CDMA 소프트 핸드오프 영역에서의 채널 유지 시간 분포

*권재균°, *장진원, *김덕경, *성단근, **이재건, **안지환

*한국과학기술원 전기및전자공학과

**한국전자통신연구원

Channel Holding Time Distribution in the CDMA Soft Handoff Region

*Jae Kyun Kwon°, *Jin Weon Chang, *Duk Kyung Kim, *Dan Keun Sung, **Jagan Rhee, and **Jee-Hwan Ahn

*Department of Electrical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Korea

**ETRI (Electronics and Telecommunications Research Institute), Korea

jack@ee.kaist.ac.kr,

요 약

소프트 핸드오프는 CDMA 시스템의 주요한 장점 중 하나이지만 복잡성으로 인해 해석적인 연구가 아직 미진하다. 이 논문에서는 CDMA 소프트 핸드오프 모델링을 위한 일반적인 수학적 접근 방식을 한 가지 제시하고, 핸드오프 중첩 영역에서의 채널 유지 시간을 구한다. 셀 크기, 이동국 속력 등 여러 변수의 변화에 따라 채널 유지 시간의 분포를 얻고 결과를 분석한다. 셀이 커지거나 소프트 핸드오프 영역이 넓어지면 예상대로 채널 유지 시간이 길어지는 효과를 볼 수 있다. 이 연구는 CDMA 셀룰러 시스템의 셀 계획에 응용할 수 있다.

1 서론

CDMA (Code Division Multiple Access) 방식은 제 3 세대 이동 통신 시스템의 다중 접속 방식으로 유력하며, 다양한 다이버시티, 큰 용량, 소프트 핸드오프 등 여러 장점을 지니고 있다. 특히 이동국의 핸드오프 시에 이전 연결을 끊기 전에 다음 기지국에 먼저 연결하는 소프트 핸드오프 (Soft Handoff) 는 끊어짐 없는 호 연결을 이루고 일시적인 통화 단절이나 핸드오프 실패율을 줄일 수 있도록 한다. 그러나, 소프트 핸드오프 현상은 이동국의 이동 특성이나 기지국의 핸드오프 처리 변수에 크게 의존하고 모델링 또한 복잡하다. 따라서, 수학적 모델링의 어려움으로 인해 시뮬레이션 연구가 많이 이루어져 왔다 [1]. 최근에 소프트 핸드오프를 통한 다이버시티 (diversity) 에 의한 용량 증가에 관한 연구 [2] 와 소프트 핸드오프를 모델링하는 연구 [3] 가 행해졌으나, 이동성을 고려한 일반적인 소프트 핸드오프 접근 방법은 환경을 매개 변수화하여 이를 변화시켜가며 결과를 얻음으로써 여러 가지 경우에 다양한 관점에서의 해석이 가능하다.

본 논문에서는 셀 환경과 이동성 매개 변수를 가정하고 소프트 핸드오프를 모델링하여 핸드오프 중첩 (overlap) 영역 채널 유지 시간의 분포를 구하고 그 평균을 계산하며 결과를 분석한다. 이 때, 핸드오프 중첩 영역이란 특정 두 기지국 간의 소프트 핸드오프 영역을 말한다. 이러한 연구는 계산 과정의 복잡도로 인해 거의 이루어진 적이 없으나 일반적인 접근 방법이므로 매우 유용하며, 이전의 연구 [4, 5] 에 비해 다양한 분포를 구하고 부가적인 결과 도출과 분석이 이루어졌다. 또한 결과가 매우 정확하면서도 오히려 과정은 더 단순하도록 발전시켰다. 이러한 CDMA 소프트 핸드오프를 분석함으로 해서 핸드오프 호의 경향을 파악하고 최적의 핸드오프 방안 도출, 핸드오프 대기 열 (queue) 의 크기 조정, 핸드오프 호를 위한 예약 채널 수 설정 등의 문제에 이용할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 소프트 핸드오프를 적절한 가정과 함께 모델링한다. 3장에서는 2장의 모델링 결과를 분석하고, 마지막으로 4장에서는 결론과 함께 차후 연구 과제를 제시한다.

2 소프트 핸드오프 모델링

2.1 모델 가정

소프트 핸드오프 영역과 이동국의 특성을 모델링하기 위해 정의한 확률 변수와 모수, 그리고 가정한 조건들은 다음과 같다 [4, 5, 6, 7].

- 호는 전 지역에서 균일하게 생성된다.

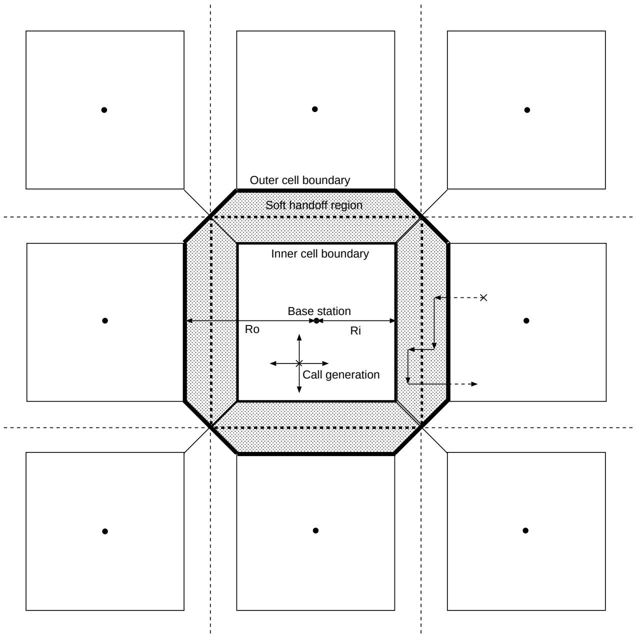

그림 1: 셀 모델

- 기지국의 안테나는 무지향성 (omni-directional) 이다.
- 전파 음영과 페이딩 효과는 고려하지 않는다.
- 셀은 그림 1 에서 원점을 중심으로 한 점선 정사각형 영역이다. 계산의 편의를 위함과 동시에 도시의 격자 셀 환경을 고려하여 셀을 정사각형 형태로 모델링하였다.
- 소프트 핸드오프 영역은 그림 1 에서와 같이 내부 셀 경계와 외부 셀 경계에 의해 둘러싸인 영역이다. 소프트 핸드오프는 이동국이 내부 또는 외부 셀 경계를 가로지를 때나 소프트 핸드오프 영역에서 새로운 호가 발생할 때 일어난다.
- ζ는 정사각형 셀 면적 중에서 소프트 핸드오프 영역이 차지하는 부분의 비율이다.
- 이동국은 상하좌우의 네 방향으로 이동할 수 있고, 새로운 호가 발생할 때 이동국은 네 방향을 $\frac{1}{4}$의 동일한 확률로 선택한다.
- 이동국의 속력 V는 다음 속도 변화 시점까지 일정하게 유지되고, 속도 변화 시점에서 이동국은 새로운 속력과 방향을 이전과 독립적으로 정한다. 또는 그 지점에서 호가 종료되는데 여기서 호가 종료될 확률을 항상 P로 일정하게 정의한다.
- V는 $[0,V_{max}]$ 구간에 균일하게 분포되어 있다.
- 연속한 두 속도 변화 사이의 시간 T는 V와 독립이고, T는 모수 ν인 지수 분포를 따른다.
- S는 연속한 두 속도 변화 사이의 이동 거리이다.
- 한 호가 유지될 동안의 속도 변화의 횟수 M은 모수 P를 가지는 기하 분포를 따른다.

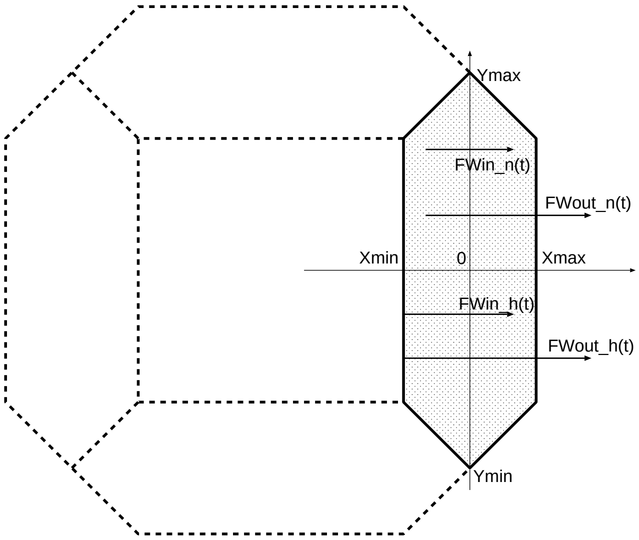

그림 2: 핸드오프 중첩 영역

- W는 한 번의 직선 이동에 따른 핸드오프 중첩 영역 채널 유지 시간을 나타내는 확률 변수이고 U는 전체 핸드오프 중첩 영역 채널 유지 시간을 나타내는 확률 변수이다.

기하 분포와 지수 분포의 무기억 특성으로부터 호의 전체 유지 시간의 분포도 지수 분포를 따르게 된다. 한 호의 전체 유지 시간을 Γ라 하면 그 확률 밀도 함수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} f_\Gamma(t) &= \mu e^{-\mu t}\ (t>0) \\ \mu &= \nu \times P \end{aligned} \tag{1}$$

한 번의 직선 이동 거리 S의 분포는 T와 V의 분포로부터 구해지며 확률 밀도 함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$f_S(s) = \frac{\nu}{V_{max}} \int_{\frac{\nu}{V_{max}} s}^{\infty} \frac{1}{u} e^{-u} du \tag{2}$$

2.2 핸드오프 중첩 (overlap) 영역 채널 유지 시간 분포

두 기지국 간에 소프트 핸드오프가 발생할 시에 셀이 겹치는 영역에서의 채널 유지 시간의 분포를 구한다. 특정 두 기지국 간의 소프트 핸드오프 영역을 핸드오프 중첩 (overlap) 영역이라 하고, 그림 2 에 나타나 있다.

새로운 호와 핸드오프 호에 대해 한 번의 직선 이동이 영역 내부에서 끝나는가 외부에서 끝나는가로 나누어 모두 4가지의 분포를 구한다. 그림 2 에 이러한 4가지의 분포 함수가 나타나 있다. 그림 2 에서 $Xmax$, $Xmin$, $Ymax$, $Ymin$을 셀 크기 R과 ζ의 함수로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Xmax &= R(1-\sqrt{1-\zeta}) \\ Xmin &= -Xmax \\ Ymax &= R \\ Ymin &= -R \end{aligned} \tag{3}$$

영역 내부에서 시작한 호의 한 번의 직선 이동에 대한 채널 유지 시간의 확률 분포 함수 (cumulative distribution function) 를 $F_{W_n}(t)$라 하고 핸드오프 호의 그것을 $F_{W_h}(t)$라 하자.

$$\begin{aligned} F_{Win\_n}(t) &= Prob\{\text{내부} \rightarrow \text{내부 이동}, W \le t\} \quad (4) \\ F_{Wout\_n}(t) &= Prob\{\text{내부} \rightarrow \text{외부 이동}, W \le t\} \\ F_{Win\_h}(t) &= Prob\{\text{경계} \rightarrow \text{내부 이동}, W \le t\} \\ F_{Wout\_h}(t) &= Prob\{\text{경계} \rightarrow \text{외부 이동}, W \le t\} \end{aligned}$$

$F_{Win\_n}(t)$, $F_{Wout\_n}(t)$, $F_{Win\_h}(t)$, $F_{Wout\_h}(t)$ 를 식 (4) 와 같이 정의하면 다음이 만족된다.

$$\begin{aligned} F_{W\_n}(t) &= F_{Win\_n}(t) + F_{Wout\_n}(t) \quad (5) \\ F_{W\_h}(t) &= F_{Win\_h}(t) + F_{Wout\_h}(t) \end{aligned}$$

여기서 $F_{Win\_n}(t)$, $F_{Wout\_n}(t)$, $F_{Win\_h}(t)$, $F_{Wout\_h}(t)$ 의 4개의 분포 함수를 구하기 전에, 새로운 호와 핸드오프 호가 한 번의 이동으로 외부로 나갈 확률을 구하자.

$$\begin{aligned} P_{in\_n} &= Prob\{\text{내부} \rightarrow \text{내부 이동}\} \quad (6) \\ P_{out\_n} &= Prob\{\text{내부} \rightarrow \text{외부 이동}\} \\ P_{in\_h} &= Prob\{\text{경계} \rightarrow \text{내부 이동}\} \\ P_{out\_h} &= Prob\{\text{경계} \rightarrow \text{외부 이동}\} \end{aligned}$$

식 (6) 과 같이 정의하면 다음이 성립한다.

$$\begin{aligned} P_{in\_n} &= \lim_{t\to\infty} F_{Win\_n}(t) \quad (7) \\ P_{out\_n} &= \lim_{t\to\infty} F_{Wout\_n}(t) \\ P_{in\_h} &= \lim_{t\to\infty} F_{Win\_h}(t) \\ P_{out\_h} &= \lim_{t\to\infty} F_{Wout\_h}(t) \end{aligned}$$

이제 $F_{Win\_n}(t)$, $F_{Wout\_n}(t)$, $F_{Win\_h}(t)$, $F_{Wout\_h}(t)$ 를 계산하는데 먼저 $F_{Win\_n}(t)$ 를 구해 본다.

$$F_{Win\_n}(t) = \frac{1}{V_{max}} \int_0^{V_{max}} \frac{\left(\frac{1}{2}EWin\_n + \frac{1}{2}SNin\_n\right)}{(Overlap\ \ Area)} dv \quad (8)$$

여기서 $(Overlap\ \ Area)$ 는 핸드오프 중첩 영역 면적으로 $2Xmax(2Ymax - Xmax)$ 의 값으로 계산되고, $EWin\_n$, $SNin\_n$ 은 각각 동서 방향, 남북 방향의 성분을 나타내고 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} EWin\_n &= \int_{Ymin+Xmax}^{Ymax-Xmax} \int_{Xmin}^{Xmax} \quad (9) \\ &\quad \{1 - e^{-\nu min\left(\frac{Xmax-x}{v}, t\right)}\} dx dy \\ &+ 2\int_{Ymax-Xmax}^{Ymax} \int_{y-Ymax}^{Ymax-y} \\ &\quad \{1 - e^{-\nu min\left(\frac{Ymax-y-x}{v}, t\right)}\} dx dy \\ SNin\_n &= 2\int_0^{Xmax} \int_{Ymin+x}^{Ymax-x} \\ &\quad \{1 - e^{-\nu min\left(\frac{Ymax-x-y}{v}, t\right)}\} dy dx \end{aligned}$$

같은 방법으로 나머지 $F_{Wout\_n}(t)$, $F_{Win\_h}(t)$, $F_{Wout\_h}(t)$ 도 구할 수 있다.

앞에서 얻은 4개의 분포 함수 $F_{Win\_n}(t)$, $F_{Wout\_n}(t)$, $F_{Win\_h}(t)$, $F_{Wout\_h}(t)$ 를 이용하여 핸드오프 중첩 영역 채널 유지 시간 분포 $F_U(t)$ 를 구한다. 식 (5) 에서 $F_{Wout\_n}(t)$ 는 새로운 호가 이동하여 외부로 나가는 경우의 분포 함수이므로 채널 유지 시간 계산이 종료되는 경우이고, $F_{Win\_n}(t)$ 는 호의 이동이 내부에서 일단 멈추는 경우이므로 기하 분포의 모수 P의 확률로 계산이 종료되거나 $(1-P)$의 확률로 진행된다. 계산의 종료와 진행으로 분포 함수를 둘로 나누어 각각 G, D로 표시한다.

$$\begin{aligned} P_{D\_n} &= (1-P)P_{in\_n} \quad (10) \\ P_{G\_n} &= P_{out\_n} + P \cdot P_{in\_n} \end{aligned}$$

P_{D_n}은 새로운 호가 한 번의 직선 이동 후 영역 내에서 계속 진행할 확률이고 P_{G_n}은 종료할 확률이다.

$$\begin{aligned} F_{W\_n}(t) &= F_{Win\_n}(t) + F_{Wout\_n}(t) \quad (11) \\ &= D_n(t) + G_n(t) \end{aligned}$$

$D_n(t)$, $G_n(t)$ 는 각각 새로운 호가 한 번의 직선 이동 후 영역 내에서 진행하는 경우와 종료하는 경우의 분포 함수이다.

$$\begin{aligned} D_n(t) &= (1-P)F_{Win\_n}(t) \quad (12) \\ G_n(t) &= P \cdot F_{Win\_n}(t) + F_{Wout\_n}(t) \end{aligned}$$

그러면 새로운 호에 대한 핸드오프 중첩 영역 채널 유지 시간 분포 $F_{U_n}(t)$는 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} F_{U\_n}(t) &= G_n(t) + D_n(t) * G_n(t) \quad (13) \\ &+ D_n(t) * D_n(t) * G_n(t) + \cdots \\ &= \sum_{i=0}^{\infty} G_n * {D_n}^{*(i)} \end{aligned}$$

여기서 ${D_n}^{*(i)}$ 은 i개의 D_n의 convolution을 의미한다. 이 식을 Laplace 변환하면 아래와 같다.

$$\begin{aligned} \mathcal{F}_{U\_n}(s) &= \sum_{i=0}^{\infty} \mathcal{G}_n(s)\mathcal{D}_n(s)^i \quad (14) \\ &= \frac{\mathcal{G}_n(s)}{1 - \mathcal{D}_n(s)} \end{aligned}$$

식 (14) 에서 분포 함수 $D_n(t)$, $G_n(t)$가 간단한 형태로 근사된다면 $F_{U_n}(t)$는 $\mathcal{F}_{U_n}(s)$의 역변환으로부터 쉽게 계산된다.

핸드오프 호에 대해서도 비슷한 과정을 거쳐 핸드오프 중첩 영역 채널 유지 시간 분포 $F_{U_h}(t)$를 구할 수 있다.

구한 $F_{U\_n}(t)$, $F_{U_h}(t)$를 새로운 호와 핸드오프 호의 도착율에 따라 합한다. 단위 면적당 새 호의 도착율을 λ라 하면 영역에서 새로운 호의 도착율은 $\lambda \times (Overlap\ \ Area)$가 된다. 핸드오프 호의 도착율은 단위 시간당 영역 경계를 지나 들어오는 호의 개수이므로 잘 알려진 공식 $\frac{\rho E[V] L}{\pi}$을 쓰기로 하자 [8]. ρ는 호 연결 중인 이동체의 밀도이고, $E[V]$는 이동체의 평균 속력이며, L은 경계의 길이이다. $\frac{\rho E[V] L}{\pi}$ 식은 이동체가 무작위 운동을 할 경우

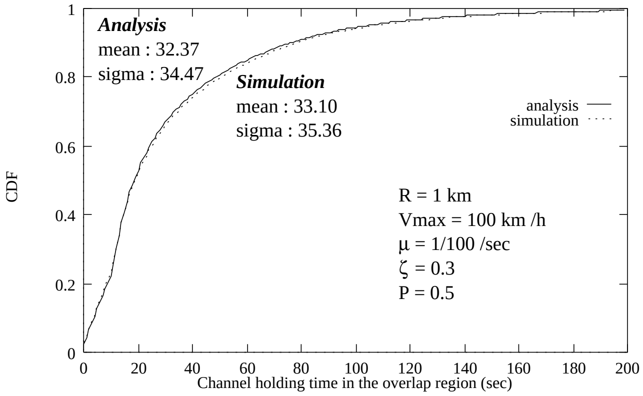

그림 3: 핸드오프 중첩 영역 채널 유지 시간 해석의 시뮬레이션을 통한 검증

에 적용되는 식이며 지금은 이동체가 상하좌우로만 이동하는 특수한 경우이므로 여기에 맞게 수정하면 $\frac{\rho E[V]L}{4}$이 된다. 새로운 호와 핸드오프 호의 호손율을 0으로 가정하면 λ의 비율로 도착하는 호가 평균적으로 $\frac{1}{\mu}$의 시간동안 유지되므로 ρ는 $\left(\lambda \times \frac{1}{\mu}\right)$가 된다. 정리하면 아래와 같다.

$$\text{new call arrival rate} : \lambda_n = \lambda \times (Overlap \;\; Area)$$
$$\text{handoff call arrival rate} : \lambda_h = \frac{\rho E[V] L}{4} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} E[V] &= \frac{V_{max}}{2} \quad (16) \\ L &= 2[(Ymax - Ymin) + (Xmax - Xmin)] \end{aligned}$$

핸드오프 중첩 영역 채널 유지 시간 분포 $F_U(t)$는 $F_{U\_n}(t)$, $F_{U_h}(t)$를 λ_n, λ_h의 비율로 합하면 되므로 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$F_U(t) = \frac{\lambda_n}{\lambda_n + \lambda_h} F_{U\_n}(t) + \frac{\lambda_h}{\lambda_n + \lambda_h} F_{U\_h}(t) \quad (17)$$

λ가 미지수이지만 여기서는 λ_n과 λ_h의 비율만이 의미가 있어서 λ가 식에서 소거된다.

앞에서 구한 해석 결과를 따라 확률 분포 함수를 구한 것과 동일한 가정 하에서 시뮬레이션을 통해 구한 그래프를 비교한 것이 그림 3 에 나타나 있다. 변수 환경은 셀 크기 1 km, 이동국 최대 속도 100 km/hr, 평균 호 유지 시간 100 초, 소프트 핸드오프 영역 비율 30 %, 종료에 대한 기하 분포 모수 0.5 이다. 두 결과가 거의 일치하므로 해석 모델이 거의 정확함을 알 수 있다.

3 결과 분석

여기서는 앞에서 구한 핸드오프 중첩 영역 채널 유지 시간 분포에 대해서 여러 상황에 따라 매개 변수를 변화시켜 가며 결과를 얻고 그 결과를 분석한다. 모델링에서 사용된 매개 변수들은 표 1 에 정리되어 있다. 피코 셀이나 마이크로, 매크로 셀 환경에 따라 셀 크기 R을 조정하고, 도심이나 교외를 고려하여 이동국 최대 속력치 V_{max}와 이동국의 직진성을 함축하는 속도 변화의 횟수

표 1: 모델링에서 사용된 매개 변수들과 기준값

셀 크기 (R)	1 km
이동국 최대 속력 (V_{max})	100 km/h
호 유지 시간의 모수 (μ)	$\frac{1}{100}\ s^{-1}$
속도 변화의 횟수의 모수 (P)	0.5
소프트 핸드오프 영역의 면적 비율 (ζ)	30 %

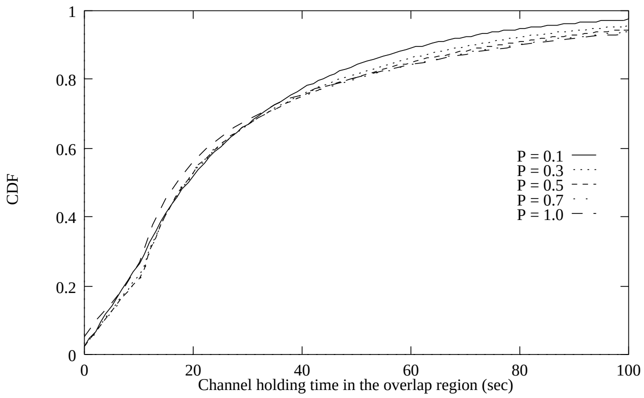

그림 4: P가 변하는 경우의 핸드오프 중첩 영역 채널 유지 시간의 분포

에 관한 매개 변수 P를 정한다. 호 유지 시간 $\frac{1}{\mu}$은 사용하는 서비스가 음성 또는 무선 인터넷 등 어느 것이냐에 따라 결정하고, 적절한 소프트 핸드오프 영역의 비율 ζ를 가정한다. 표 1 에는 5가지의 매개 변수를 나열했으나 결과를 분석하기 위해 변화시킬 변수는 3가지로 압축된다. 소프트 핸드오프 영역의 비율을 나타내는 ζ와 이동국의 직진 성향을 나타내는 P와 나머지 셋을 모두 포함하는 $\frac{R\mu}{V_{max}}$이다. 앞으로는 $\frac{R\mu}{V_{max}}$를 r로 정의하여 쓰도록 할 것이며 값을 변화시킬 경우에는 셀 크기 R만을 바꿀 것이다.

핸드오프 중첩 영역 채널 유지 시간의 분포가 그림 4, 5, 6 에 나타나 있다. 각각은 표 1 의 매개 변수의 기준값으로부터 P, ζ, R 만을 변화시켰을 경우의 분포 함수를 그래프로 도시한 것이다. 그림 4 에서 P가 커짐에 따라 채널 유지 시간이 작은 부분에서 확률이 조금 줄어들어 채널 유지 시간이 비교적 큰 부분에서 확률이 커짐을 볼 수 있다. P가 작다는 것은 이동국의 속도 변화 횟수가 많다는 것으로 방향 전환이 빈번하다는 것을 의미하고, 이는 핸드오프 중첩 영역의 경계를 넘었다가 금방 다시 넘어서 나가는 호가 비교적 자주 생겨서 채널 유지 시간이 작을 확률에 기여함을 나타낸다. 하지만 그런 효과는 별로 크지 않아서 P 값의 변화에 따른 분포 함수의 변화는 그다지 많지 않음을 그림 4 에서 볼 수 있다. 그림 5 에서는 소프트 핸드오프 영역의 면적 비율 ζ가 커짐에 따라 확률 분포가 채널 유지 시간이 큰 쪽으로 이동함을 볼 수 있는데, ζ가 커지면 핸드오프 중첩 영역의 면적이 넓어지므로 채널 유지 시간도 커지는 것을 쉽게 짐작할 수 있다. 또한 ζ가 작은 경우에는 핸드오프 중첩 영역의 모양이 폭이 좁은 모양이 되어 영역을 가로지르는 이동국이 많아져서, 특정 채널 유지 시간대에 확률이 커지게 된다. 이 현상에 의해 ζ가 작아지는 경우에 채널 유지 시간

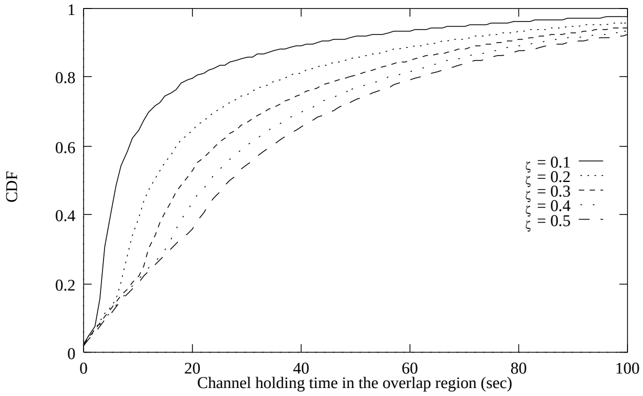

그림 5: ζ가 변하는 경우의 핸드오프 중첩 영역 채널 유지 시간의 분포

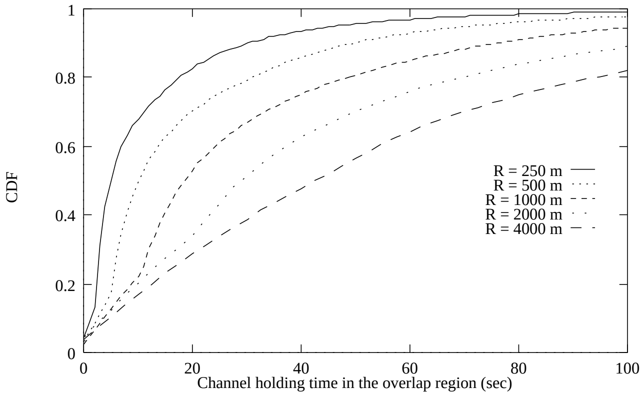

그림 6: R이 변하는 경우의 핸드오프 중첩 영역 채널 유지 시간의 분포

의 확률 분포 함수의 모양이 지수 분포의 모양으로부터 점차 멀어지게 된다. 마지막으로 그림 6 에는 셀 크기의 변화에 따른 결과가 나타나 있다. 셀 크기가 작아짐에 따라 채널 유지 시간이 작아지게 되고, 영역을 가로지르는 이동국이 많아져서 앞에서와 마찬가지로 특정 채널 유지 시간대에 확률이 커진다.

4 결론

본 논문에서는 CDMA 셀룰러 시스템의 장점 중 하나인 소프트 핸드오프를 수학적으로 모델링하였고, 핸드오프 중첩 영역 채널 유지 시간의 분포를 해석적인 방법을 통하여 구하고 시뮬레이션 결과와 비교, 분석하였다. 이 연구는 이동성을 고려한 일반적인 접근 방법을 한 가지 제시하였고, 세부적으로는 모델링 환경을 매개 변수화하여 이를 변화시켜 가며 다양한 결과를 얻는 방법을 선택함으로써 여러 경우에 다시 재해석을 요구하지 않도록 하였다. 여기서는 핸드오프 중첩 영역에서의 채널 유지 시간만을 구했으나 셀 채널 유지 시간 등의 다양한 결과도 마찬가지 방법으로 얻을 수 있다.

모델링에서 사용한 매개 변수로는 셀 크기, 이동국 속력, 호 유지 시간, 이동국 속도 변화의 횟수, 소프트 핸드오프 영역 면적 비율이 있는데, 셀이 커지거나 소프트 핸드오프 영역 면적 비율이 증가함에 따라 예상과 같이 채널 유지 시간이 길어지는 결과를 볼 수 있었다. 또한 영역을 가로지르는 이동국들에 의해 특정 시간대에 채널 유지 시간 분포가 집중되는 현상도 관찰할 수 있었다.

연구 결과를 응용할 수 있는 분야로는 핸드오프 호의 경향 파악을 통한 최적의 핸드오프 방안 연구, 핸드오프 대기 열과 핸드오프 호를 위한 예약 채널 등의 크기 설정 문제, 소프트 핸드오프 영역에서의 복수 채널 할당에 따른 CDMA 채널 점유 문제 등이 있다. 또한 이 모델에서 고려되지 않은 전파음영이나 페이딩에 따른 여유값을 두고, 여러 가지 모델링 매개 변수들의 변화에 따른 결과로부터 원하는 결과에 해당하는 매개 변수를 추출하여 셀 계획에 적용할 수 있다.

본 연구 과제는 한국전자통신연구원의
연구비의 부분적인 지원과
석사 학위 논문으로 수행된 연구의 결과임.

참고 문헌

[1] Seong-Lyun Kim *et al.*, "A Radio Network Simulator for IS-95 Based Cellular CDMA Systems: CDMA WiNS," *Proceeding of MDMC '96*, Seoul, Korea, pp. 541-545, Jul. 1996.

[2] A. J. Viterbi *et al.*, "Soft Handoff Extends CDMA Cell Coverage and Increases Reverse Link Capacity," *IEEE JSAC*, Vol. 12, No. 8, pp. 1281-1288, Oct. 1994.

[3] S.-L. Su *et al.*, "Performance Analysis of Soft Handoff in CDMA Cellular Networks," *IEEE JSAC*, Vol. 14, No. 9, pp. 1762-1769, Dec. 1996.

[4] S. Park, H. S. Cho, and D. K. Sung, "Modeling and Analysis of CDMA Soft Handoff," *Proceeding of VTC '96*, Atlanta, U.S.A., pp. 1525-1529, Apr. 28 - May 1, 1996.

[5] J. K. Kwon and D. K. Sung, "Soft Handoff Modeling in CDMA Cellular Systems," *Proceeding of VTC '97*, Phoenix, U.S.A., pp. 1548-1551, May 1997.

[6] D. Hong and S. S. Rappaport, "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and Nonprioritized Handoff Procedures," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, Vol. 35, No. 3, pp. 77-92, Aug. 1986.

[7] R. A. Guerin, "Channel Occupancy Time Distribution in a Cellular Radio System," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, Vol. 36, No. 3, pp. 89-99, Aug. 1987.

[8] K. S. Meier-Hellstern and D. Alonso, "The Use of SS7 and GSM to Support High Density Personal Communications," *Proceeding of ICC '92*, Chicago, U.S.A., pp. 1698-1702, Jun. 1992.