

Soft Handoff 발생 빈도를 줄이기 위하여 단말기의 이동 속도를 고려한 새로운 Soft Handoff Algorithm

정희원 최 우 용*

A New Soft Handoff Algorithm with the Pilot Signal Thresholds Adjustment according to the Speed of the Mobile Station

Woo-Yong Choi* *Regular Member*

요 약

기존의 음성 서비스뿐만 아니라 데이터, 화상 등의 이동통신에 대한 수요가 증가함에 따라 단위 서비스 면적 당 기지국의 서비스 용량을 증가 시키기 위해 기지국의 서비스 반경은 점점 줄어드는 추세이다. 그런데 기지국의 서비스 반경이 줄어들 수록 handoff의 요구 수는 증가하고 이에 따라서 서비스 품질은 나빠지며 handoff를 처리하기 위해 발생하는 부하는 증가하게 된다. 본 연구에서는 handoff의 발생횟수를 줄이고자 하는 기존의 방법을 살펴보고 특히 soft handoff시에 새로운 기지국의 pilot을 add하거나 기존의 pilot을 drop할 때 사용하는 pilot strength threshold를 사용자의 이동 속도에 따라서 조절함으로써 soft handoff의 발생횟수를 줄이는 새로운 방법을 제안하고자 한다.

ABSTRACT

As smaller cells are deployed to meet the demands for increased capacity, the number of cell boundary crossings increases. Each handoff requires network resources to direct the calls to a new base station, and the service quality may be degraded with the increased number of handoffs. In this paper, we survey the existing handoff methods for the reduction of the number of unnecessary handoffs and a new soft handoff algorithm will be proposed to change the pilot strength thresholds according to the speeds of the mobile stations.

I. 서 론

이동 통신 시스템에서 단말기가 하나의 기지국에서 다른 기지국의 서비스 영역으로 이동할 때 새로운 기지국에서의 지속적인 서비스를 위해 트래픽 채널(Channel Element)을 새로이 할당하는 과정을 handoff라 한다. 기존의 음성 서비스뿐만 아니라 데이터, 화상 등의 이동통신에 대한 수요가 증가함에 따라 단위 서비스 면적 당 기지국의 서비스 용량을 증가 시키기 위해 기지국의 서비스 반경은 점점 줄

어드는 추세이다.^[1] 그런데 기지국의 서비스 반경이 줄어들수록 handoff의 요구 수는 증가하고 이에 따라서 서비스 품질은 나빠지며 handoff를 처리하기 위해 발생하는 부하는 증가하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 handoff의 발생횟수를 줄임으로써 서비스 품질을 향상시키고자 하는 다양한 handoff algorithm이 제안되어 왔다.^[1-6]

최근에는 두개의 계층으로 구성되어 있는 서로 다른 크기의 셀을 구성함으로써 빨리 움직이는 사용자에 대해서 handoff 발생횟수를 줄이고자 하는 연구가

* 현대전자 통신연구소(wychoi@hei.co.kr)

논문번호 : 98430-0929, 접수일자 : 1998년 9월 29일

활발히 진행되고 있다. 하지만 이 방법은 micro cell과 macro cell사이의 handoff를 처리해야 하는 등 현재의 셀의 구조와 handoff를 처리하는 algorithm의 많은 수정이 요구된다. 특히 macro cell과 micro cell사이에 대역 폭을 할당하는 방법으로써 서로 disjoint하게 대역 폭을 할당하는 방법이 가장 좋은 방법으로 [8]에서 밝혀졌는데 이 방법을 사용할 경우 macro cell과 micro cell사이의 handoff는 hard handoff가 되어 서비스 품질이 나빠질 가능성이 커지게 된다. 또한 multitier cell을 구축하는 다른 대안으로써 CDMA이외에 TDMA를 이용하는 방법이 [8]에서 제안되어 있으나 CDMA를 이용하는 이동 통신 시스템에는 적합하지 않다고 생각된다. 본 연구에서는 handoff의 발생횟수를 줄이고자 하는 기존의 방법을 살펴보고 특히 soft handoff시에 새로운 기지국의 pilot을 add하거나 기존의 pilot을 drop할 때 사용하는 pilot strength threshold를 사용자의 이동 속도에 따라서 조절함으로써 soft handoff의 발생횟수를 줄이는 새로운 방법을 제안하고자 한다. 새로이 제안된 soft handoff algorithm은 사용자의 이동 속도만 구할 수 있다면 비교적 간단한 방법으로 구현될 수 있다는 장점이 있는데 이동 속도를 구하는 방법은 다음 절에서 소개하기로 한다.

II. Handoff Rate을 줄이는 기존의 방법들

Handoff를 구현하는 방법으로서 hard handoff와 soft handoff 방식이 있는데 CDMA 이동 통신 시스템에서는 soft handoff 방식이 구현되어 있다. Soft handoff 방식에서는 서비스 중인 단말기가 두개의 인접한 기지국의 서비스 영역에 동시에 머무르는 동안 단말기는 두개의 기지국으로부터 서비스를 받는다. Soft handoff 방식에 의하면 단말기가 새로운 기지국으로의 handoff를 요청할 때 단말기는 새로운 기지국의 pilot을 add하고 이후에 얼마의 시간동안 두개의 기지국으로부터 동시에 서비스를 받다가 새로운 기지국의 서비스 영역으로 완전히 이동한 후에 비로소 이전의 기지국의 pilot을 drop함으로써 hard handoff에서 발생하는 ping pong현상을 방지하는 등 서비스의 품질이 향상되는 장점이 있다. 기존의 hard handoff 수행 방법으로써 다음을 들 수 있다.^[1]

- Relative signal strength
- Relative signal strength with threshold
- Relative signal strength with hysteresis
- Relative signal strength with hysteresis and

threshold

- Relative signal strength with timer
 - Direction biased handoff algorithm with hysteresis
- 위의 hard handoff 방식에서 handoff 발생빈도를 줄이기 위하여 threshold, hysteresis level, timer가 사용되는데 soft handoff 방식에도 handoff 발생빈도를 줄이기 위하여 적용될 수 있다. 위의 각 방법에 대한 설명은 다음과 같다.

Relative signal strength: 이 방식에 의하면 단말기는 항상 인접한 기지국 중에서 signal strength가 가장 큰 기지국으로부터 서비스를 받게 된다. 현재 서비스를 받고 있는 기지국이 서비스 품질을 유지하기에 충분하여도 인접한 기지국으로부터의 signal strength가 더 크면 그 기지국으로의 handoff를 수행하게 된다. 따라서 불필요한 handoff가 발생하고 또한 ping pong 현상이 많이 발생한다.

Relative signal strength with threshold: 기존의 기지국으로부터의 signal strength가 어떤 threshold이하가 될 때까지는 handoff를 하지 않는 방식으로써 불필요한 handoff를 줄이는 효과가 있는데 threshold가 너무 작을 경우 호가 drop되는 현상이 발생하므로 threshold를 정하기 위하여 정확한 분석이 필요하다.

Relative signal strength with hysteresis: 단말기가 새로운 기지국의 서비스 영역으로 접근할 때 새로운 기지국으로부터의 signal strength가 기존의 기지국의 signal strength보다 어떤 값 (hysteresis level) 이상 크지 않으면 handoff를 하지 않는 방식으로써 ping pong 현상을 방지하는 효과를 가지는 것으로 알려져 있다. 이 때 hysteresis level이 너무 크면 호가 중간에 drop될 가능성이 커지므로 hysteresis level을 결정하기 위한 정확한 분석이 필요하다.

Relative signal strength with hysteresis and threshold: 단말기가 새로운 기지국의 서비스 영역으로 이동할 때 기존의 기지국으로부터의 signal strength가 어떤 threshold보다 작고 새로운 기지국으로부터의 signal strength가 기존의 기지국의 signal strength보다 어떤 hysteresis level이상을 때에만 handoff를 하는 방식이다.

Relative signal strength with timer: 이 방식에 의하면 새로운 기지국으로부터의 signal strength가 기존의 기지국의 signal strength보다 어떤 주어진 시간동안 계속 큰 값을 가질 때에만 handoff를 허용한다.

Direction biased handoff algorithm with hysteresis: 이 algorithm은 어떤 단말기가 어떤 기지국으로 가까이 가는지 혹은 멀어지고 있는지에 대한 정보가 주

어져 있다고 가정한다. 인접한 기지국으로부터의 signal strength를 측정하여 가까이 가는 기지국에 대해서는 멀어져 가는 기지국보다 더 작은 hysteresis level을 줌으로서 가까이 가는 기지국으로의 handoff를 장려하는 방식이다.

Hard handoff의 발생빈도를 줄이기 위하여 사용된 threshold, hysteresis level, timer등은 soft handoff의 algorithm을 구현할 때도 적용될 수 있는데, IS-95의 soft handoff 방식은 threshold, hysteresis level, timer를 이용하여 구현되어 있다.[10] 단말기로부터 인접한 기지국은 pilot strength를 기준으로 active set, candidate set, neighbor set으로 나누어서 관리된다. Active set은 현재 단말기를 서비스하는 기지국의 집합이고, candidate set은 pilot strength가 서비스를 수행하기에 충분히 크지만 아직 active set에 있지 않은 기지국의 집합이고, neighbor set은 아직 active set에도 candidate set에도 속하지 않지만 handoff로 인하여 candidate set에 속할 가능성이 있는 기지국의 집합이다. 이러한 세 개의 기지국의 집합에 변화가 생길 가능성이 있으면 단말기는 기지국에 Pilot Strength Measurement Message를 보낸다. 그리고 기지국은 단말기에 의해 측정된 pilot strength의 정보를 바탕으로 세 개의 집합을 변화 시켜서 Handoff Direction Message를 통해서 단말기에 통보한다. 단말기가 Pilot Strength Measurement Message를 기지국에 보내는 경우는 다음의 세가지로 나누어 진다.

- Active set에 없는 새로운 기지국의 pilot strength가 T_ADD보다 클 때
- Candidate set에 있는 기지국의 pilot strength가 기존의 active set에 있는 기지국의 pilot strength보다 어떤 hysteresis level, $T_COPM \times 0.5$ dB 보다 클 때
- Active set에 있는 기지국의 pilot strength가 어떤 주어진 시간, T_TDROP 동안 계속해서 T_DROP 이하로 유지될 때

단말기가 새로운 기지국의 서비스 영역으로 이동할 때 새로운 기지국으로부터의 pilot strength가 어떤 threshold, T_ADD 보다 크면 새로운 기지국의 pilot를 active set에 넣어 새로운 기지국으로부터의 서비스를 시작한다. 그리고 기존의 기지국의 pilot strength가 어떤 threshold, T_DROP보다 작으면 즉시 기존의 기지국의pilot를 active set에서 제외하지 않고 timer를 작동하여 일정시간동안 기존의 기지국의 pilot strength가 주어진 threshold보다 계속 작을 때 비로소 그 기지국을 active set에서 제외시켜서 기존의 기지국으로부터의 서비스를 더 이상 받지 않게 된다.

Active set으로 관리할 수 있는 기지국의 수는 어떤 값으로 제한되어 있다. 만약 candidate set에 있는 기지국의 pilot strength가 active set에 있는 기지국의 pilot strength보다 어떤 hysteresis level 이상 크면 candidate set의 새로운 기지국을 active set에 넣기 위하여 기존의 active set에 있는 기지국보다 우선적으로 고려한다.

여기서 T_ADD를 크게 할 수록 그리고 T_DROP을 작게 할 수록 soft handoff의 발생빈도를 줄일 수 있다. 왜냐하면 T_ADD가 크질 수록 새로운 기지국으로의 handoff가 잘 일어나지 않고 T_DROP이 작을수록 한번 add된 기지국은 active set에 오래 머무르게 되기 때문이다. T_DROP이 작을수록 active set에 있는 기지국의 평균 개수는 커지는데 일반적으로 active set의 평균 크기가 커질 수록 handoff의 발생빈도는 줄어든다. [1] Timer를 이용함으로써 active set의 평균 크기가 커지는데 마찬가지로 handoff의 발생빈도가 줄어든다. 가까이 가는 기지국으로의 handoff를 장려하는 방식을 CDMA 시스템의 soft handoff에 적용할 경우 단말기가 두개 이상의 기지국으로부터 서비스를 받는 시간을 줄임으로써 soft handoff에 의한 부하를 줄이는 효과를 가진다.[6]

일반적으로 기지국의 서비스 반경이 작을수록 무선구간에서의 서비스 품질은 향상되고 단위 면적 당 서비스 용량은 커진다. 특히 데이터나 화상을 서비스하기 위해서는 용량의 증가가 필수적이므로 기지국의 서비스 반경은 작아지는 추세이다. 하지만 기지국의 반경이 작아지면 잦은 handoff로 인하여 호가 서비스 중에 끊어질 확률이 증가하고 handoff를 처리하기 위한 부하가 증가하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 최근에 multitier cell 개념이 제안되었다.[2, 4, 8, 9] 이것은 서비스 반경이 큰 기지국 (macro cell) 과 서비스 반경이 작은 기지국 (micro cell) 이 혼재하는 구조로서 서비스 반경이 큰 기지국의 서비스 영역 내에 작은 서비스 반경의 기지국이 여러 개 존재한다. 이동 속도가 큰 단말기는 macro cell에 할당되어 서비스되고 이동 속도가 작은 단말기는 micro cell에 할당된다. 이렇게 함으로써 이동 속도가 큰 단말기의 경우 handoff의 시도수가 줄어들고 이동 속도가 작은 단말기는 적절한 수의 handoff를 요청하게 되며 micro cell에서 서비스를 받음으로써 서비스 품질은 좋은 상태를 유지하게 된다. 이러한 개념은 3개 이상의 tier의 cell 개념으로 확장될 수 있을 것이다. 3개의 tier일 때 각각의 tier에서 서비스를 받기 위한 단말기의 이동 속도의 범위를 구하기 위한 효

과적인 방법은 [4] 에서 연구되었다.

Multitier cell의 개념의 이동 통신 시스템에서 handoff control을 위해 필요한 가장 중요한 정보는 단말기의 이동 속도이다. 단말기의 이동 속도를 구하는 방법으로 크게 두 가지가 있는데 단말기가 기지국의 서비스 영역에 머무르는 시간을 이용하는 방법 [4]과 Doppler 효과를 이용하는 방법 [7]이 있다. 여기서는 Doppler 효과를 이용하는 방법을 소개하고자 한다. 이 방법은 단말기가 두개의 안테나를 이용하여 받아들인 신호 중에 signal strength가 큰 신호를 선택하는 diversity selection을 수행한다고 가정하고 있다. 일반적으로 Doppler frequency, f_D 와 단말기의 이동속도 v 는 다음의 관계를 가진다.

$$f_D = v/\lambda \tag{1}$$

즉 Doppler frequency, f_D 를 구함으로써 단말기의 이동 속도를 구할 수 있다.(위의 식에서 λ 는 전파의 파장이다.) 다음의 그림 1과 같이 two-branch diversity selection에 의하여 단말기는 두개의 신호 E1, E2 중 큰 신호를 선택할 것이다. 특히 Rayleigh fading 조건 하에서 two-branch diversity selection에 의해 선택한 신호가 한 신호에서 다른 신호로 바뀌는 branch switching이 일어날 수 있다.

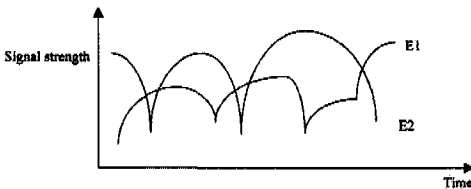


그림 1. Rayleigh fading 조건하에서의 branch selection

그림 1에서 branch switching은 5번 일어나는데 이러한 branch switching의 발생율을 N_{BS} 라 할 때 [7]에 의하면 N_{BS} 와 f_D 는 다음의 관계를 가진다.

$$N_{BS} \approx 1.3f_D \tag{2}$$

따라서 식 (1)과 (2)를 이용하면 N_{BS} 로부터 단말기의 이동 속도 v 를 다음의 식으로 예측할 수 있다.

$$v = N_{BS}\lambda/1.3$$

III. 새로운 Soft Handoff Algorithm 제안

Multitier cell의 개념을 이용한 방법은 단말기의 이

동 속도에 따라서 macro cell이나 micro cell에 의해 서비스를 수행함으로써 이동 속도가 빠른 단말기와 느린 단말기의 handoff 요구수를 적절한 값으로 유지시키는 매우 효율적인 방식으로 생각된다. 하지만 기존의 통신 시스템을 multitier cell로 바꾸는 데는 많은 작업이 필요할 것이다. 기존의 cell을 micro cell과 macro cell로 나누어서 새로 설치하기 위하여 cell planning을 새로 해야 하고 특히 호의 서비스 중에 단말기의 이동 속도가 변하는 경우 micro cell에서 macro cell로 혹은 macro cell에서 micro cell로의 handoff를 수행해야 하는데 이를 위해서는 handoff algorithm의 많은 수정이 필요할 것이다. 특히 macro cell과 micro cell사이에 대역 폭을 할당하는 방법으로 서로 disjoint하게 대역 폭을 할당하는 방법이 가장 좋은 방법으로 [8] 에서 밝혀졌는데 이 방법을 사용할 경우 macro cell과 micro cell사이의 handoff는 hard handoff가 되어 서비스 품질이 나빠질 가능성이 커지게 된다. 또한 multitier cell을 구축하는 다른 대안으로써 CDMA이 외에 TDMA를 이용하는 방법이 [8] 에서 제안되어 있으나 CDMA를 이용하는 이동 통신 시스템에는 적합하지 않다고 생각된다.

본 연구에서 제안하게 될 새로운 soft handoff algorithm은 단말기의 이동 속도에 따라서 soft handoff시에 기지국의 pilot을 add할 때나 drop할 때 필요한 pilot strength threshold인 T_ADD 와 T_DROP 을 변화 시킴으로써 비교적 간단한 방법으로 handoff의 영역을 조절하여 handoff의 발생빈도를 감소시키고자 한다. 여기서 handoff 영역은 기지국의 서비스 영역이 서로 겹치는 지역으로써 handoff 영역에 위치한 단말기는 서비스 영역이 서로 겹치는 인접한 기지국으로부터 동시에 서비스를 받는다. 일반적으로 handoff의 영역이 작을 수록 handoff의 발생빈도는 작아지는데 handoff의 영역이 너무 작으면 soft handoff시에 새로운 기지국으로부터 서비스를 시작하기 전에 기존의 기지국으로부터의 pilot strength가 너무 작아져서 호가 끊어질 가능성이 높아진다. 따라서 적절한 크기의 handoff 영역이 필요한데 단말기의 이동 속도가 빠를수록 더 넓은 handoff 영역이 필요하다. 이것은 새로운 기지국으로부터의 서비스를 시작하기 위하여 필요한 시간을 t 라할 때 단말기의 이동 속도가 너무 빠르면 새로운 기지국의 서비스를 시작하기 전에 (t 시간 이내) handoff 영역을 벗어나서 기존의 기지국의 pilot을 drop하게 되기 때문이다. 기지국의 pilot을 add할 때와 drop할 때의 pilot strength threshold인 T_ADD 와 T_DROP 을 작게 하면 기지국

의 서비스 영역은 커지고 따라서 handoff 영역은 커진다. 단말기의 이동 속도에 따라서 T_ADD 와 T_DROP 을 조절하여 이동 속도가 빠를 수록 handoff 영역이 넓어지고 이동 속도가 느릴수록 handoff 영역이 줄어들도록 할 것이다. 이렇게 하면 이동 속도가 느린 단말기의 경우 handoff 요구 수가 기존의 것보다 훨씬 줄어들 것으로 예상된다. 왜냐하면 이동 속도가 느린 단말기의 경우 기존의 것에 비하면 handoff 영역이 줄어들고 따라서 handoff 영역에 머무르는 절대적인 시간이 줄어들게 될 것이기 때문이다. 이동 속도가 빠른 단말기에 대한 pilot strength threshold가 T_ADD_F , T_DROP_F 이고 이동 속도가 느린 단말기에 대한 pilot strength threshold가 T_ADD_S , T_DROP_S 라고 하자. 그런데 기존의 통신 시스템은 이동 속도가 빠른 단말기를 기준으로 설계되었을 것이므로 T_ADD_F 와 T_DROP_F 는 기존의 값과 같게 두어도 될 것이다. 그리고 단말기의 속도는 2절에서 설명한 diversity selection을 이용한 방법으로 단말기에서 측정할 수 있다고 가정한다. 이동 속도가 느린가 빠른가의 기준은 단말기의 이동 속도가 어떤 값 T_V 보다 작은지 큰지에 의해 결정된다고 하자.

이제 본 연구에서 제안하는 soft handoff algorithm을 설명할 것이다. 단말기가 호를 시도하면 즉시 단말기는 자신의 이동 속도를 측정한다. 이 때의 단말기의 이동 속도를 v 라 하자. 만약 v 가 T_V 보다 작거나 같으면 이 단말기는 속도가 느린 단말기로서 handoff threshold를 T_ADD_S , T_DROP_S 로 하여 이후의 handoff를 진행할 것이다. 그리고 v 가 T_V 보다 크면 이 단말기는 속도가 빠른 단말기로서 handoff threshold를 T_ADD_F , T_DROP_F 로 하여 이후의 soft handoff를 진행해 나갈 것이다. 호의 진행 중에 어떤 시간 INC_T 마다 주기적으로 단말기는 자신의 이동 속도를 측정하여 속도가 빠르니 느린지에 대한 자신의 상태를 계속 update해 나간다고 하자. 이 때 속도가 빠른 상태에서 느린 상태로 혹은 속도가 느린 상태에서 빠른 상태로의 상태의 변화가 발생할 수 있는데 속도가 빠른 단말기가 속도가 느린 단말기로 상태가 변화하기 위해서는 적어도 일정 시간 CHG_T 동안 단말기의 이동 속도 v 가 T_V 보다 계속해서 작아야 한다고 하자. 이것은 timer의 개념을 도입한 것으로써 도심지의 이동 차량과 같이 속도의 변화가 심한 사용자의 경우 단말기의 이동 속도의 잦은 상태 변화를 방지하고자 하는 것이다. 이상의 soft handoff algorithm을 다음과 같이 정리하고자 한다.

Soft Handoff Algorithm

1. 단말기에서 호가 시작될 때 속도를 저장하기 위한 memory를 clear하고 현재의 단말기의 이동 속도 v 를 측정하여 memory에 저장한다.
2. v 가 T_V 보다 크면 단말기의 상태는 F이고 v 가 T_V 보다 작거나 같으면 S로 한다. 단말기의 상태가 F이면 handoff threshold를 T_ADD_F , T_DROP_F 로 하고, 단말기의 상태가 S이면 handoff threshold를 T_ADD_S , T_DROP_S 로 한다.
3. 호의 유지 시간동안 일정한 시간 INC_T 마다 단말기의 이동 속도 v 를 측정하여 memory에 저장한다.
4. 현재의 단말기의 상태가 F인 경우 속도를 새로 측정할 때 현재의 속도와 과거의 속도를 보아서 일정 시간 CHG_T 동안 계속해서 속도가 T_V 보다 작거나 같으면 단말기의 상태를 S로 변화시킨다. 현재의 단말기의 상태가 S인 경우 속도를 새로 측정할 때 새로 측정된 속도가 T_V 보다 크면 단말기의 상태는 F로 바뀐다. 단말기의 상태가 F이면 handoff threshold를 T_ADD_F , T_DROP_F 로 하고, 단말기의 상태가 S이면 handoff threshold를 T_ADD_S , T_DROP_S 로 한다.

앞의 soft handoff algorithm을 적용하기 위해서는 새로 호를 시작할 때와 단말기 이동 속도의 상태가 S에서 F 혹은 F에서 S로 변할 때 Pilot Strength Measurement Message를 인접한 기지국에 보내어서 pilot strength와 단말기의 이동 속도의 상태 (F 혹은 S)를 보고해야 한다. 그리고 기지국은 단말기가 보낸 정보를 바탕으로 active set, candidate set, neighbor set을 변화시키는 등 handoff control를 수행해야 할 것이다. 본 절에서 설명한 soft handoff algorithm은 T_ADD_F , T_DROP_F , T_ADD_S , T_DROP_S , T_V , CHG_T 에 의해 결정되는데 soft handoff algorithm을 적용할 때 생기는 추가적인 부하를 줄이기 위해서 이러한 parameter는 적절한 값으로 설정되어야 하는데 설정 방법은 다음 절에서 다루기로 하자.

IV. Soft Handoff Parameter 설정 방법

단말기의 상태가 바뀔 때 인접한 기지국과의 통화로는 다시 설정되거나 해제되어야 한다. 예를 들어 단말기의 상태가 F에서 S로 바뀌면 active set에 속한 기지국 중 pilot strength threshold의 변화로 인하여 더 이상 active set에 속하지 않게 되는 기지국이 있을 수가 있는데 이러한 기지국에 대해서는 통화로가 해제되어야 한다. 단말기의 상태가 S에서 F로 바뀔 때

는 인접한 기지국 중에 새로운 통화로를 설정해야 하는 경우가 발생할 수 있다. 왜냐하면 threshold의 변화로 인하여 기지국의 서비스 영역이 넓어지기 때문이다. 단말기의 이동 속도의 상태 변화로 인한 이러한 추가적인 부하는 도심지역과 같이 차량의 이동 속도가 심하게 변하는 경우 심각한 문제일 수 있다. 따라서 T_V 와 CHG_T 를 적절한 값으로 설정하여 단말기의 상태가 너무 자주 변하지 않도록 해야 할 것이다. 만약 T_V 를 통화 중인 도보자와 막힘이 없이 계속 이동 중인 차량을 구분하는 속도 즉 통화 중인 도보자의 최대 속도라고 한다면 도보자가 통화 중에 차량을 탄다거나 뛰지 않는다면 단말기의 상태가 S에서 F로 변하는 일은 매우 적다고 예측할 수 있다. 왜냐하면 도보자와 차량의 일반적인 속도 사이에는 대략 수십 km/h이상의 차이가 있는데 도보자의 이동 속도가 이러한 차이를 뛰어 넘어 변하는 일은 거의 없을 것이기 때문이다. 그리고 CHG_T 를 적절한 값으로 설정하면 단말기의 상태가 F에서 S로 변하는 경우가 충분히 작아지도록 할 수 있을 것이다. 일반적으로 CHG_T 가 클수록 F에서 S로의 상태 변화는 작운데 CHG_T 가 너무 크면 제시한 soft handoff algorithm이 단말기의 이동 속도의 변화를 고려하지 못하는 결과를 초래할 수 있다. CHG_T 의 값을 구하는 한 가지 방법으로써 차량이 교통신호 중에 평균적으로 정차하는 시간을 이용할 수 있다. 이렇게 하면 도심 지역에서 정체가 없이 움직이는 차량의 경우 신호등에 의해서만 정지상태에 있을 수가 있는데 이 경우 호의 진행 중에 교통신호에 의하여 차량이 정지 상태에 있다고 하더라도 차량이 다시 움직일 때까지 단말기의 이동 속도의 상태는 변하지 않을 것이다.

표 1. $T_ADD_F, T_DROP_F, T_ADD_S, T_DROP_S, T_V, CHG_T$ 의 값을 설정하는 방법

handoff parameter	설정방법
T_ADD_F	기존의 T_ADD 이용
T_DROP_F	기존의 T_DROP 이용
T_V	도보자의 최대 이동 속도(약 5km/h)
T_ADD_S	T_V 의 값에 의해 결정
T_DROP_S	T_V 의 값에 의해 결정
CHG_T	차량의 교통신호에 의한 평균 정차 시간(약 30초)

위의 soft handoff algorithm에서 T_ADD_F, T_DROP_F 는 기존의 threshold 인 T_ADD 와 T_DROP

의 값과 같게 할 수 있을 것이다. 왜냐하면 기존의 soft handoff algorithm은 이동 속도가 빠른 단말기를 기준으로 설계되었을 것이기 때문이다. T_ADD_S, T_DROP_S 는 T_V 의 값이 클수록 작은 값으로 설정되어야 하는데 이 것은 앞에서 설명한 대로 속도가 빠른 단말기의 경우 더 넓은 handoff영역이 필요하기 때문이다. 표1은 $T_ADD_F, T_DROP_F, T_ADD_S, T_DROP_S, T_V, CHG_T$ 의 값을 설정하는 방법을 요약한 것이다.

다음 절에서는 4절에서 제시한 soft handoff algorithm에 의한 soft handoff rate의 감소 효과를 이론적으로 분석할 것이다.

V. Soft Handoff Algorithm 분석

이동 속도가 빠른 사용자에게 대해서는 기존의 방법과 같이 soft handoff가 이루어 지므로 여기서는 이동 속도가 느린 사용자에게 대해서 제안한 soft handoff algorithm에 의한 handoff 발생빈도의 감소 효과를 살펴보고자 한다. N 개의 셀로 구성된 서비스 영역을 생각해 보자. 기지국의 원래의 서비스 영역은 T_ADD 와 T_DROP 에 의해 정의되는데 T_ADD_S 와 T_DROP_S 에 의해서 기지국의 서비스 영역은 작아지고 따라서 handoff 영역이 줄어드는 것을 알 수 있다. 2개의 기지국에 의해 동시에 서비스가 이루어 질 수 있는 handoff 영역을 2-way handoff 영역이라고 하고 3개의 기지국에 의해 서비스가 이루어 지는 handoff 영역을 3-way handoff 영역이라 하자. T_ADD 와 T_DROP 에 의해 정의된 2-way와 3-way의 handoff 영역이 전체 서비스 영역에 대해 차지하는 비율을 R_2 와 R_3 라 하고 T_ADD_S 와 T_DROP_S 에 의해 각각의 handoff 영역이 전체 서비스 영역에 대해 차지하는 비율은 r_2 와 r_3 로 줄어든다 하자.

호의 시작부터 호가 끝날 때까지 움직이지 않는 사용자를 생각해 보자. 이러한 사용자에게 의하여 각 기지국에 발생하는 호의 도착률을 λ 라하고 호 유지 시간은 평균이 $1/\mu$ 인 지수 분포를 따른다 하자. 그러면 원래의 2-way handoff 영역에서 서비스를 받는 호의 평균 개수는 $\Omega_2 = R_2 N \lambda / \mu$ 이고 원래의 3-way handoff 영역에서 서비스를 받는 호의 평균 개수는 $\Omega_3 = R_3 N \lambda / \mu$ 이다. 그리고 3절의 soft handoff algorithm을 적용하면 2-way handoff 영역과 3-way handoff 영역에서 서비스를 받는 호의 평균 개수는 각각 $\omega_2 = r_2 N \lambda / \mu$ 과 $\omega_3 = r_3 N \lambda / \mu$ 이 된다. 2 (혹은 3)-way handoff 영역에서 호를 시작했

든지 혹은 2 (혹은 3)-way handoff 영역에 들어온 사용자가 나머지 호 유지 시간동안 계속해서 2 (혹은 3)-way handoff 영역에 머무르는 시간을 T_2 (혹은 T_3) 라 하자. 그런데 정지된 사용자의 경우 지수 분포의 memoryless property에 의하여 $T_2 = T_3 = 1/\mu$ 이다. 따라서 Little's law에 의하여 원래의 2-way handoff 영역과 3-way handoff 영역에서 2-way handoff와 3-way handoff의 발생률은 각각 $\lambda_2 = \Omega_2 / T_2 = R_2 N \lambda$ 와 $\lambda_3 = \Omega_3 / T_3 = R_3 N \lambda$ 이고 handoff의 전체 발생률은 $A = \lambda_2 + \lambda_3 = (R_2 + R_3) N \lambda$ 이며 3절의 soft handoff algorithm에 의한 handoff의 전체 발생률은 $\Gamma = (r_2 + r_3) N \lambda$ 이 된다. 즉 3 절에서 제안된 soft handoff algorithm에 의해서 handoff 영역이 줄어들기 때문에 handoff의 발생빈도가 작아지리라는 것을 알 수 있다. 여기서 handoff의 발생빈도가 작아지는 비율 γ 를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\gamma = \Gamma / A = (r_2 + r_3) / (R_2 + R_3)$$

만약 사용자가 완전히 정지해 있지 않고 움직인다면 각 handoff 영역에 머무르는 잔여 호 유지 시간 (T_2, T_3) 은 handoff 영역이 작을수록 작아질 것이다. 이러한 효과로 인하여 완전히 정지해 있지 않은 사용자의 경우 handoff 발생빈도가 작아지는 비율 γ 는 조금 크질 것으로 예측된다.

VI. 결 론

기존의 음성 서비스뿐만 아니라 데이터, 화상 등의 multimedia 이동통신에 대한 수요가 증가함에 따라 지지국의 서비스 환경은 점점 줄어들어 가는 추세이다. 지지국의 서비스 환경이 작아질수록 soft handoff의 요구 수는 커지게 되고 따라서 handoff로 인한 큰 부하가 이동 통신 시스템에 발생한다. 이러한 현상은 사용자의 이동 속도가 커질수록 심해지는데 사용자의 이동 성향에 따라 handoff를 하는 방식을 다르게 함으로써 handoff의 발생빈도를 줄이는 handoff algorithm에 대한 연구가 진행되어 왔다. 그 중에 하나로써 multitier cell을 설치하여 사용자의 이동 속도에 따라 속도가 빠른 사용자는 macro cell에서 서비스를 하고 속도가 느린 사용자는 micro cell에서 서비스를 하는 방법이 있다. 하지만 이 방법은 기존의 이동 통신 시스템의 셀의 구조와 handoff를 처리하는 algorithm에 대해 많은 수정이 요구될 것으로 예상된다. 본 연구에서는 단말기의 이동 속도에 따라 pilot

strength threshold를 다르게 설정함으로써 soft handoff의 발생빈도를 줄이기 위한 새로운 soft handoff algorithm을 제시하였다. 그리고 새로운 soft handoff algorithm을 사용함으로써 추가로 발생하는 부하를 줄이기 위한 algorithm parameter를 설정하는 방법을 또한 제시하였다. 도심 지역에서는 도보자와 같이 느리게 움직이는 사용자와 차량을 이용해서 빠르게 움직이는 사용자가 혼재하는데 제안된 soft handoff algorithm은 특히 속도가 느린 사용자에게 대해서 soft handoff의 발생빈도를 상당히 줄임으로써 handoff로 인해서 이동 통신 시스템에 가해지는 부하를 상당히 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

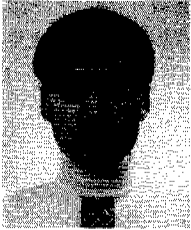
- [1] G. P. Pollini, "Trends in handover Design", *IEEE Communications Magazine*, pp.82-90, 1996.
- [2] B. Jabbari, "Teletraffic Modeling and Analysis of Flexible Hierarchical Cellular Networks with Speed-Sensitive Handoff Strategy", *IEEE J. S.A.C.*, pp.1539-1548, 1997.
- [3] S. S. Rappaport and L.-R. Hu, "Microcellular Communication Systems with Hierarchical Macrocell Overlays: Traffic performance and Analysis", *Proc. IEEE*, pp.1383-1397, 1994.
- [4] C. W. Sung and W. S. Wong, "User Speed Estimation and Dynamic Channel allocation in Hierarchical cellular system", *VTC '94*, pp.91-95, 1994.
- [5] D. Zeghlache, "Aggressive Algorithm for Mobile Networks", *VTC '94*, pp.87-90, 1994.
- [6] M. D. Austin and G. L. Stuber, "Direction Biased Handoff Algorithms for urban Microcells", *VTC '94*, pp.101-105, 1994.
- [7] K. Kawabata, T. Nakamura and E. Fukuda, "Estimating velocity Using Diversity Reception", *VTC '94*, pp.374, 1994.
- [8] C.-L. I, L. J. Greenstein and R. D. Gitlin, "A Micro/Macrocell Cellular Architecture for Low- and High-Mobility Wireless Users", *IEEE J. S.A.C.*, pp.885-891, 1993.
- [9] K. I. Park and Y.-B. Lin, "Reducing Registration Traffic for Multitier Personal Communications Services", *IEEE Trans. Veh. Tech.*, pp.597-602,

1997.

- [10] TIA/EIA Interim Standard, "Mobile Station - Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System", TIA/EIA/IS-95.

최 우 응(Woo-Yong Choi)

정회원



1992년 2월 : 포항공과대학교 산업공학과 졸업 (공학사)

1994년 2월 : 포항공과대학교 산업공학과 대학원 졸업 (공학석사)

1997년 8월 : 포항공과대학교 산업공학과 대학원 졸업 (공학박사)

1997년 8월~1997년 10월 : 포항공과대학교 산업공학과 위촉연구원

1997년 11월~현재 : 현대전자 통신연구소 선임연구원