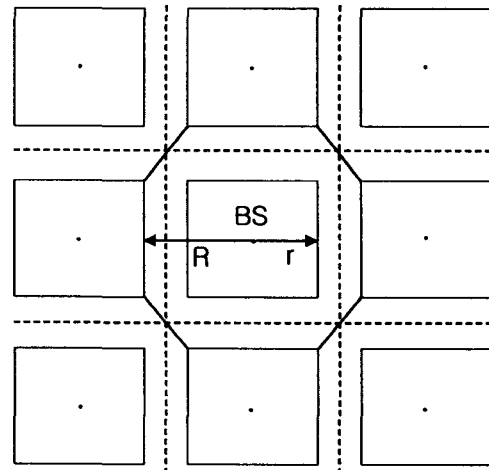
11. 랜덤 변수 V 와 T 는 통계적으로 독립적이다.
12. 연속적인 랜덤 변수, S 는 두 번 연속으로 속도 변화한 점들 사이의 거리이거나 속도 변화의 시점에서 콜이 완료될 때까지의 거리이다. S_i 는 속도가 변화하는 $(i-1)$ 번째와 i 번째 사이에서 이동한 거리이고, $\{S_i\}$ 는 다음의 관계를 가지며 독립적이고 동일하게 분포된다: $S_i = T_i \cdot V_i$
13. 불연속 랜덤 변수, M 은 콜 하는 동안 속도 변화한 횟수를 나타내고, 파라미터 p 를 가지는 기하학적 분포이다.
14. 불연속 랜덤 변수, K 는 이동 단말이 현재의 셀을 벗어나기 전에 속도가 변화한 횟수이다. 만약 이동 단말이 콜 하는 동안 셀 내에 남아있다면, $K \geq M + 1$ 이 된다.
15. 연속적인 랜덤 변수, Γ 는 전체 콜 하는 시간이다. 따라서 $\Gamma = T_1 + T_2 + \dots + T_M + T_{M+1}$ 이다.
16. 기타 등등.



<그림 1> 머무르는 지역과 1차원 투사

모델링의 설명은 아주 복잡할 뿐만 아니라 실제 상황과 일치하지 않는 것을 알 수 있다. 다시 말해서, 왜 V_i 가 동일한 분포로 선택되었는가? 왜 이동 단말은 단지 4개의 방향만 가능한가? 그리고 속도 변화들 사이에서 지수분포에 대한 근거는 무엇인가? 우리는 더 많은 의문을 제기 할 수 있다. 그러므로 이러한 것들은 두 연속적인 이동 단말의 속도 변화에서 8가지의 이벤트 타입들을 고려하는 분석적인 결과의 유도가 상당히 복잡해진다라는 것은 놀라운 일이 아니다.

새로운 형태의 모델이 [2]에서 제안되었다. 이 논문에서 저자는 위의 가정 5와 6을 수정함으로써 모델링을 간단하게 하는 방법을 제안하였다: 하나의 셀 형태에 대해 SHZ은 내부 정사각형과 외부 팔각형 사이에 위치한다 <그림 2>. 이 기법은 [1]과 비교하여 분석적인 식들을 단순화한다. 그렇지만 변환이 가능한 수가 18가지 이상으로 증가하므로, 문제는 여전히 복잡하다.



<그림 2> [2]의 사각형 형태의 셀들

우리는 이 논문에서 셀의 형태를 원형으로 하지 않은 것이 문제가 있다고 생각한다. 이와 관련하여 [7]에서 원형의 셀이 소프트 핸드오프의 성능 평가에서 성공적으로 사용된 예를

들 수 있다. 여기서 우리는 앞의 가정 6 이후의 모든 가정들을 변형하여 모델을 단순화하고 향상된 신뢰성을 가지는 방법을 제안한다.

- 이동 단말은 어떤 방향으로도 움직일 수 있다.
- 이동 단말의 위치 탐색은 고정된 시간 간격 Δt 에서 행해지고, i 번째 탐색에 대한 시간은 $i \cdot \Delta t$ 이다.
- 콜 기간, T_i^c 는 독립적이고 동일하게 분포된다. 랜덤 변수들과 분포(누적함수는 $G(t)$ 라 놓자)는 갱신된 것이다.

문제를 단순화할 수 있는 몇 가지 가정들을 다음과 같이 나타낸다.

첫째, 단지 핸드오프 지역에서 머무르는 시간이 중요하기 때문에, 그 지역의 경계에서 확률 w 를 가지고 콜을 시작하거나, 그 지역내 어떤 점에서 동일하게 시작된다고 가정한다. 현재의 이동 단말들이 머무르는 지역과 어떤 인접하는 셀의 내부 지역 사이에서 머무르는 것에 대한 차이점이 없고 이동은 무지향성이다. 내부경계를 통해 통과하는 것으로써, 머무르는 지역으로 들어오는 모든 이동 단말들을 고려한다.

둘째, 상호-탐색 간격(inter-observation intervals)들은 고정되어 있고, 이동 단말의 속도가 간격들에서 바뀌지 않는 하나의 단계 함수라고 가정한다. 그래서 하나의 이동 단말이 시간 t_i 와 t_{i+1} 사이에서 탐색된 이동거리는 단순히 $V_i \cdot \Delta t$ 이다. 더 적절하게 하기 위해서 속도(V_i)가 0(이동 단말은 이 시간단계 동안에 움직일 수 없다)인 비제로 확률(non-zero probability: ν)이 존재한다고 가정한다. 상호-탐색 간격이 새로운 속도값의 마지막일 때 각 시간은 주어진 확률 분포를 기반으로 선택되고, 값들은 독립적이고 동일하게 분포된다.

셋째, 원을 따라서 이동하는 것은 우리의 관심사항이 아니기 때문에, 단지 반지름 방향에서의 투사를 분석한다. 그러므로 결국 우리의 모델링에서는 1차원이 된다<그림 1>.

3. 머무르는 시간에 대한 확률분포

본 절에서는 머무르는 시간에 대한 분포를 구하기 위해 필요한 초기 분포에 대하여 토론한다. 보통 랜덤 워크 프로세스(random walk process)를 갱신할 수 있는 것으로 가정하고, 경계에서 탐지된 이동 단말은 단지 하나의 콜을 시작한 것으로 다루어진다.

3.1 이동단말 속도의 분포

반지름 방향의 투사에서 속도에 대한 절대값의 분포를 정의하자. 대부분의 적절한 다른 형태처럼 우리는 다음을 선택한다.

$$F_V(x) = \begin{cases} (1-\nu)F(x) & \text{if } x < 0 \\ \nu + (1-\nu)F(x) & \text{if } x \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

여기서 $F(x)$ 는 0이 아닌 기대값 V 를 가지는 어떤 분포(나중에 논의된다)의 누적함수이고, ν 은 위에서 언급된 것처럼 속도 0의 비제로(일반 경우에서) 확률이다. 음수의 속도는 이동 단말이 머무르는 지역의 내부 경계쪽으로 가는 것을 의미한다.

함수 $F(x)$ 는 다음의 가정들에 기반하여 구한다.

1. 이동 단말 사용자는 보행자나 운전자가 될 수 있다.
2. 이동 단말 사용자는 콜 하는 동안에 사용자의 상태를 변경할 수 있다(예를 들어, 한 보행자가 버스에서 앉거나 승객이 택시에서 내리는 경우).

이것으로부터 다음을 구할 수 있다.

$$F(x) = \delta F_p(x) + (1 - \delta) F_t(x) \quad (2)$$

여기서 $F_p(x)$ 와 $F_t(x)$ 는 보행자와 차량에 대한 속도의 누적분포함수이고, δ 는 이동 단말 사용자가 보행자가 될 확률이다.

그러므로 속도의 누적분포함수에 대한 일반식은 마지막으로 다음과 같이 된다.

$$F_V(x) = \begin{cases} (1-\nu)[\delta F_p(x) + (1-\delta)F_t(x)] & \text{if } x < 0 \\ \nu + (1-\nu)[\delta F_p(x) + (1-\delta)F_t(x)] & \text{if } x \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

$F_p(x)$ 와 $F_t(x)$ 는 기대값 m_p 와 m_t , 그리고 표준 편차 σ_p 와 σ_t 를 각각 가지는 표준(가우스) 분포이다. 데카르트 좌표에서 이동에 대한 가우스 분포와 극좌표로 변환하는 것은 더욱 적당 하겠지만, 좁은 범위에 대해서 그 차이는 무시해도 좋다.

머무르는 지역(T_s)내에 사용중인 이동 단말의 수명 분포를 구하기 위해서 문제는 $\{T_c^z, T_z\}$ 쌍으로부터 최소값의 분포를 구하기 위한 문제로 줄어든다. 여기서 T_z 는 이동 단말이 머무르는 지역내에 있는 시간이고, T_c^z 는 이동 단말이 머무르는 지역으로 들어갈 때 그 순간부터 콜이 끝날 때까지 콜 기간의 한 부분이다. 콜 기간의 분포에 대한 가정에 기반 하여 식(3)을 변경하여 다음을 구할 수 있다.

$$F_s(x) = P(\min\{T_c^z, T_z\} < x) = P(T_c^z < x \vee T_z < x) \\ = \begin{cases} G(x) + F_{T_z}(x) - G(x) \cdot F_{T_c^z}(x) & \text{if } x > 0, \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

그러므로 문제는 T_z 의 분포를 구하기 위한 것이 된다. 분석적인 해법은 하나의 표 형태에서 $F_s(x)$ 를 구하기 위해 수치해석 기법이 사용된 [5, 8]에서 논의 되었다. 여기서는 몬테카를로

방법에 의해 구해진 실험 결과를 나타낸다.

3.2 모델 파라미터

본 소절에서 시뮬레이션을 위해서 신뢰할 수 있거나 최소한 신뢰할 수 있는 초기 데이터를 사용한다. 먼저 초기 분포의 파라미터들을 평가한다. 보행자의 평균 속도는 3에서 6 킬로미터 사이이고, 평균 자동차의 속도는 지역에 따라 달리 선택 된다: 도시에서는 20에서 40킬로미터가 될 수 있고, 지방에서는 70에서 80킬로미터가 될 수도 있다. 하나의 셀 반지름에서 움직이는 벡터의 투사를 고려하고, 움직이는 것이 경계로 가는 속도의 평균 절대 값은 $V_0 = \frac{2}{\pi} V$ 이다. 여기서 V 는 이동 단말의

선형 속도이다. 데카르트 직교좌표에서 극좌표로의 이동 변환은 곱셈기에 의해 간단하게 구할 수 있다. 따라서 보행자가 셀 경계로 이동하는 평균 속도는 약 2~4킬로미터이고, 도시에서 자동차의 속도는 12~27킬로미터, 지방에서는 47~53킬로미터이다. 신뢰성의 다양화를 위해서 평균의 2배 이상이 되는 속도는 확률이 1%보다 크지 않아 무시해도 된다. 만약 보행자의 평균 속도가 3킬로미터이라면 대응하는 표준편차는 1.29킬로미터이다. 다음에는 사용 중인 이동 단말이 경계를 통해 SHZ으로 가는 확률(w)이 필요하다(콜은 SHZ 내에서 시작하지 않지만 연속적이다). 이 확률을 구하기 위해 다음의 시뮬레이션을 사용한다. 콜은 셀의 내부경계 안쪽 부분에서 시작되고, 이동은 위에서 설명된 기법에 따라 실험되며, M_e -콜이 끝나지 않은 동안에 내부를 떠나는 이동 단말들의 수가 저장된다. M 은 실험된 콜들의 전체수이다. 전체 셀(반지름 R)내부에서 시작하는 콜들의 전체 수, M 은 $\frac{r^2}{R^2}$ 가 되고 w 는 다음과 같이 구해진다.

$$w = \frac{M_e r^2}{M_e r^2 + M(R^2 - r^2)}.$$

$R - r \ll r$ 에 대해서 내부와 외부 경계를 통과하는 이동 단말의 흐름이 같아지도록 고려한다. 이렇게 하면 시물레이션 모델을 단순화할 수 있고 내부 경계를 통해 들어오는 모든 콜들을 다룰 수 있게 된다. 즉,

$$w = \frac{2M_e r^2}{2M_e r^2 + M(R^2 - r^2)}. \quad (5)$$

이동하는 것을 보행자와 운전자 혹은 승객으로 나누는 것은 고정적이지 않고 크게 지역에 따르지 않는다: 거의 모든 이동하는 것은 도시 공원내의 보행자이고 승객의 대부분은 고속도로를 달린다. 그래서 $\delta = 0.0, 0.1, 0.2, \dots, 1.0$ 으로 한다. 콜 흐름의 밀도는 큰 차이가 없다. 평균 콜 기간(\bar{T}_c)은 일반적으로 3분으로 동일하게 선택하지만, 우리는 \bar{T}_c 에 대해 2분과 4분으로 실험한다. 또한 이동 단말이 움직일 수 없는 확률, ν 의 값이 필요하다. 이 확률은 다른 지역에서 아주 중요할 수 있다: 길에서 확률은 도시공원이나 레크리에이션 지역의 확률보다 확실히 더 작다. 그 값에 대한 실제 신뢰할 수 있는 정보를 구할 수는 없지만, 단순하게 일반상식에 의해 $\nu \in [0, 0.3]$ 를 가지는 시물레이션을 다룰 수 있다.

셀 반지름과 SHZ의 폭에 관해서는 R 을 400, 500, 800, 1200, 2500m가 되게 하고, r 은 $0.8R$ 이나 $0.9R$ 중에 하나를 선택한다.

4. 시물레이션 결과

시물레이션 모델은 실제로 다소 간단한 편이다. 우선, SHZ에서 이동 단말의 초기 위치를 구하기 위해서 내부경계 안쪽부분에서 경

계로 이동하는 확률을 알아야 하는데, 이는 3.2절에서 설명한 것처럼 추가적인 시물레이션에 의해 구한다. 이를 통해서 이동 단말의 이동에 대한 시물레이션은 랜덤한 콜기간과 이동 단말의 속도를 가지고 주어진 시간간격 동안 이동한다. 만약 이동 단말이 외부 경계 혹은 내부 경계에 도달하면 그 때까지의 시간을 저장하고, 그렇지 않으면 계속 반복된다. 실험 결과는 본 질에서 알 수 있으며, 속도가 변화하는 시간 간격, Δt 는 5초로 동일하다.

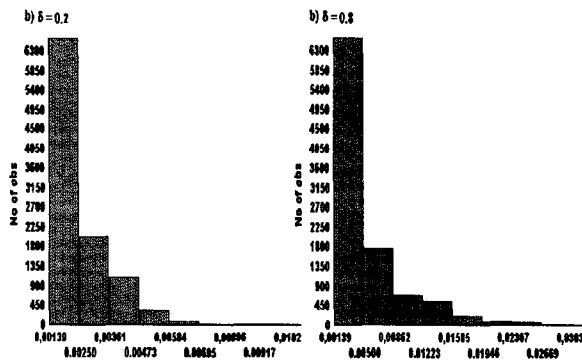
셀 반지름에 대한 w 의 의존성: 우리는 각각 $r = 0.8R$ 과 $\nu = 0.1$ 를 가지는 실험을 100,000번 실행하여 $\bar{T}_c = 3$ 분에 대한 결과를 다음과 같이 구한다: w 의 값은 셀 반지름이 커짐에 따라 감소하는 것을 쉽게 볼 수 있다. 셀 반지름이 커짐에 따라 더 많은 콜들이 셀의 내부 경계부분 안에서 완료되는데 충분한 시간을 가지기 때문이다.

<표 1> 셀 반지름에 대한 w 의 의존성

δ	0.2	0.5	0.8
$R = 400m$	0.684	0.677	0.652
$R = 500m$	0.682	0.673	0.644
$R = 800m$	0.673	0.660	0.618
$R = 1200m$	0.662	0.544	0.583
$R = 2500m$	0.626	0.589	0.489

머무르는 시간의 분포: 시물레이션은 파라미터들의 결합에 의해 만들어졌고, w 의 값들은 위의 표로부터 구한다. 기대한 것처럼, 실험에서 머무르는 시간의 분포는 크게 그 지역 폭과 이동 단말의 평균 속도에 따르고, 나중에는 보행자와 승객들에 따라 달라진다. <그림 3>에서 이것을 분명하게 확인할 수 있다(분포의 종류는 같지만 규모는 상당히 다르

다). 첫 번째 경우에서 평균 머무르는 시간은 약 8초이다(최대 45초). 두 번째는 보행자의 부분이 주요하고, 평균 머무르는 시간은 약 17초이다(최대 135초). 더 큰 셀에 대해서 평균 속도의 종속성은 더 크다. <표 2>에서 셀의 외부 반지름을 2500미터로 실험한 결과와 외부 반지름 차이를 나타내었다.

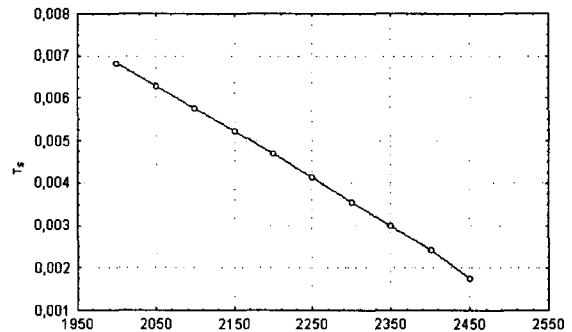


<그림 3> $R = 400m, r = 320m$ 인 경우 머무르는 시간의 막대 도표(0.00139=5sec.)

<표 2> SHZ의 폭에 대한 파라미터들의 종속성

r	w	\bar{T}_s	$\max\{T_s\}$
2000	0.626	0.00682	0.0278
2050	0.669	0.00628	0.0264
2100	0.712	0.00577	0.0250
2150	0.752	0.00524	0.0236
2200	0.795	0.00471	0.0225
2250	0.831	0.00413	0.0209
2300	0.868	0.00355	0.0181
2350	0.904	0.00299	0.0167
2400	0.937	0.00242	0.0139
2450	0.970	0.00176	0.0125

각 반지름에 대한 실험은 $\nu = 0.05, \delta = 0.2$ 으로 100,000번 행해졌다. <그림 4>에서 SHZ의 폭에 대한 머무르는 평균 시간의 종속성을 나타내었다(표 2의 셋째 줄). 종속성이 거의 선형이며 최대값 또한 동일하다.



<그림 4> SHZ의 폭에 대한 머무르는 평균 시간의 종속성.)

5. 결론

원형의 셀 가정에 기반한 SHZ내에서 사용 중인 이동 단말의 이동에 대한 세부적인 시뮬레이션은 [1, 2]에서 나타내는 결과와 다르다. 본 논문에서 제안한 가정은 다른 논문들에서 나타내는 것보다 신뢰성이 높음을 알 수 있다. [8]에서 머무르는 시간의 분포에 대해서 분석적인 해법으로 구한 것과 시뮬레이션에 의한 결과를 비교한 것이 잘 일치됨을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] Suwon Park, Ho Shin Cho, and Dan Keun Sung, "Modeling and Analysis of CDMA Soft Handoff," Proc. of the VTC '96, Atlanta, U.S.A., pp. 1525-1529, 1996.
- [2] Jae Kyun Kwon and Dan Keun Sung, "Soft Handoff Modeling in CDMA Cellular Systems," Proc. of the VTC '97, IEEE 47th, Vol. 3, pp. 1548-1551, 1997.
- [3] W. Feller, An introduction to probability theory and its applications, John Wiley & Sons, 1971.
- [4] F. Spitzer, Principles of random walk, Princeton, New Jersey, 1964.
- [5] A.S. Rodionov, V.S. Antyufeev, H. Choo, and H.Y. Youn, "About One Problems of Soft Handoff Modeling," Proc. of the ICS-NET'2001 Int. Workshop, Moscow, pp. 205-209, 2001.(in Russian)
- [6] J.M. Hammersley and D.C. Handscomb, Monte-Carlo Methods, Methuen & Co. Ltd., 1964.
- [7] A. Nagate, M. Murata, H. Miyahara, and M. Sugano, "An Integrated Approach for Performance Modeling and Evaluation of Soft Handoff in CDMA Mobile Cellular Systems," Proc. of the VTC '2000, IEEE-VTS 52nd, Vol. 6, pp. 2605-2610, 2000.
- [8] A.S. Rodionov, V.S. Antyufeev, H. Choo, and H.Y. Youn, "Some Problems of Soft Handoff Modeling," Proc. of the Seventh International Conference on Information Networks, Systems and Technologies, Belarus, Vol. 1., pp. 34-38, October 2-4, 2001.

주 작 성 자 : 추 현 승

논문투고일 : 2003. 02. 17

논문심사일 : 2003. 03. 27(1차), 2004. 02. 27(2차)

심사판정일 : 2004. 03. 08

● 저자소개 ●

추현승



1988 성균관대학교 수학과 학사
 1990 텍사스 주립대학교(달라스) 전자계산학과 석사
 1996 텍사스 주립대학교(알링턴) 전산공학과 박사
 1997 텍사스 주립대학교(알링턴) 객원 교수
 1998 특허청 특허심사관(5급)
 1998.3 ~ 현재 성균관대학교 정보통신공학부 부교수
 관심분야 : 이동 컴퓨팅, 광 네트워킹 기술, 그리드 컴퓨팅 등

정민영



1990 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 학사
 1994 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
 1999 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사
 1999.1 ~ 2002.2 한국전자통신연구원 선임연구원
 2002.3 ~ 현재 성균관대학교 정보통신공학부 조교수
 관심분야 : 인터넷, 이동통신, Ad hoc 네트워킹 기술 등

홍인기



1993 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 학사
 1995 한국과학기술원 정보 및 통신공학과 석사
 1998 한국과학기술원 정보 및 통신공학과 박사
 1999 ~2000 광주과학기술원 정보 및 통신공학과 연구교수
 2000 ~2002 (주) 컨버테크 연구위원
 2003 ~현재 한국산업기술대학교 전임강사
 관심분야 : 영상처리, 의공학, 하드웨어