

단말의 프로필을 이용한 새로운 CDMA 소프트 핸드오프 알고리즘의 성능 분석*

Performance Analysis of a Novel CDMA Soft Handoff Algorithm Using Mobile Terminal Profiles

정다위**, 조영종**, 최덕규**

Da Wi Jeong, Young Jong Cho, Dug Kyoo Choi

Abstract

In the IS-95 soft handoff scheme of CDMA, there occurs a tradeoff between improving quality due to the space diversity and additional resource management like updates of the active set during soft handoffs. In addition, if a mobile terminal is alternating two adjacent cells, a well-known phenomenon called ping-ping causes the resource management to be seriously degraded. By noting that in general the probability that a user initiates additional handoffs is exponentially decreased as the user has already handed over one or more times, we present a soft handoff algorithm making use of handoff profiles of mobile terminals to improve resource utilization. In the proposed algorithm the number of handoffs made so far during the call is recorded in the mobile profile and the profile data is used for adjusting handoff parameters such as the value of *add* or *drop* threshold(T_ADD or T_DROP). Through simulations, the result of the proposed algorithm is shown to improve the handoff performance by lowering the number of handoffs while simultaneously reducing resource waste.

* 이 논문은 정보통신부 대학기초연구지원사업의 연구비에 의해 연구되었음.

** 아주대학교 정보 및 컴퓨터공학부.

1. 서론

CDMA의 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 통화 질을 유지한다. 그러나 망 관리자의 입장에서는, 하나의 단말이 두개 이상의 셀에서 자원을 사용하고 있으므로 자원의 낭비를 초래하게 된다. 그러므로, CDMA에서도 사용하는 소프트 핸드오프에 의한 통화의 질과 망 자원사이에 평형을 유지하는 것은 매우 중요하다.

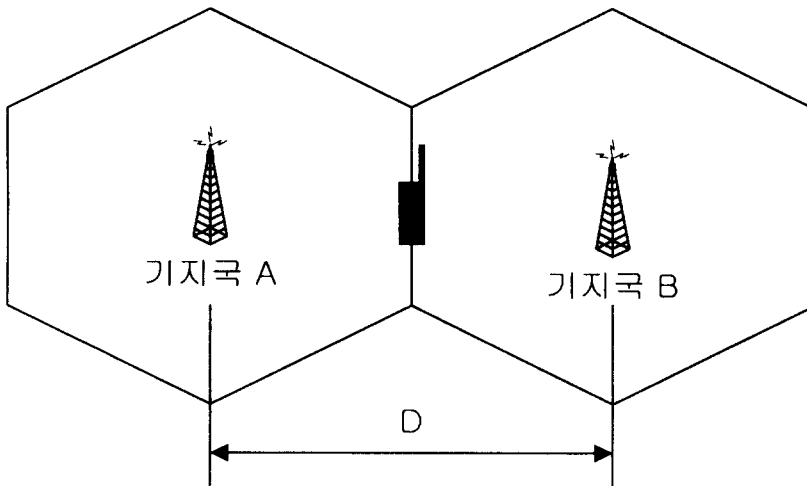
지금까지 CDMA 마이크로 셀룰라 시스템에서는 트래픽의 밀집 정도에 따라 소프트 핸드오프에 대한 임계치를 변화 시키므로써 채널의 성능을 향상시키는 알고리즘이 제안되었고[3], TDMA에서는 사용중인 하드 핸드오프 결정 알고리즘에서 망의 자원을 효율적으로 사용하는 방법을 제시하고 있다[4]. 그리고, 핸드오프 호에 대한 자원 할당 기법을 통하여 마이크로 셀의 크기를 트래픽 양에 따라 변형시켜 망

의 성능을 향상시키는 연구도 진행되었다[5][6].

이곳에서 제안하는 소프트 핸드오프 알고리즘은 IS-95에 명시된 소프트 핸드오프 진행 절차에 단말의 프로필을 부가하여 새롭게 소프트 핸드오프 알고리즘을 제시하고 이를 수학적 분석과 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석한다. 그러나, 제안한 소프트 핸드오프 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. 분석 모델

핸드오프는 통화중인 단말기가 현재의 셀에서 다른 셀로 이동할 때에 일어난다. 이동 중인 단말기와 현재의 기지국 사이의 링크의 질이 나빠질 경우 인접한 셀을 통해 보다 좋은 품질의 링크를 유지하기 위해서 핸드오프가 발생된다. 링크의 질을 판단하는 기준으로는 신호의 세기를 들 수 있는데, 이 신호의 세기는 무선 환경에서의 페이딩과 간섭 신호에



<그림 1> 기본적인 분석 모델

의해 영향을 받게 된다.

기본적인 시스템은 거리가 <그림 1>에서와 같이 거리가 D인 두개의 기지국 A와 B로 구성 되고 전파 환경은 선형적인 경로 손실과 웨도우 페이딩으로 나타난다고 가정한다. 단말기는 기지국 A에서 기지국 B로 직선적인 경로를 갖고 이동하고, 두 기지국으로부터 받은 파일럿 신호의 강도사이의 상관관계는 없다고 가정한다. 단말기가 거리가 d인 기지국 A로부터 받은 신호의 강도 $S_A(d)$ 는 다음과 같이 모델링할 수 있다[1][2].

$$S_A(d) = K_1 K_2 \log d + u(d) \text{ (dB)} \quad (1)$$

단, 여기서 K_1 과 K_2 는 상수이며 $u(d)$ 는 다음과 같은 지수 상관 관계 함수를 갖는 가우시안 분포이다.

$$E\{u(d), u(d + d)\} = \exp(d/d_0) \quad (2)$$

여기서 $E\{\cdot\}$ 는 기대값을 의미하며, d_0 는 거리가 증가함에 따라 얼마나 빨리 상관관계가 감소하느냐를 나타내는 상수이다. 위와 유사하게 기지국 B로부터 받은 파일럿 신호의 강도 $S_B(d)$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$S_B(d) = K_1 K_2 \log (D - d) + v(d) \text{ (dB)}$$

(3)

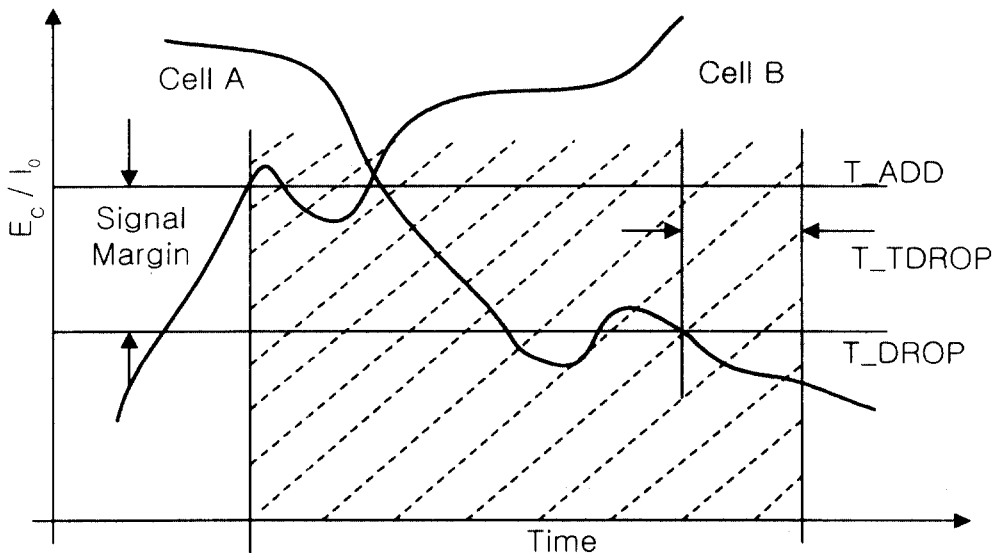
위에서 $v(d)$ 는 $u(d)$ 와 같은 지수 상관관계 함수를 가지는 가우시안 분포이고 $u(d)$ 와 $v(d)$ 는 독립적이다. <그림 1>은 기본적인 분석 모델을 보여주고 있다.

3. 소프트 핸드오프 알고리즘

IS-95에서는 핸드오프 절차를 위한 파일럿 집합을 다음과 같이 정의하고 있다.

- 활성 집합(Active Set) : 단말기에 할당된 순방향 트래픽 채널에 관련된 파일럿 신호들.
- 후보 집합(Candidate Set) : 충분한 세기로 단말기에 수신된 파일럿 신호들.
- 이웃 집합(Neighbor Set) : 핸드오프될 수 있는 후보 셀의 파일럿 신호들.
- 나머지 집합(Remain Set) : 현 CDMA의 주파수 범위에서 위의 3개의 집합들을 제외한 모든 파일럿 신호들.

단말기는 기지국으로부터 받은 파일럿 신호의 강도를 측정하여 <그림 2>에서 도시한 것과 같이



<그림 2> IS-95에서의 신호의 강도에 따른 핸드오프 절차

T_ADD 이상의 파일럿 신호 강도를 가진 셀을 활성 집합에 포함시키고, T_DROP 이하로 떨어질 경우에는 T_DROP 타이머를 작동시켜 타이머가 작동 중에 T_DROP 이상으로 올라오면 타이머를 초기화하고, 타이머가 완전히 종료될 때까지 T_DROP 이상으로 올라오지 않으면 연결되어 있는 호를 해제한다. 활성 집합에 포함된 셀이 하나 이상을 경우 동시에 다중의 셀들과 채널을 유지하게 된다. 이렇게 하나의 단말기가 다중의 셀들과 채널을 유지하는 지역을 소프트 핸드오프 지역이라고 한다.

IS-95에서는 신호의 강도가 T_ADD 이상으로 올라간 두 개 이상의 기지국을 포함한 활성 집합 내에서 신호의 강도를 비교하여 핸드오프를 결정한다. T_DROP 임계치를 낮추거나 T_DROP 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_DROP 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.

제안한 모델에서는 시뮬레이션과 분석에 매우 간편한 IS-95와 다른 파라미터를 사용한다. 또한, 이러한 파라미터를 이용해서 새롭게 제안한 소프트 핸드오프 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 임치를 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 여러 개의 기지국이 포함되어 있어 자원의 낭비를 초래하게 된다. 하지만 한 번 핸드오프를 마친 단말이 호를 해제하지 않은 상태에서 또 다시 핸드오프할 확률은 지속적으로 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.

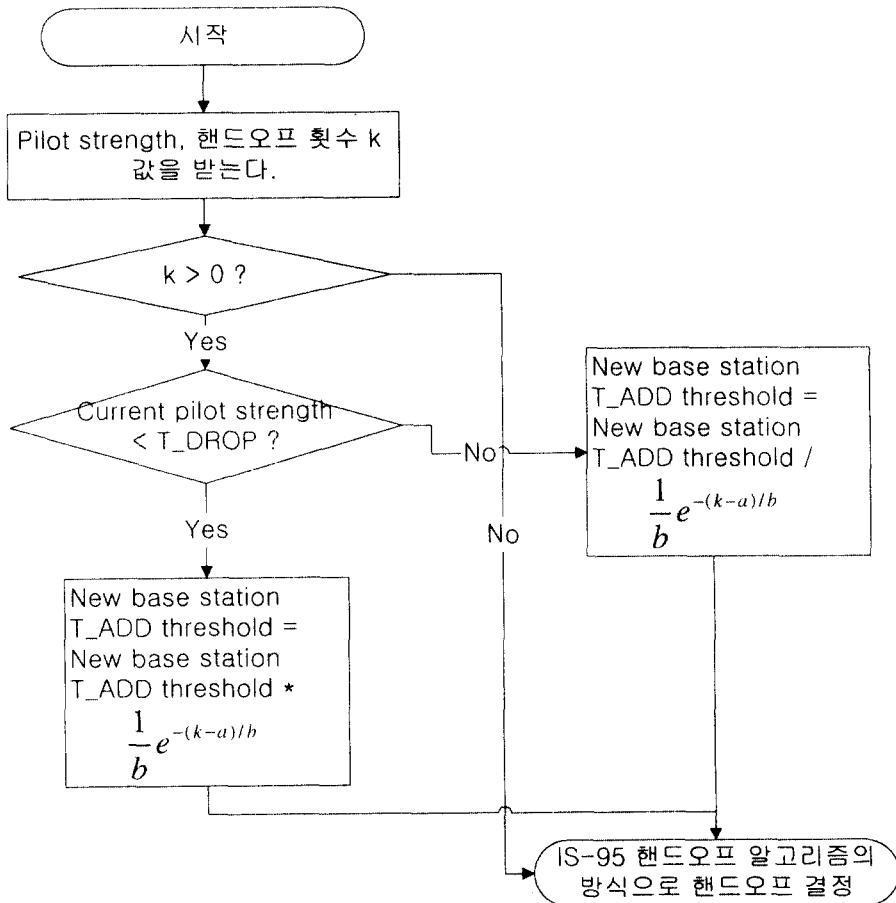
- 가) 단말은 기지국으로부터 파일럿 신호를 받아 강도를 측정한다.
- 나) 단말은 기지국으로 자신이 측정한 파일럿 신호와 자신이 호를 해제하지 않은 상태에서 핸드오프한 횟수를 같이 보낸다.
- 다) 만약 단말이 핸드오프 한 경력이 없으면 IS-95와 같은 방식의 핸드오프 알고리즘을 적용하지만 핸드오프한 경력이 있으면 새로운 기지국의 T_ADD 임계치에 핸드오프한 횟수를 파라미터로 한 확률을 곱하여 알고리즘에 적용한다. 단 여기서 알고리즘에 적용될 확률은 핸드오프한 횟수와 지수적인 반비례 관계를 갖게 된다. 그러면 단말이 이미 핸드오프 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_DROP 타이머가 작동될 때 원래의 T_ADD 임계치를 가지고 알고리즘에 적용한다.

위와 같은 알고리즘의 적용은 단말의 프로필을 이용하여 지역적으로 소프트 핸드오프 지역을 줄여

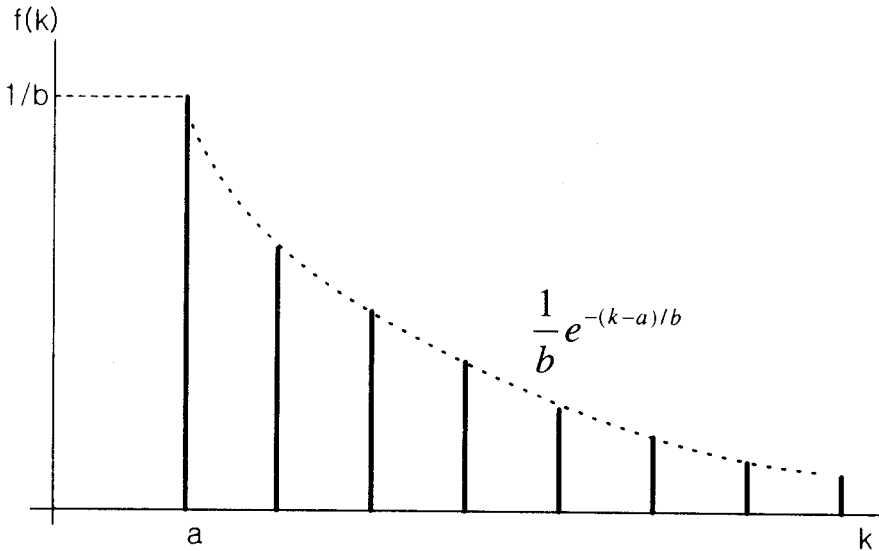
중으로 짧은 시간동안 셀의 경계점에서 잦은 이동으로 핸드오프를 발생시키는 핑퐁 효과에 대하여 핸드오프의 횟수를 줄여줄 수 있고, 단말의 프로필에 따라 소프트 핸드오프 지역을 줄여주지만 최소한의 소프트 핸드오프 지역을 유지하므로 갑작스런 호의 해제를 막을 수 있을 뿐만 아니라 호를 개시한 경우와 한번 핸드오프한 경우에는 비교적 넓은 소프트 핸드오프 지역을 가지므로 공간 다이버시티의 효과를 통해 통화의 품질을 보장하고 지속적인 핸드오프를 요구하는 경우에도 비교적 작은 소프트 핸드오프 지역을 갖게 되므로 망의 자원을 절약할 수 있게 된다. 이렇게 함으로써 새로운 호의 연결 설정 실패 확률

을 낮출 수 있게 된다. 대부분의 사용자는 여러 번 핸드오프 할 정도로 오랫동안 호를 유지하지 않기 때문에 통화의 품질을 보장 받게 되고, 셀의 경계에서 왕복하는 사용자로 인해서 망의 자원이 낭비되는 것을 막을 수 있게 된다. 위와 같은 알고리즘을 단말의 프로필을 이용한 핸드오프 알고리즘이라 하고 <그림 3>에 알고리즘의 적용 순서를 도시하였다.

<그림 3>에서 T_ADD 임계치 값의 조정은 지수 분포 형태를 갖는 확률 질량 함수(probability mass function)에 의해 이루어 진다. 확률 질량 함수내의 a 는 임계치 값의 동적인 변경을 몇 번의 핸드오프부



<그림 3> 단말의 프로필을 이용한 핸드오프 알고리즘



<그림 4> T_ADD 임계치 값을 변화시키기 위한 지수분포 형태의 확률 질량 함수

터 적용할 것인지를 나타내는 값이다. 그리고, b는 T_ADD 임계치 값을 얼마큼씩 줄이는가를 나타내는 상수이다. a와 b는 트래픽의 성질에 따라 망의 관리자가 결정해 줄 수 있는 값이다. 제안한 알고리즘에서 a를 1로 하여 한번 이상의 핸드오프한 경력이 있는 단말에게는 T_ADD 임계치 값을 지수적으로 높이게 되고, 결과적으로 두 개의 기지국으로부터 동시에 호가 연결되어지는 소프트 핸드오프 지역이 점차적으로 줄어들게 되므로 자원의 낭비를 막을 수 있게 된다. <그림 4>는 본 알고리즘에서 사용되는 지수분포 형태의 확률 질량 함수를 도시하고 있다.

4. 성능 분석

단말의 프로필을 이용한 핸드오프 알고리즘에서 호의 해제 확률은 활성 집합에 포함되는 기지국의 예상치와 활성 집합이 갱신되는 예상치에 따라 표시될 수 있다. 단말은 일정한 값인 v의 속도를 가지고

이동중이며, 매 d_s의 거리에서 신호의 강도를 측정한다. 기지국 A와 B로 부터의 파일럿 신호의 측정된 값을 S_A(n), S_B(n)으로 각각 정의한다. 여기서 n = 1, 2, ..., D/d_s 이고 k는 단말이 호를 해제하지 않은 상태에서 핸드오프한 횟수이고 b는 파일럿 신호의 강도를 감소시키기 위한 파라미터이다. 또한 두 파일럿 신호의 차이를 다음과 같이 정의한다.

매 주기 d_s 마다 임의의 기지국이 활성 집합에 포함되거나 활성 집합에서 빠져나가는 네 가지 사건들의 확률을 다음과 같이 정의하자.

- P_{A \to B}(n) : 기지국 B가 활성 집합(A)에 포함될 확률.
- P_{B \to A}(n) : 기지국 A가 활성 집합(B)에 포함될 확률.
- P_{AB \to A}(n) : 기지국 B가 활성 집합(A,B)에서 빠져나갈 확률.
- P_{AB \to B}(n) : 기지국 A가 활성 집합(A,B)에서 빠져나갈 확률.

$$X(n) = \begin{cases} S_a(n)(1/b)\exp(-(k-1)/b) - S_b(n)(1/b)\exp(-(k-1)/b), & k \geq 1 \\ S_a(n) - S_b(n), & k = 0. \end{cases} \quad (4)$$

두 기지국의 파일럿 신호 강도의 차이를 핸드오프 알고리즘에 적용하기 위해서 T_ADD값과 T_DROP값을 조정하여 TH_ADD와 TH_DROP

값을 본 소프트 핸드오프 알고리즘의 임계치로 정의한다.

$$\begin{aligned}
 P_{A \rightarrow AB}(n) & \\
 & \equiv \Pr \{ -X(n) > TH_ADD \mid A, -X(n-1) < TH_ADD \} \\
 & \equiv \Pr \{ -X(n) > TH_ADD \mid -X(n-1) < TH_ADD \}. \tag{5}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{B \rightarrow AB}(n) & \\
 & \equiv \Pr \{ X(n) > TH_ADD \mid X(n-1) < TH_ADD \}. \tag{6}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{AB \rightarrow A}(n) & \\
 & \equiv \Pr \{ -X(n-M) < TH_DROP \mid -X(n-M-1) > TH_DROP \} \\
 & \prod_{i=n-M+1}^n \Pr \{ -X(i) < TH_DROP \mid -X(i-1) < TH_DROP \}. \tag{7}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{AB \rightarrow B}(n) & \\
 & \equiv \Pr \{ X(n-M) < TH_DROP \mid X(n-M-1) > TH_DROP \} \\
 & \prod_{i=n-M+1}^n \Pr \{ X(i) < TH_DROP \mid X(i-1) < TH_DROP \}. \tag{8}
 \end{aligned}$$

여기서 $M = vt/d_s$ 이다. v 는 단말의 속도이고 t 는 T_TDROP타이머를 초기화할 때까지의 시간이다. 식(5)-(8)을 이용하여 다음과 같이 활성 집합에 기지국 A만이 포함되어 있을 확률인 $P_A(n)$ 과

기지국 B만 포함되어 있을 확률인 $P_B(n)$ 과 기지국 A, B가 모두 포함되어 있을 확률인 $P_{AB}(n)$ 을 구할 수 있다.

$$P_A(n) = P_{AB}(n-1) P_{AB \rightarrow A}(n) + P_A(n-1) (1 - P_{A \rightarrow AB}(n)). \tag{9}$$

$$P_B(n) = P_{AB}(n-1) P_{AB \rightarrow B}(n) + P_B(n-1) (1 - P_{B \rightarrow AB}(n)). \tag{10}$$

$$P_{AB}(n) = P_A(n-1) P_{A \rightarrow AB}(n) + P_B(n-1) P_{B \rightarrow AB}(n) + P_{AB}(n-1) (1 - P_{AB \rightarrow A}(n) - P_{AB \rightarrow B}(n)). \tag{11}$$

따라서 단말이 기지국A로부터 기지국 B로 이동한다고 할 때 활성 집합에 포함되어지는 기대값 N_{active} 와 활성 집합이 갱신되는 기대값인 N_{update} 를 식 (13),(14)로 표현할 수 있다. 또한, 단말과 기지국 사

이의 호를 유지할 수 있는 파일럿 신호의 최저치를 T_QUIT이라고 정의하여, 파일럿 신호의 강도가 T_QUIT 아래로 떨어질 확률인 P_{QUIT} 를 식 (15)와 같이 구할 수 있다.

$$N_{active} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [P_A(i) + P_B(i) + 2P_{AB}(i)]. \tag{13}$$

$$N_{update} = \sum_{i=1}^N P_A(i-1)P_{A \rightarrow AB}(i) + P_B(i-1)P_{B \rightarrow AB}(i) + P_{AB}(i-1)(P_{AB \rightarrow A}(i) + P_{AB \rightarrow B}(i)). \tag{14}$$

$$P_{QUIT}(n) \equiv P_A(n) \Pr\{S_a(n) < T_QUIT \mid X(n) < T_ADD\} \\ + P_B(n) \Pr\{S_b(n) < T_QUIT \mid X(n) < T_ADD\} \\ + P_{AB}(n) \Pr\{S_a(n) < T_QUIT\} \Pr\{S_b(n) < T_QUIT\}. \tag{15}$$

5. 시뮬레이션과 결과 분석

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

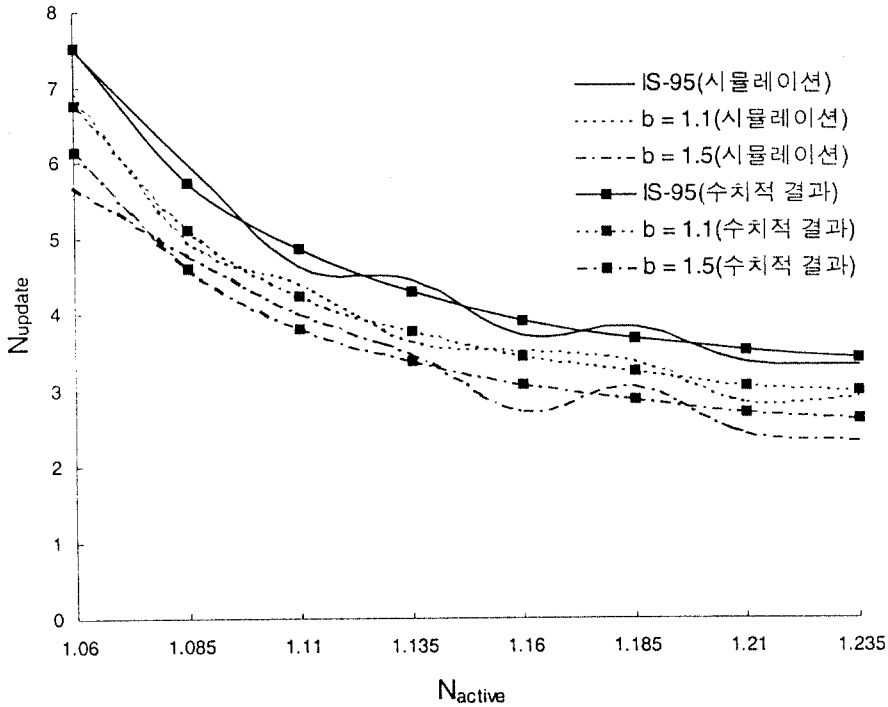
- 신호의 강도는 식(4)에서 제시한 방법에 의해 계산한다.
- 시뮬레이션 모델은 3장에서 제시한 모델과 같다.
- 새롭게 발생하는 호와 핸드오프 호는 포아송(Poisson) 분포를 따른다.
- 발생한 호가 채널을 잡고 있는 상태는 지수(Exponential) 분포를 따른다.
- 단말의 이동은 균일(Uniform) 분포를 가지고 방향을 선택한다.
- 단말의 이동 속도는 일정하다.

<표 1> 시뮬레이션 파라미터

인수	값
셀의 수	2
CMR	0.1 ~ 0.9
호 도착 시간 분포	포아송 분포
호 도착 시간 분포의 평균	1 분 ~ 10 분
호 지속 시간 분포	지수 분포
호 지속 시간 분포의 평균	1 분 ~ 10 분
단말의 이동 방향 분포	균일 분포
단말의 이동 속도	일정
a	1
b	1.1, 1.5

단말의 속도를 일정하게 보기 때문에 발생호 대 이동성 비율(CMR : Call to Mobility Ratio)로 단말의 이동성을 표현한다. CMR은 단위 시간동안 발생하는 호의 평균 횟수를 단위 시간동안 위치를 변경하는 평균 횟수로 나눈 것이다. 호가 발생할 평균 비율을 λ 하고, 등록된 위치 즉 현재의 셀에서 호를 유지할 평균 비율을 μ 하면 CMR은 λ / μ 로 주어진다. 즉, CMR 값이 낮다는 것은 단말의 이동성이 아주 높다는 것을 말한다. 단말의 이동성이 높아지므로 새 핸드오프 호의 강제 종료율은 선형적인 증가를 보이겠지만 핸드오프 호의 강제 종료율은 기하급수적으로 증가하게 될 것이다. 즉, 호 도착 시간 분포인 포아송 분포의 평균값이 일정하고 호 지속 시간 분포의 평균값이 증가하면 CMR 값은 낮아지게 되고 결국 이동성이 높아진다는 것을 의미한다. 호 지속 시간의 평균이 증가한다는 것은 단말이 통화하는 시간이 길어진다는 것을 의미하게 되고, 단말의 이동 속도가 일정할 경우 단말이 현재 서비스 받고 있는 셀에서 다른 셀로 이동할 확률이 높아지게 되는 것이다. 이 곳에서 사용된 시뮬레이션 파라미터들을 정리하면 <표 1>과 같다.

시뮬레이션의 결과로 <그림 5> 는 T_TDROP타이머의 값에 따라 식 (13)에서 구한 활성 집합에 포함될 기지국의 평균 수(N_{active})와 식 (14)에서 구한 활성 집합이 갱신되는 기대치(N_{update})의 수가 어떻게 변하는지를 구한 식에 따른 수치적 결과와 시뮬레이션을 통한 값을 통해 비교한 것이다. T_TDROP의 값을 6에서 20까지 변화시킴에 따라 N_{update} 값은 약 2 배정도 작아짐을 볼수 있고, N_{active} 값은 약간 증가함



<그림 5> T_TDROP 타이머에 따른 Nactive 값과 Nupdate 값의 상관 관계

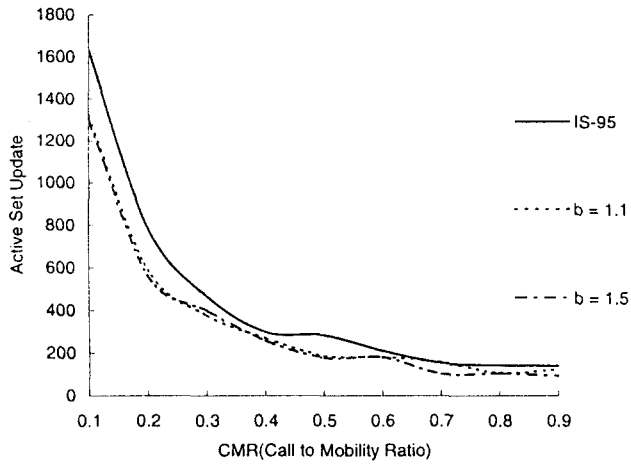
을 볼 수 있다. 그러나, 제안한 알고리즘은 핸드오프한 경력에 의해 T_ADD 임계치를 변경하므로 활성 집합에 포함되는 것을 강제로 줄이는 것으로 현재 활성 집합에 포함된 기지국의 수와는 많은 상관 관계를 나타내지는 않는다. 따라서, <그림 5>에서 보는 것과 같이 IS-95에 의한 핸드오프 알고리즘과 제안한 핸드오프 알고리즘과의 차이가 대략 1개 정도 밖에 차이가 없음을 알 수 있다.

<그림 6>은 활성 집합이 얼마나 자주 갱신되는가를 보여준다. 활성 집합의 갱신이라 함은 이동 중인 단말이 지금 자신이 속해 있는 기지국 외에 다른 기지국으로부터 신호가 어떤 임계치를 넘어서 여러 기지국의 트래픽 채널을 동시에 사용하는 경우다.

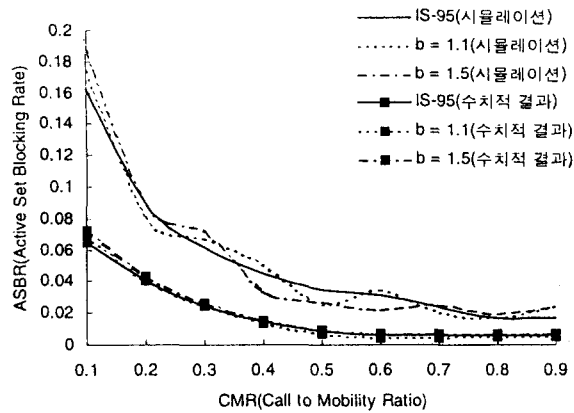
<그림 6>에서 b 는 T_ADD 임계치 값을 감소시키는 파라미터다(<표 1> 참조). CMR 값을 0.1 부터 0.9까지 표현한 것은 1 이후에는 이동성이 호 발생에 비해 비교적 적으므로 망이 안정 상태로 호에 대한 강제 종료율이 비교적 낮은 경우이다. 마찬가지로 단말의 프로필을 이용한 핸드오프가 IS-95보다 활성 집합의 갱신율이 꾸준히 낮게 나타남을 알 수

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.

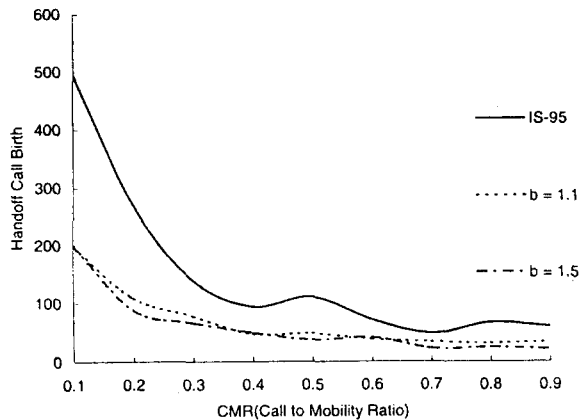
<그림 7>는 이동 단말이 셀의 경계에 위치해 다른 셀을 활성 집합에 포함시키려고 할 때 가용한 자원이 없거나 신호의 강도가 T_DROP 이하로 떨어져 활성 집합으로 포함시킬 수 없는 블로킹 발생률을 나타낸다. CMR 값이 0.35부터 0.75 사이인 경우 단말의 프로필을 이용한 소프트 핸드오프 알고리즘이 IS-95보다 성능이 좋음을 나타낸다. 대부분의 이동통신 시스템의 경우의 이동성을 0.5 정도로 가정한다면, 다시 말해 단말이 호를 해제하지 않은 상태에서 한번 정도의 핸드오프를 한다고 하면, 단말의 프로필을 이용한 소프트 핸드오프 알고리즘은 비교적 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있다. 수치적 결과는 식 (15)에서 구한 P_{OUT} 의 평균값을 나타낸다. 시뮬레이션에 의해 구해진 값이 수치적 결과보다 크게 나타남은 가용한 채널의 유무에 의해서도 블로킹됨을 나타내기 때문이다.



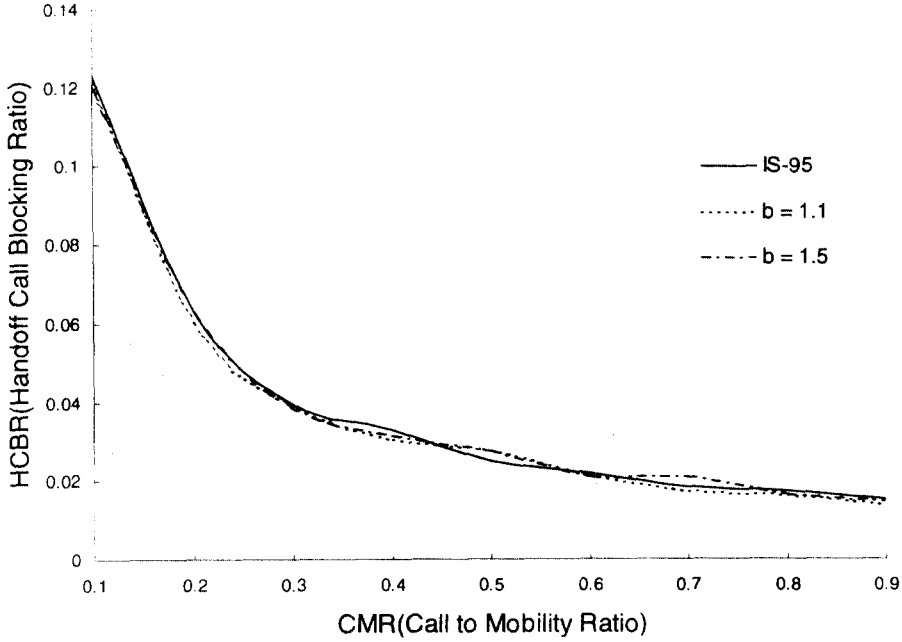
<그림 6> CMR 에 따른 활성 집합의 갱신 빈도



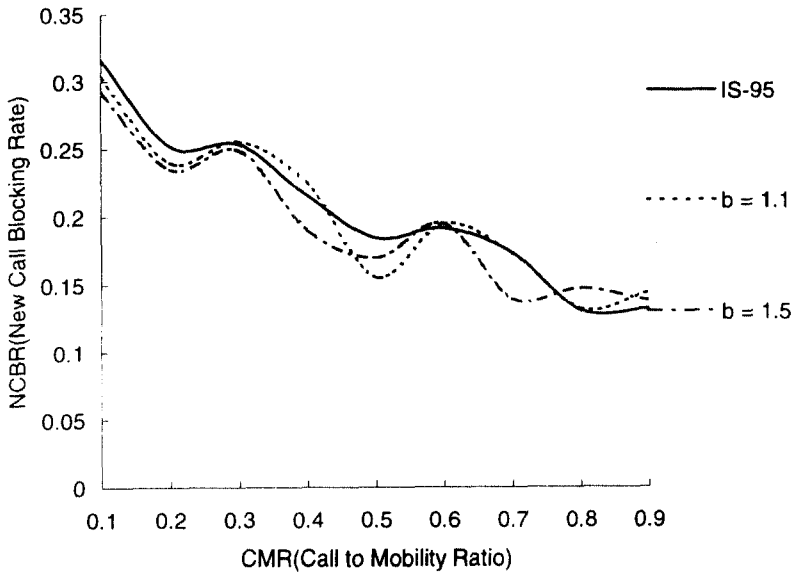
<그림 7> CMR 에 따른 활성 집합의 블록킹률



<그림 8> CMR 에 따른 핸드오프 호의 발생 빈도



<그림 9> CMR 에 따른 핸드오프 호의 블록킹 빈도



<그림 10> CMR 에 따른 새로운 호의 블록킹률

<그림 8>은 CMR변화에 따른 핸드오프 호의 발생빈도를 나타낸 것이다. 이를 통해 제안된 알고리즘이 IS-95와 비교하여 훨씬 적은 수의 핸드오프 호를 요구하게 된다는 것을 관찰할 수 있다. <그림 9>은 핸드오프 호가 블록킹 되는 빈도수(블록킹 되면 강제로 종료되므로 강제 종료 빈도수를 의미)를 나타낸다. IS-95 핸드오프 알고리즘과 거의 같은 성능을 보임을 알 수 있다. 그러나 핸드오프 호를 요구하는 비율이 작아지게 되므로 핸드오프 호의 강제 종료율이 같아져도 자원의 낭비는 훨씬 적게 될 것이다.

<그림 10>은 새로운 호의 강제 블록킹 비율을 나타낸다. 이를 통해 이동성이 높아짐에 따라 IS-95에서 제시한 소프트 핸드오프 알고리즘보다 단말의 프로필을 이용한 소프트 핸드오프 알고리즘이 좋은 성능을 가짐을 알 수 있다.

6. 결론

본 논문에서는 IS-95에서 제시되고 구현되어 있는 소프트 핸드오프 알고리즘에 대해 알아보았다. IS-95에서 구현된 소프트 핸드오프 알고리즘에서 사용자가 셀의 경계점에서 계속 왕복할 경우 계속되는 핸드오프와 활성 집합에 포함된 기지국수가 줄어들지 않게 되므로 자원의 낭비를 초래하게 되는데 이러한 자원의 낭비를 막기 위한 새로운 알고리즘인 단말의 프로필을 이용한 소프트 핸드오프 알고리즘을 제안하고 이의 성능을 분석하였다. 제안한 알고리즘은 매우 간단하고 IS-95에 적용하기에 수월한 반면 단말이 셀의 경계점에서 계속 왕복할 경우와 단말의 이동성이 높을 경우에 성능 향상을 보임을 알 수 있다. 이러한 단말의 프로필을 이용한 핸드오프 알고리즘은 셀의 크기가 작아짐에 따라 더욱 효과를 나타낼 것이다.

참고문헌

1. N. Zhang, J.M.Holtzman, "Analysis of Handoff Algorithms Using Both Absolute and Relative Measurement", *IEEE Trans. on Vehicular Tech.*, Vol.45, No.1, February 1996.
2. N. Zhang, J.M.Holtzman, "Analysis of a CDMA Soft Handoff Algorithm", *Proceeding of PIMRC'95*, September 1995, pp.819-823.
3. 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.
4. C.Y.Choi, K.F. Cheung, "Sequential Handoff Algorithm for Cellular Mobile Communication", *IEEE GLOBECOM'97*, 1997, pp.716-719.
5. R.Ramjee, D.Towsley, R.Nagarajan, "On Optimal Call Admission Control in Cellular Networks", *ACM Wireless Networks*, No.3, 1997, pp.29-41.
6. X.H.Chen, "A Novel Adaptive Load Shedding Scheme for CDMA Cellular Mobile Systems", *Proc. SINGAPORE ICCS'94*, 1994, pp.556-570

● 저자소개 ●



최덕규

1966년 서울대학교 공과대학 원자력공학과 학사.
 1984년 미국 Wright 주립대 전산학 석사.
 1989년 미국 Massachusetts 주립대 전산학 박사.
 경력 국방과학연구소 책임연구원, 고등기술연구원 연구위원.
 현재 아주대학교 정보 및 컴퓨터공학부 교수, 한국시물레이션학회 회장.
 관심 분야 High speed LAN, ATM, Mobile Computing-protocols and performance

조영종

1983년 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1985년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사)
 1989년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학박사)
 1985년~1988년 금성전기연구소 연구원
 1989년~1995년 LG정보통신 중앙연구소 ATM 교환연구실 실장(책임연구원)
 1991년 Bell Lab 파견연구원
 1996년~현재 아주대학교 정보 및 컴퓨터공학부 조교수
 관심 분야 컴퓨터네트워크, 초고속통신망, 무선통신망, 무선ATM

정다위

1997년 아주대학교 컴퓨터공학과 학사
 1999년 아주대학교 컴퓨터공학과 석사
 현 재 아주대학교 컴퓨터공학과 박사 과정
 관심 분야 ATM, WATM, Mobile IP, 이동 통신