

단말의 프로필을 이용한 CDMA 소프트

핸드오프의 시뮬레이션 분석

정다위* · 조영중** · 최덕규**

아주대학교 정보및컴퓨터공학부

A Simulation for a CDMA Soft Handoff Algorithm Using Mobile Terminal Profiles

Da Wi Jeong · Young Jong Cho · Dug Kyoo Choi

Division of Information and Computer Engineering, Ajou University

요 약

소프트 핸드오프는 공간 다이버시티 때문에 끊김없는 통화를 보장할 수는 있지만, 하나의 단말이 두 개 이상의 셀에서 자원을 사용하므로 자원의 낭비를 초래하게 된다. 따라서, CDMA 에서 소프트 핸드오프 방법을 이용할 때는 성능면에서 통화의 품질과 망 자원사이에 평형을 유지해야 한다. IS-95 에서 명시된 소프트 핸드오프 진행 절차에 단말의 프로필 파라미터를 활용하는 새로운 소프트 핸드오프 알고리즘을 제시하고 이를 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석한다. 단말이 호를 유지한 상태에서 셀의 경계점을 계속 왕복한다면 잦은 핸드오프가 발생하게 되고 활성 집합에는 항상 여러 개의 기지국이 연결 상태에 있어 자원의 낭비를 초래하게 된다. 그러나, 한번 핸드오프를 마친 단말이 호를 해제하지 않은 상태에서 또 다시 핸드오프를 요구할 확률은 지수적으로 감소한다. 또한, 단말이 호를 유지한 상태에서 핸드오프가 이루어진 경력을 안다면 활성 집합에 포함될 기지국의 수를 제한할 수 있으므로 자원의 낭비를 막을 수 있다. 이와 같이 단말의 프로필을 이용하는 경우에 시뮬레이션 결과는 제안한 알고리즘이 IS-95 보다 호의 블로킹 확률이 감소함을 보인다.

1. 서론

CDMA 의 주요한 특징중의 하나는 소프트 핸드오프이다. 소프트 핸드오프는 단말이 현재 등록된 기지국에서 새로운 기지국으로 이동할 때 사용자가 통화의 단절 없이 통화를 계속할 수 있도록 보장한다. 또한 단말은 두개 이상의 기지국으로부터 받은 신호를 간섭 신호로 취급하지 않고 신호의 공간 다이버시티로 활용함으로써 셀의 경계 부분에서 통화질을 유지한다. 그러나 망 관리자의 입장에서는, 하나의 단말

이 두개 이상의 셀에서 자원을 사용하고 있으므로 자원의 낭비를 초래하게 된다. 그러므로, CDMA 에서 사용하는 소프트 핸드오프에 의한 통화의 질과 망 자원사이에 평형을 유지하는 것은 매우 중요하다.

지금까지 CDMA 마이크로 셀룰라 시스템에서는 트래픽의 밀집 정도에 따라 소프트 핸드오프에 대한 임계치를 변화 시키므로써 채널의 성능을 향상시키는 알고리즘이 제안되었고[1] TDMA 에서는 사용중인 하드 핸드오프 결정 알고리즘에서 망의 자원을 효율

* 아주대학교 컴퓨터 공학과.

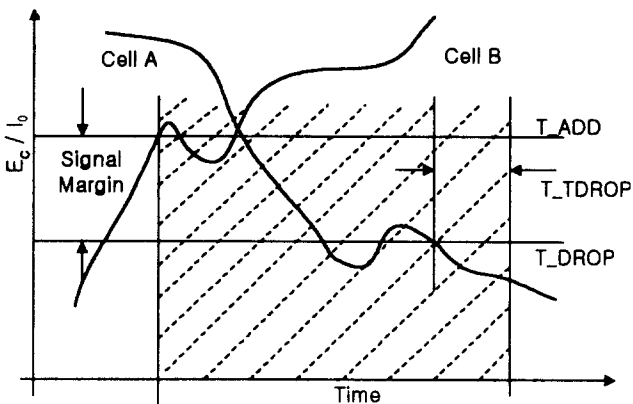
** 아주대학교 정보및컴퓨터공학부.

• 이 논문은 정보통신부 대학기초연구지원사업의 연구비에 의해 연구되었음.

적으로 사용하는 방법을 제시하고 있다[2]. 그리고, 핸드오프 호에 대한 자원 할당 기법을 통하여 마이크로 셀의 크기를 트래픽 양에 따라 변형시켜 망의 성능을 향상시키는 연구도 진행되었다[3][4].

이곳에서 제안하는 소프트 핸드오프 알고리즘은 IS-95 에 명시된 소프트 핸드오프 진행 절차에 단말의 프로필을 부가하여 새롭게 제시하고 이를 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석 한다. 그러나, 제안한 소프트 핸드오버 절차는 IS-95 절차와 약간의 차이가 있다. 이는 성능 분석과 실제 적용을 위한 변형으로 IS-95 소프트 핸드오프 절차로의 전환도 쉽게 가능하다. 결과적으로 제안한 알고리즘에서는 소프트 핸드오프의 장점인 핸드오프시 통화 질의 저하를 막고 망 자원의 낭비를 줄이면서 핸드오프시 호의 해제 확률을 줄일 수 있는 방법을 제시한다.

2. 소프트 핸드오프 알고리즘



<그림 1> IS-95 에서의 신호의 강도에 따른 핸드오프 절차

단말기는 기지국으로부터 받은 파일럿 신호의 강도를 측정하여 <그림 1>에서 도시한 것과 같이 T_ADD 이상의 파일럿 신호 강도를 가진 셀을 활성 집합에 포함시키고, T_DROP 이하로 떨어질 경우에는 T_TDROP 타이머를 작동시켜 타이머가 작동 중에 T_DROP 이상으로 올라오면 타이머를 초기화하고, 타

이머가 완전히 종료될 때까지 T_DROP 이상으로 올라오지 않으면 연결되어 있는 호를 해제한다.

IS-95에서는 신호의 강도가 T_ADD 이상으로 올라간 두개 이상의 기지국을 포함한 활성 집합내에서 신호의 강도를 비교하여 핸드오프를 결정한다. T_DROP 임계치를 낮추거나 T_TDROP 타이머를 길게 하면 더 많은 기지국이 활성 집합으로 유지된다. 따라서 파일럿 집합의 갱신은 보다 더 적게 일어나고 통화의 질은 높은 다이버시티 이득 때문에 좋아진다. 반면, T_DROP 임계치를 높이거나 T_TDROP 타이머를 짧게 하면 활성 집합의 갱신은 자주 일어나지만 활성 집합내의 기지국의 수를 적게 유지하므로 망의 자원을 절약할 수 있다. 그러나, 이 때 활성 집합의 갱신은 단말기와 기지국 사이에 신호절차를 요구하게 되고, 이러한 신호절차는 망에게 부과되는 또 하나의 부하로 작용하게 된다.

IS-95에서는 핸드오프 절차를 위한 파일럿 집합을 활성 집합, 후보 집합, 이웃 집합, 그리고 나머지 집합으로 정의하고 있다. 그러나, 제안한 모델에서는 시뮬레이션과 분석에 매우 간편한 IS-95와 다른 파라미터를 사용한다. 또한, 이러한 파라미터를 이용해서 새롭게 제안한 소프트 핸드오버 알고리즘은 IS-95 모델로도 쉽게 변형될 수 있다. IS-95와 제안한 모델의 차이 점은 다음과 같다.

- IS-95에서는 E_c/I_0 를 파라미터로 사용하였지만 제안한 모델에서는 파일럿 신호의 강도를 사용한다.
- IS-95에서는 두 개 이상의 기지국을 가지고 위에서 제시한 것과 같은 4가지의 파일럿 집합을 사용하지만 제안한 모델에서는 두개의 기지국과 활성 집합만을 가정한다.
- IS-95에서는 신호의 강도를 고정하여 임계치를 결정하였지만 제안한 모델에서는 알고리즘의 적용에 따라 임계치가 변화할 수 있다고 가정한다.

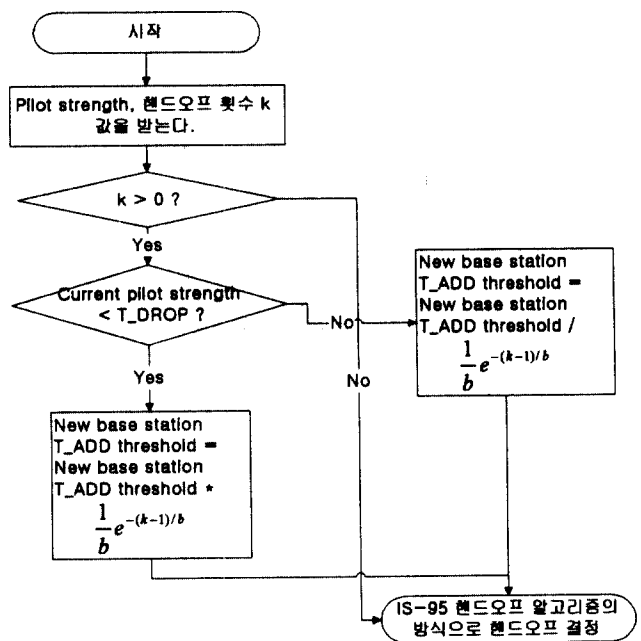
단말은 호를 해제하지 않은 상태에서 이동하게

되고 단말의 요구에 따라 한번 핸드오프가 이루어진 후 통화를 유지하고 있는 중에도 단말은 계속 이동을 할 수 있다. 만약 단말이 셀의 경계점에 이르러 호를 유지한 상태에서 왕복을 계속한다면 잦은 핸드오프가 발생하게 되고 활성 집합에는 항상 여러개의 기지국이 포함되어 있어 자원의 낭비를 초래하게 된다. 하지만 한 번 핸드오프를 마친 단말이 호를 해제하지 않은 상태에서 또 다시 핸드오프할 확률은 지수적으로 감소한다. 따라서 단말이 호를 유지한 상태에서 핸드오프가 이루어진 경력을 안다면 활성 집합에 포함될 기지국의 수를 제한할 수 있게 되고 결국에는 자원의 낭비를 막을 수 있다.

이와 같은 특성을 감안하여 제안하는 소프트 핸드오프 알고리즘은 다음과 같다.

- 가) 단말은 기지국으로부터 파일럿 신호를 받아 강도를 측정한다.
- 나) 단말은 기지국으로 자신이 측정한 파일럿 신호와 자신이 호를 해제하지 않은 상태에서 핸드오프한 횟수를 같이 보낸다.
- 다) 만약 단말이 핸드오프 한 경력이 없으면 IS-95와 같은 방식의 핸드오프 알고리즘을 적용하지만 핸드오프한 경력이 있으면 새로운 기지국의 T_ADD 임계치에 핸드오프한 횟수를 파라미터로 한 확률을 곱하여 알고리즘에 적용한다. 단 여기서 알고리즘에 적용될 확률은 핸드오프한 횟수와 지수적인 반비례 관계를 갖게 된다. 그러면 단말이 이미 핸드오프 경력이 있을 경우 주변의 기지국들이 이동중인 이 단말의 활성 집합에 포함될 확률이 작아지게 되는 것이다.
- 라) 만약 핸드오프한 경력이 있어 활성 집합에 포함될 신호의 강도를 가지고 있어도 활성 집합에 포함되지 못한 새로운 기지국은 현재의 기지국과 단말 사이에 파일럿 신호의 강도가 T_DROP 임계치 이하로 작아져서 T_TDROP 타이머가 작동될 때 원래의 T_ADD 임계치를 가지고 알고리즘에 적용한다.

위와 같은 알고리즘의 적용은 갑작스런 호의 해제를 막을 수 있을 뿐만 아니라 호를 개시한 경우와 한번 핸드오프한 경우에는 통화의 품질을 보장하고 지속적인 핸드오프를 요구하는 경우에도 망의 자원을 절약할 수 있게 된다. 이렇게 하므로써 새로운 호의 연결 설정 실패 확률을 높일 수 있게 된다. 대부분의 사용자는 여러 번 핸드오프 할 정도로 오랫동안 호를 유지하지 않기 때문에 통화의 품질을 보장받게 되고, 셀의 경계에서 왕복하는 사용자로 인해서 망의 자원이 낭비되는 것을 막을 수 있게 된다. 위와 같은 알고리즘을 단말의 프로필을 이용한 핸드오프 알고리즘이라 하고 <그림 2>에 알고리즘의 적용 순서를 도시하였다.



<그림 2> 단말의 프로필을 이용한 핸드오프 알고리즘

3. 시뮬레이션과 결과 분석

단말의 프로필을 이용한 소프트 핸드오프 알고리즘과 IS-95에 제시되어 있는 소프트 핸드오프 알고리즘의 성능을 비교 분석하기 위하여 다음과 같이 가정한다.

- 새롭게 발생하는 호와 핸드오프 호는 포아송 (Poisson) 분포를 따른다.
- 발생한 호가 채널을 잡고 있는 상태는 지수

(Exponential) 분포를 따른다.

- 단말의 이동은 균일(Uniform) 분포를 가지고 방향을 선택한다.
- 단말의 이동 속도는 일정하다.

단말의 속도를 일정하게 보기 때문에 발생호 대 이동성 비율(CMR : Call to Mobility Ratio)로 단말의 이동성을 정의한다. CMR은 단위 시간동안 발생하는 호의 평균 횟수를 단위 시간동안 위치를 변경하는 평균 횟수로 나눈 것이다. 호가 발생할 평균 비율을 λ 라 하고, 등록된 위치 즉 현재의 셀에서 호를 유지할 평균 비율을 μ 라 하면 CMR은 λ / μ 로 주어진다. 즉, CMR 값이 낮다는 것은 단말의 이동성이 아주 높다는 것을 의미한다. 단말의 이동성이 높아지므로 새 핸드오프 호의 강제 종료율은 선형적인 증가를 보이겠지만 핸드오프 호의 강제 종료율은 기하급수적으로 증가하게 될 것이다. 이 곳에서 사용된 시뮬레이션 파라미터들을 정리하면 <표 1>과 같다.

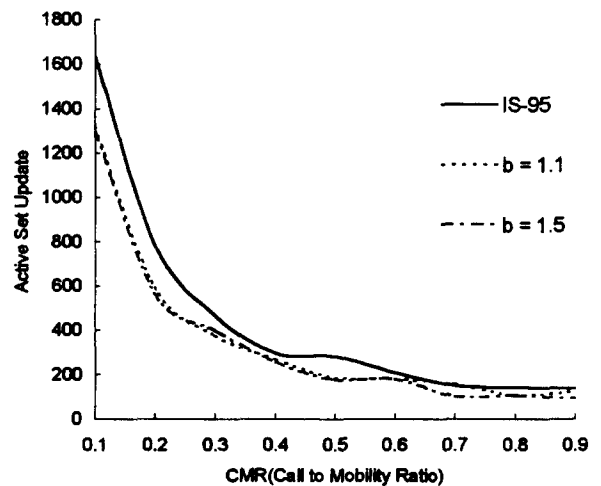
<표 1> 시뮬레이션 파라미터

변수	값
셀의 수	2
CMR	0.1 ~ 0.9
호 도착 시간 분포	포아송 분포
호 지속 시간 분포	지수 분포
단말의 이동 방향 분포	균일 분포
단말의 이동 속도	일정
a	1
b	1.1, 1.5

시뮬레이션 결과로 <그림 3> 은 활성 집합이 얼마나 자주 갱신되는 가를 보여준다. 활성 집합의 갱신이라 함은 이동 중인 단말이 지금 자신이 속해 있는 기지국외에 다른 기지국으로부터 신호가 어떤 임계치를 넘어서 여러 기지국의 트래픽 채널을 동시에 사용하는 경우다. b는 T_ADD 임계치 값을 감소시키는 파라미터다(<표 1> 참조). CMR 값을 0.1 부터 0.9

까지 표현한 것은 1 이후에는 이동성이 호 발생율에 비해 비교적 적으므로 망이 안정 상태로 호에 대한 강제 종료율이 비교적 낮은 경우이다. 마찬가지로 단말의 프로필을 이용한 핸드오프가 IS-95 보다 활성 집합의 갱신율이 꾸준히 낮게 나타남을 알 수 있다. 활성 집합의 갱신율이 낮다는 것은 그만큼 그 셀에서 사용중인 채널의 낭비가 적다는 것을 의미하며 결국 핸드오버 호나 새롭게 발생하는 호에 대한 호 강제 종료율을 낮출 수 있다.

<그림 3> CMR 에 따른 활성 집합의 갱신 빈도



<그림 4>는 이동 단말이 셀의 경계에 위치해 다른 셀을 활성 집합에 포함시키려고 할 때 가용한 자원이 없거나 신호의 강도가 T_DROP 이하로 떨어져 활성 집합으로 포함시킬 수 없는 블록킹 발생률을 나타낸다. CMR 값이 0.35 부터 0.75 사이인 경우 단말의 프로필을 이용한 소프트 핸드오프 알고리즘이 IS-95 보다 성능이 좋음을 나타낸다. 대부분의 이동 통신 시스템의 경우의 이동성을 0.5 정도로 가정한다면, 다시 말해 단말이 호를 해제하지 않은 상태에서 한번 정도의 핸드오프를 한다고 하면, 단말의 프로필을 이용한 소프트 핸드오프 알고리즘은 비교적 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있다.

<그림 5>은 새로운 호의 강제 블록킹 비율을 나타낸다. 이를 통해 이동성이 높아짐에 따라 IS-95에서

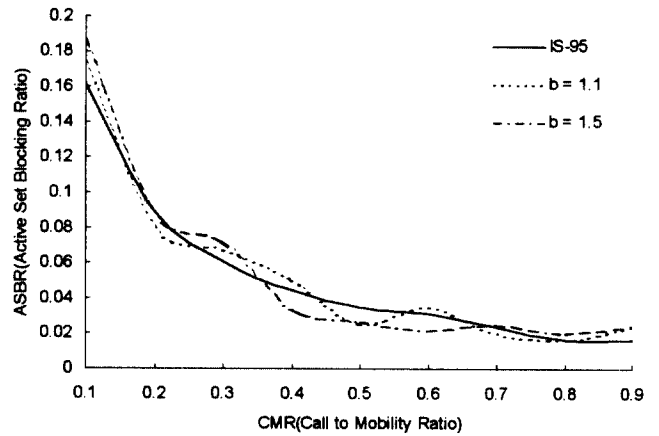
제시한 소프트 핸드오프 알고리즘보다 단말의 프로 필을 이용한 소프트 핸드오프 알고리즘이 좋은 성능 을 가짐을 알 수 있다.

4. 결론

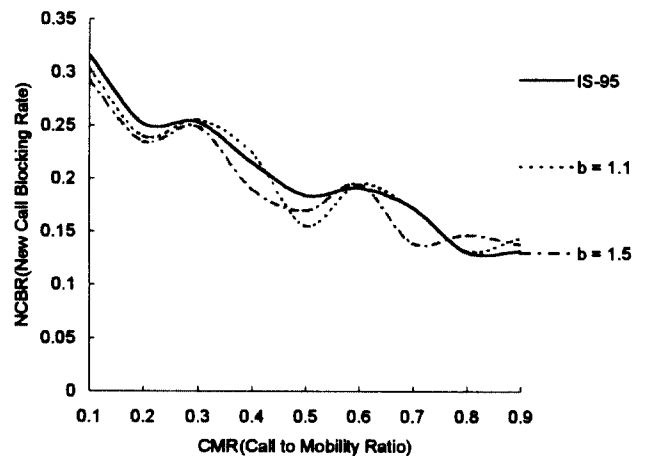
본 논문에서는 IS-95 에서 제시되고 구현되어 있는 소프트 핸드오프 알고리즘에 대해 알아보았다. IS-95 에서 구현된 소프트 핸드오프 알고리즘에서 사용자 가 셀의 경계점에 있어서 계속 왕복할 경우 계속되 는 핸드오프와 활성 집합에 포함된 기지국수가 줄어 들지 않게 되므로 자원의 낭비를 초래하게 되는데 이러한 자원의 낭비를 막기 위한 새로운 알고리즘인 단말의 프로 필을 이용한 소프트 핸드오프 알고리즘 을 제안하고 이의 성능을 분석하였다. 제안한 알고리 즘은 매우 간단하고 IS-95 에 적용하기에 수월한 반 면 단말이 셀의 경계점에서 계속 왕복할 경우와 단 말의 이동성이 높을 경우에 성능 향상을 보임을 알 수 있다. 이러한 단말의 프로 필을 이용한 핸드오프 알고리즘은 CDMA 뿐만 아니라 TDMA 에도 적용 가 능하며 셀의 크기가 작아짐에 따라 더욱 효과를 나 타낼 것이다.

5. 참고 문헌

1. Seon-Ho, Hwang, et. al., "Soft handoff algorithm with variable thresholds in CDMA cellular systems", *IEEE Electronics letters*, Vol.33, No.19, 11th September 1997.
2. C.Y.Choi, K.F. Cheung, "Sequential Handoff Algorithm for Cellular Mobile Communication", *IEEE Globecom '97*, 1997, pp.716-719.
3. R.Ramjee, D.Towsley, R.Nagarajan, "On Optimal Call Admission Control in Cellular Networks", *ACM Wireless Networks*, No.3, 1997, pp.29-41.
4. X.H.Chen, "A Novel Adaptive Load Shedding Scheme for CDMA Cellular Mobile Systems", *Proc. SINGAPORE ICCS'94*, 1994, pp.556-570



<그림 4> CMR 에 따른 활성 집합의 블록킹률



<그림 5> CMR 에 따른 새로운 호의 블록킹률