

셀룰러 CDMA 시스템을 위한 커버리지와 무선자원의 결합형 관리 기법

준회원 염 동 화*, 정회원 어 윤**, 정회원 강 창 순*

Joint Coverage and Radio Resource Management Scheme for Cellular CDMA Systems

Dong Hwa Youm* Associate Member, Yoon Uh** Regular Members, Chang Soon Kang* Regular Members

요 약

셀룰러 CDMA 시스템에서 특정 셀 영역에 트래픽 부하가 급증할 경우 기지국에서 할당할 수 있는 무선자원 부족으로 인하여 통화품질과 무선자원 사용효율이 급격하게 저하되는 문제가 발생한다. 본 논문에서는 이와 같은 문제를 개선하기 위하여 기지국 송신전력을 제어하는 대신 핸드오버 파라미터를 조정하여 과부하가 발생한 홈셀의 커버리지는 가상적으로 줄이고 인접셀의 커버리지는 가상적으로 확대시켜 과부하 트래픽을 고속으로 핸드오버 시킴으로써 통화품질을 개선할수 있을 뿐만 아니라, 핸드오버 발생 확률에 기반하여 무선자원을 할당함으로써 불필요한 핸드오버에 의한 무선자원 낭비를 개선할수 있는 커버리지와 무선자원의 결합형 관리 기법을 제안한다. 특히 제안하는 기법은 기존 CDMA 시스템에 직접 적용이 가능할 뿐만 아니라 차세대 이동통신시스템에서 요구하는 적응형 무선자원 및 커버리지 관리방안을 설계하는데 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

Key Words : Coverage; Resource Management; Handover; QoS; CDMA Cellular

ABSTRACT

An abrupt increase of traffic-load in cellular CDMA systems can cause overload, as a result, degrade the quality of service (QoS) and the spectrum utilization due to lacking radio resources in base stations. In this paper, we propose a joint coverage and resource management (JCRM) scheme which can improve the QoS degradation and the spectrum utilization. The JCRM scheme hands over the overloaded traffic to neighboring cells by virtually reducing overloaded cell coverage and extending neighboring cell coverage, as well the scheme allocates radio resources based on the necessary handover probability. The proposed scheme can be applied to the existing cellular CDMA systems as well as adaptive coverage management schemes for next generation mobile communication systems.

I. 서 론

최근 이동통신 사용자의 급격한 증가로 인하여 통화품질 개선과 함께 한정된 무선자원의 효율적 활용 방안에 대한 필요성이 증대하고 있다. 셀룰러

CDMA 시스템에서 무선자원을 효율적으로 활용하기 위한 무선자원 관리 기술로 핸드오버, 전력제어, 호 수락 제어, 부하제어 등의 기술이 사용된다[1]. 이러한 기술 중에서 소프트 핸드오버는 이동국의 셀간 이동시 끊김 없는 통화를 보장하고 역방향 링

* 창원대학교 대학원 정보통신공학과 이동통신연구실 (diebad@changwon.ac.kr, cskang@sarim.changwon.ac.kr),

** 창원대학교 대학원 정보통신공학과 무선기술연구실 (uhyoon@changwon.ac.kr)

논문번호 : KICS2004-06-060, 접수일자 : 2004년 6월 8일

※이 논문은 2003년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음. (KRF-2003-041-D00409)

크 커버리지를 실질적으로 확장시키는 특징이 있다 [2].

그러나 셀룰러 CDMA 시스템에서 불필요한 소프트 핸드오버는 무선자원 낭비를 초래할 뿐만 아니라 특정 셀 영역 (커버리지)에 트래픽 부하가 급증할 경우 기지국에서 할당할 수 있는 무선자원 부족으로 인하여 통화품질이 급격하게 저하되는 문제가 발생한다. 그러므로 불필요한 핸드오버를 줄이고 트래픽 부하가 급증할 경우에도 적절한 통화품질을 유지할 수 있는 소프트 핸드오버 제어 기술이 필요하다.

핸드오버 제어를 위한 기존 연구들로는 핸드오버 파라미터를 가변하여 커버리지를 제어함으로써 과부하 셀 내의 트래픽 일부를 트래픽 밀도가 낮은 인접 셀로 핸드오버 시키는 기법이 있다[3][4]. 또한 현재 IS-95B와 cdma2000 시스템에서 불필요한 핸드오버를 줄이기 위하여 동적문턱값 방식의 핸드오버 제어 기법이 사용되고 있다[5]. 그러나 선행 연구에서 전자의 방법은 갑작스러운 이동국 증가로 인한 트래픽 불균형을 완화 시킬 수는 있지만, 필요 핸드오버뿐만 아니라 불필요 핸드오버까지 포함하여 소프트 핸드오버를 수행함으로써 무선자원 낭비를 초래할 수 있다. 후자의 방식에서는 동적 문턱값을 정하는데 있어 이동통신 환경의 채널상태, 전파 전파 특성 등을 고려하지 않아 문제로 지적된다.

본 논문에서는 이와 같은 문제점들을 개선하기 위하여 기지국이 관리하는 순방향 전력 할당 상태에 기초하여 소프트 핸드오버 영역과 순방향 할당 전력을 동시에 관리하는 커버리지와 무선자원의 결합형 관리 (Joint Coverage and Radio Resource Management: JCRM) 기법을 제안한다. 제안하는 방안은 셀룰러 CDMA 시스템에서 셀의 과부하가 발생할 경우 핸드오버 발생 확률에 기반하여 무선자원을 할당하고, 동시에 셀 커버리지를 가상으로 줄여 (핸드오버 영역을 가상으로 확장) 인접 셀로 트래픽을 핸드오버 시킨다. 제안하는 JCRM 기법을 셀룰러 CDMA 시스템에 적용할 경우 불필요한 핸드오버 발생을 낮춰 무선자원의 효율적 활용을 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라, 통화품질을 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 셀룰러 CDMA 시스템의 소프트 핸드오버, 전력 할당 방법 및 셀 커버리지에 대해 살펴보고, 3장에서는 JCRM 기법에 대해 기술한다. 4장에서는 시뮬레이션 및 결과를 고찰하며, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 시스템 모델

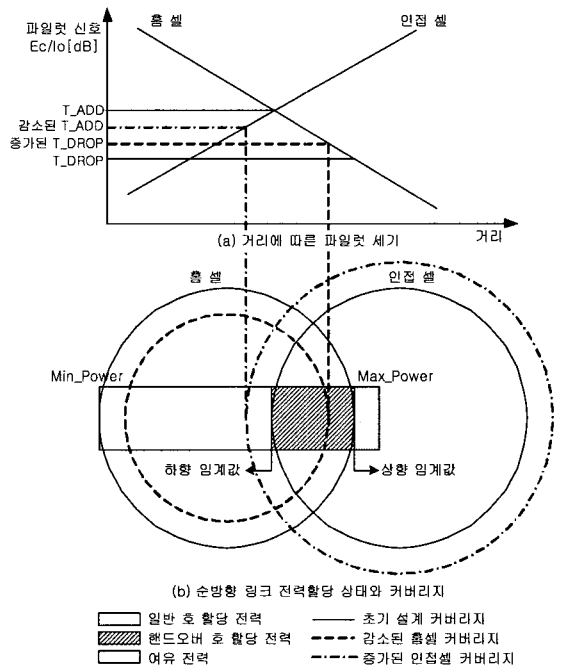


그림 1. 셀룰러 CDMA 시스템의 커버리지 및 무선자원 관리 모델

그림 1은 IS-95기반 셀룰러 CDMA 시스템에서 거리에 따른 파일럿 신호 세기 (파일럿 세기), 전력 할당 방법 및 셀 커버리지를 나타낸다. 이와 같이 주어진 시스템에서 소프트 핸드오버는 순방향 링크의 파일럿 세기와 미리 설정된 핸드오버 파라미터 (T_ADD , T_DROP)를 비교하여 결정한다.

그림 1(a)는 이동국에서 수신하는 거리에 따른 파일럿 세기를 보여준다. 그림에서 홈 셀은 이동국이 현재 서비스 받고 있는 셀을 말하고, 인접 셀은 홈 셀 주변의 기지국으로부터 수신되는 파일럿 세기가 가장 큰 셀을 말한다. 셀룰러 CDMA 시스템에서 소프트 핸드오버는 이동국이 수신하는 파일럿 세기에 의해 결정된다. 이동국은 항상 인접 셀 파일럿 세기를 감시하며 새로운 기지국에서 수신한 파일럿 세기가 T_ADD 값 보다 크면 핸드오버를 요청하게 된다. 또한 이동국이 속한 홈 셀의 파일럿 세기가 T_DROP 이하로 낮아지면 타이머가 동작하여 그 값이 T_TDROP 에 이르면 홈 셀과 연결을 단절하고

핸드오버가 종료된다.

그림 1(b)는 셀룰러 CDMA 시스템의 순방향 링크 전력 할당 상태와 셀 커버리지를 나타낸다. 순방향 링크는 파일럿 채널, 동기 채널, 호출 채널, 트래픽 채널로 구성되며 기지국에서는 채널의 정보가 각 이동국에게 적절한 품질로 도달할 수 있도록 필요한 전력을 할당한다. 이와 같은 채널 중에서 파일럿 채널, 동기 채널, 호출 채널에는 일정한 전력을 할당하는 반면 트래픽 채널용 전력은 이동통신 채널 상태, 통화량, 간섭 특성 등의 변화에 따라 할당 전력이 가변적이다. 따라서 셀 내에 트래픽이 없을 경우 할당되는 전력 상태를 그림 1(b)에서는 Min_Power 라 하고, 트래픽 채널에 할당할 수 있는 최대 전력 상태를 Max_Power 라 한다. 하향 임계값과 상향 임계값은 셀룰러 CDMA 시스템의 순방향 과부하 제어에 사용되는 전력 할당 상태 파라미터이다. 하향 임계값은 핸드오버 호 단절을 줄이기 위한 신규 호에 대한 수락거부 임계치를 나타내고, 상향 임계값은 과부하가 발생했음을 알리는 임계치를 나타낸다.

III. 커버리지와 무선자원의 결합형 관리 기법

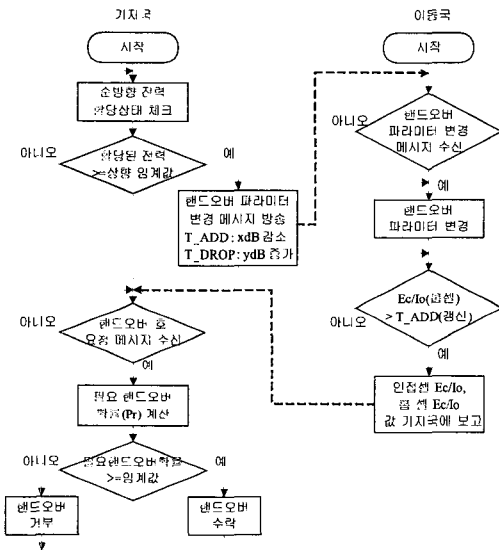


그림 2. 커버리지와 무선자원의 결합형 관리 (JCRM) 기법

순방향 링크 셀 커버리지는 이동국이 수신하는 파일럿 세기에 따라 결정되기 때문에 핸드오버 파라미터 변경을 통하여 커버리지 조정이 가능하다.

그림 1과 같은 셀룰러 시스템에서 특정 셀 내에 트래픽 부하가 급증할 경우 트래픽 채널에 할당가능한 무선자원 부족으로 인하여 통화품질이 급격하게 저하되는 문제가 발생한다[6]. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 셀 내의 트래픽 상태에 따라 셀 커버리지를 가변하는 방안이 있다.

트래픽 급증으로 인하여 발생하는 통화품질 저하를 해결하기 위한 기존의 트래픽 과부하 제어 기법은 핸드오버 파라미터를 변경함으로써 소프트 핸드오버 영역을 확장시켜 트래픽 부하를 분산시켰다. 그러나 기존의 방안에서는 소프트 핸드오버 영역 확장으로 트래픽 부하를 분산 시키는 효과는 있으나, 불필요 핸드오버와 필요 핸드오버 구분 없이 핸드오버를 수행함으로써 무선자원 낭비를 초래하였다. 특히 이동국들이 홈 셀로부터 수신하는 파일럿 세기가 충분함에도 불구하고 인접 셀로 핸드오버됨에 따라 무선자원 낭비를 가중시킬 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 커버리지와 무선자원의 결합형 관리 (JCRM) 기법을 제안한다.

그림 2에서와 같이 기지국은 주기적으로 순방향 전력 할당 상태를 체크하여 여유 할당 전력이 있을 경우 트래픽 채널을 할당하게 된다. 만약 홈 셀에서 통화량 증가 등으로 인하여 할당 전력이 상향 임계값을 초과하게 되면 기지국은 셀 내의 모든 이동국들에게 핸드오버 파라미터 변경을 요구한다. 파라미터 변경 요구 메시지를 수신한 이동국은 그림 1(a)에서와 같이 미리 설정되어 있는 핸드오버 파라미터 중 T_ADD 값을 x dB 낮추고 T_DROP 값을 y dB 높이는 절차를 수행한다.

파라미터 변경을 완료한 후 이동국은 인접 셀로부터 수신된 파일럿 세기가 변경된 T_ADD 값을 초과할 경우 홈 셀 기지국에게 홈 셀과 인접 셀에서 수신한 파일럿 세기를 보고한다. 기지국에서는 이동국이 수신하여 보고한 홈 셀 및 인접 셀의 파일럿 세기와 변경된 홈 셀 핸드오버 파라미터를 이용하여 필요 핸드오버 확률을 계산한다. 계산 결과 값이 규정된 값을 초과하면 핸드오버를 수락하고 트래픽 채널용 전력을 할당한다. 반면 필요 핸드오버 확률이 임계값 미만일 경우 핸드오버 요청을 거부하게 된다.

이와 같은 알고리즘을 셀룰러 CDMA 시스템에 적용할 경우 특정 셀 내에 급증하는 트래픽에 대해 적응적으로 커버리지를 조정할 뿐만 아니라, 불필요한 핸드오버를 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

IV. 시스템 성능 평가

제안하는 JCRM 기법을 시스템 모델 (그림 1)에 적용하여 성능을 평가하기 위하여 핸드오버 확률을 정의하고 시뮬레이션 환경을 설명한다. 무선자원 사용 효율을 나타내는 불필요 핸드오버 확률과 통화 품질의 척도로 서비스 불가 확률 (outage probability)을 이용하여 기존의 소프트 핸드오버 기법[5] 및 트래픽 과부하 제어 방식[3]과 JCRM의 성능을 비교한다. 본 논문에서는 이동국이 수신한 파일럿 세기가 임계값 (T_{min}) 이하이거나, 하나의 트래픽 채널에 할당 가능한 전력이 초과되었을 경우 발생하는 호의 비를 서비스 불가 확률로 정의한다.

4.1 핸드오버 확률

이동국이 i 번째 기지국으로부터 수신한 전력을 dB단위로 나타내면 다음과 같다[7].

$$R_i = K - 10\mu \log r_i + \zeta_i \text{ [dB]} \quad (1)$$

여기서 K 는 기지국이 전송하는 전력과 관련된 전파 상수이며, r 은 각 기지국과 이동국간의 거리, μ 는 경로손실 지수인자를 각각 나타낸다.

이동국이 해당 위치에서 홈 셀과 인접 셀로부터 수신한 전력은 각각 R_0 와 R_1 이다. 대규모 페이딩 환경에서 경로손실 외의 음영손실에 의한 dB 손실은 ζ 로 나타내며 평균 0, 표준편차 σ 를 가지는 가우스 분포를 따른다고 가정한다. 두 개 이상의 기지국 또는 이동국간의 전파손실은 결합 가우스 확률 밀도로 가정한다. 이와 같은 dB 손실은 임의의 구성요소로 표현할 수 있으며 핸드오버의 통계적 해석을 위하여 순방향 링크 전파환경에 페이딩 효과로 적용한다. 따라서 i 번째 기지국 ($i=0,1,2,\dots$)으로부터 수신되는 신호의 손실 요소 중 음영손실을 정의하면 다음과 같다.

$$\zeta_i = a\xi + b\xi_i, \quad a^2 + b^2 = 1 \quad (2)$$

이때,

$$\begin{aligned} E(\zeta_i) &= E(\xi) = E(\xi_i) = 0, \\ \text{Var}(\zeta_i) &= \text{Var}(\xi) = \text{Var}(\xi_i) = \sigma^2 \text{ for all } i, \\ E(\xi\xi_i) &= 0 \text{ for } i, \quad E(\xi_i\xi_j) = 0 \text{ for } i \text{ and } j, i \neq j. \end{aligned}$$

이다.

그리고 두 개의 기지국 i 와 j 에서 겪는 음영손실의 정규화된 상관계수는 다음과 같다.

$$\frac{E(\zeta_i\zeta_j)}{\sigma^2} = a^2 = 1 - b^2 \quad (3)$$

여기서 $a^2 = b^2 = \frac{1}{2}$ 라고 가정한다.

1) 소프트 핸드오버 확률 (Probability of soft handover)

핸드오버 발생은 이동국이 수신한 인접 셀 파일럿 세기에 의존하므로 핸드오버 발생 확률은 전파 모델과 셀 모델을 이용하여 나타낼 수 있다[8]. 이동국이 수신하는 파일럿 세기와 핸드오버 파라미터로 나타나는 핸드오버 발생 확률을 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_{h/o} &= \Pr\{R_1 > T_{add} - \Delta x\} \\ &= \Pr\{K - 10\mu \log r_1 + \zeta_1 > T_{add} - \Delta x\} \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2/2} \cdot \left\{ Q \left[\frac{T_{add} - \Delta x - K + 10\mu \log r_1 - a\alpha x}{b\sigma} \right] \right\} dx \end{aligned} \quad (4)$$

여기서

$$Q(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2/2} dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{-y} e^{-x^2/2} dx,$$

$\zeta_0 = \zeta_1 = \dots = \zeta_i$, Δx 는 T_{ADD} 변화량, Δy 는 T_{DROP} 변화량을 각각 나타낸다.

2) 필요 소프트 핸드오버 확률 (Probability of necessary soft handover)

홈 셀의 파일럿 세기가 T_{DROP} 이하이고 인접 셀 파일럿 세기가 T_{ADD} 이상일 경우 발생하는 핸드오버를 필요 핸드오버로 정의하며 이를 확률로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_{n/h/o} &= \Pr\{R_0 < T_{drop} + \Delta y, R_1 > T_{add} - \Delta x\} \\ &= \Pr\{K - 10\mu \log r_0 + \zeta_0 < T_{drop} + \Delta y, \\ &\quad K - 10\mu \log r_1 + \zeta_1 > T_{add} - \Delta x\} \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2/2} \cdot \left\{ \left(Q \left[\frac{T_{add} - \Delta x - K + 10\mu \log r_1 - a\alpha x}{b\sigma} \right] \right) \right. \\ &\quad \cdot \left. \left(1 - Q \left[\frac{T_{drop} + \Delta y - K + 10\mu \log r_0 - a\alpha x}{b\sigma} \right] \right) \right\} dx \end{aligned} \quad (5)$$

4.2 시뮬레이션 방법 및 성능 평가

1) 시뮬레이션 방법

시뮬레이션에는 2000미터의 동일한 반경을 가지는 9개의 2차원 셀 토폴로지를 사용한다. 각 셀 중심에 위치하는 기지국에서 전송하는 신호 세기는 모든 셀에서 동일한 것으로 간주한다. 이러한 셀 환경에서 발생하는 신규 호는 포아송 분포를 따르고, 이동국 초기 위치는 전체 셀에서 균일하게 분포한다고 가정한다. 생성된 호가 종료되기까지의 호 지속 시간은 시간에 따라 지수적으로 변하는 값으로 결정되며 평균 호 지속 시간은 180초이다. 생성된 이동국의 속도는 최소 10km/h에서 최대 50km/h 사이에서 임의로 선택된다. 이후 이동국은 0에서 360 사이 값을 갖는 균일분포에 따라 이동 방향이 바뀐다. 각 셀에서 통화중인 평균 이동국 수를 시간에 따라 나타내면 그림 3과 같다.

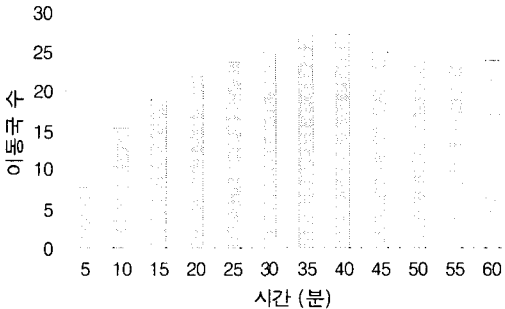


그림 3. 시간에 따른 셀 별 평균 이동국

시뮬레이션에서 채널 할당은 고정 채널 할당 방식을 따른다. 하나의 기지국에서 할당 가능한 전체 트래픽 채널의 전력은 10W이며, 각 트래픽 채널에 할당 할 수 있는 최대 전력은 1W로 가정한다. 그리고 하나의 음성 호에 할당되는 최소 (초기 할당) 전력은 0.3W로 둔다. 따라서 셀 내에서 하나의 기지국이 수용할 수 있는 최대 이동국 수는 30명이며 그 이상일 경우 과부하가 발생한 것으로 본다.

성능 평가를 위해 사용한 시스템 파라미터는 (표 1)과 같다. 시뮬레이션은 핸드오버 파라미터인 Δx , Δy 를 각각 (0, -2, -4), (0, 2, 4)로 변경하여 수행한다. Δx 는 T_ADD 변화량을 나타내고 Δy 는 T_DROP의 변화량을 나타낸다.

표 1. 시스템 파라미터

파라미터 설명	값
기지국 셀 수	9
셀 당 최대 이동국 수	30
이동국 분포	균일분포
이동국 이동속도 최소값 (km/h)	10
이동국 이동속도 최대값 (km/h)	50
평균 호 지속시간 (s)	180
기지국 트래픽채널 최대 전력 (W)	10
음성 호 할당 최소 전력 (W)	0.3
음영손실 표준편차 (dB)	6
경로감쇄 상수 (μ)	4
T_ADD (dB)	-14
T_DROP (dB)	-16
T_TDROP (s)	5
T_min (dBm)	-105
필요 핸드오버 확률 임계값	0.9

2) 성능 평가

그림 4는 9개의 셀로 구성되는 셀룰러 CDMA 시스템에서 셀 당 이동국 수에 따른 핸드오버 발생 확률을 보여준다. ($\Delta x=0, \Delta y=0$)은 IS-95기반 핸드오버 방식을 나타내고, Conv 1,2는 기존 트래픽 과부하 제어 방식을 나타낸다[3]. 그리고 JCRM 1, 2는 본 논문에서 제안하는 과부하 제어 방식을 의미한다. 2장에서 살펴본 시스템 모델 (그림 1)에와 같이 핸드오버 파라미터 중 Δx 감소, Δy 증가는 핸드오버 영역을 확장시켜 핸드오버 발생 확률을 높인

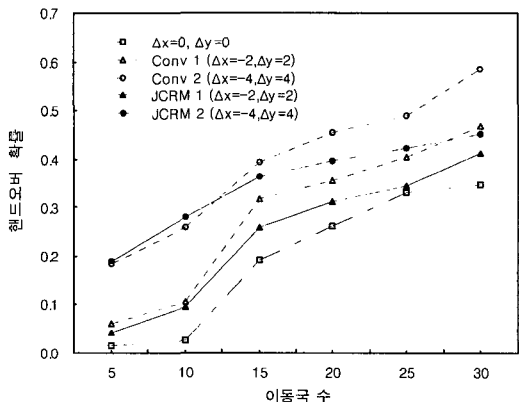


그림 4. 셀 별 이동국 수에 따른 핸드오버 확률

다. 그림에서 이동국 수가 30일 때 Δx 를 (-2, -4), Δy 를 (2,4)로 변경하면, 기존 과부하 제어 방식의 경우 IS-95 기반 핸드오버 방식에 비해 핸드오버 발생 확률이 각각 12%, 24%씩 증가하였다. 또한 JCRM 기법을 적용한 경우 발생하는 핸드오버는 IS-95 방식에 비해 각각 7%, 10%씩 증가함을 알 수 있다.

그림 5는 셀 당 이동국 수에 따른 불필요 핸드오버 발생 확률을 보여준다. 이동국 수가 증가할수록 불필요 핸드오버 발생 확률이 높아지며, 제안하는 JCRM 기법의 경우 다른 방식과 비교해 볼 때 성능이 크게 개선되는 것을 알 수 있다. 예를 들면, 이동국 수가 30일 때 (과부하 상태에 근접) 불필요 핸드오버 발생 확률은 IS-95 기반 핸드오버 방식에서 27%로 나타났다. 이것은 이동국 수가 30일 때 약 8명의 사용자에게 불필요 핸드오버가 발생함을 의미한다. 핸드오버 파라미터를 ($\Delta x = -4, \Delta y = 4$)로 조정할 경우 불필요 핸드오버 확률은 기존 알고리즘에서 22%인 반면, JCRM 기법에서는 13%로 나타났다. 따라서 JCRM 기법을 적용할 경우 IS-95 기반 핸드오버 방식에 비해서는 14%, 기존 알고리즘에 비해서는 9% 정도 성능이 개선되어 무선자원 사용 효율이 높아졌음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 JCRM 기법에서는 셀 내에 트래픽 과부하 발생시 필요 핸드오버 확률을 고려해 핸드오버를 수행하였기 때문이다.

그림 6은 셀 당 이동국 수에 따른 서비스 불가 확률을 나타낸다. 제안하는 JCRM 기법의 경우 서비스 불가 확률이 다른 방식과 비교해 볼 때 현저히 낮아지는 것을 알 수 있다. 특히 이동국 수가 30일 경우 서비스 불가 확률은 IS-95 기반 핸드오버 방식에서 29%로 나타났다. 이것은 이동국 수가 30일 경우 약 9명의 통화품질이 악화된다는 것을 의미한다. 또한 핸드오버 파라미터를 ($\Delta x = -2, \Delta y = 2$)로 조정할 경우 기존 알고리즘에서 서비스 불가 확률은 18%인 반면 JCRM 기법을 적용하였을 경우 10% 이하를 보여준다. 이러한 결과를 통해 볼 때 IS-95 기반 핸드오버 방식에 비해서는 최대 20%, 기존 알고리즘에 비해서는 8% 정도 통화품질이 개선되었음을 알 수 있다. 이는 그림 6에서 보는 바와 같이 불필요 핸드오버에 사용되는 무선자원을 과부하 셀 내의 이동국들에게 할당함으로써, 이동국 급증에 따른 무선자원 부족 문제에 적절히 대응하였음을 나타낸다.

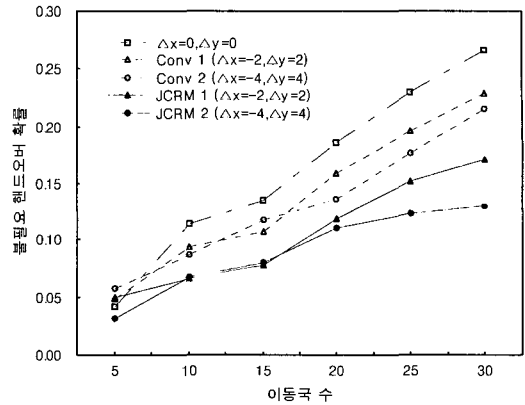


그림 5. 셀 별 이동국 수에 따른 불필요 핸드오버 확률

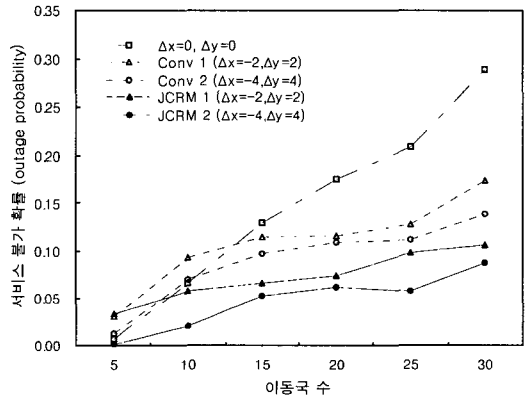


그림 6. 셀 별 이동국 수에 따른 서비스 불가 확률

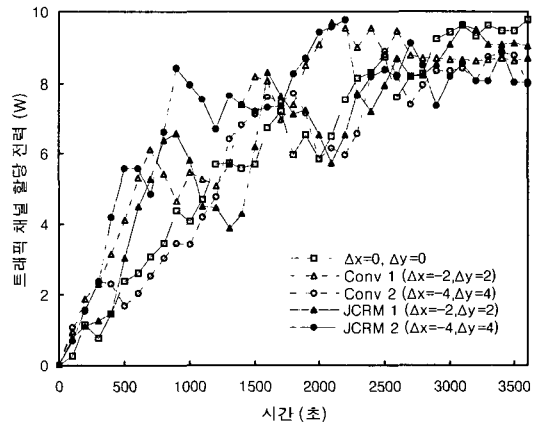


그림 7. 시뮬레이션 시간에 따른 트래픽 채널 할당전력

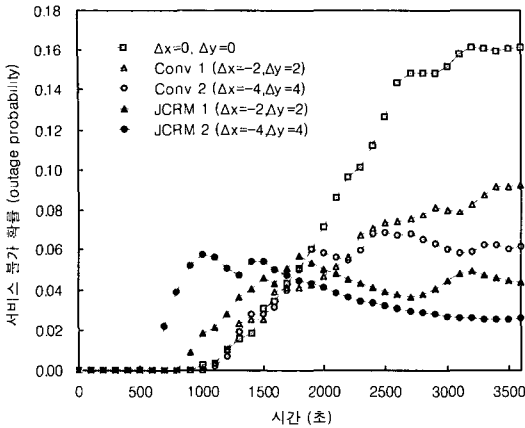


그림 8. 시뮬레이션 시간에 따른 서비스 불가 확률

그림 7은 시뮬레이션 시간에 따른 트래픽 채널 할당 전력 상태를 보여준다. 약 2200초까지 트래픽 채널 할당 전력은 꾸준히 증가하며, 이후 그 값은 각각의 방식에서 7W와 10W사이에서 변하는 것을 볼 수 있다.

그림 8은 시뮬레이션 시간에 따른 서비스 불가 확률을 나타낸다. 서비스 불가 확률은 그림 8에서 트래픽 채널 할당 전력이 5.6W를 초과하는 시점인 500초 이후부터 (JCRM 2) 발생했으며, 이후 트래픽 채널 할당 전력이 증가할수록 서비스 불가 확률이 증가하는 것을 볼 수 있다. IS-95 기반 핸드오버 방식에서는 약 2600초까지 서비스 불가 확률이 증가하여 이후 16%에 근접하며, 그 값은 최대 16.2%임을 알 수 있다. 핸드오버 파라미터를 ($\Delta x = -4, \Delta y = 4$)로 조정할 경우 기존 알고리즘에서 서비스 불가 확률은 3600초에서 약 7%로 나타났으며, JCRM 기법의 경우 1800초에서 최대 6%를 보였으나 3600초에서 3% 이하로 감소했다. 이와 같이 시간에 따른 서비스 불가 확률이 낮아지는 이유는 그림 8에서 보는 바와 같이 트래픽 채널 할당 전력이 늘어나 셀 내 트래픽 과부하가 발생할 경우 셀 커버리지를 조절함으로써 트래픽 부하를 분산시켰기 때문이다. 그러므로 제안하는 JCRM 기법을 적용할 경우 시뮬레이션 시간에 따른 서비스 불가 확률이 기존 알고리즘과 비교해서 약 5%, IS-95 기반 핸드오버 방식에 비해서는 14% 감소되어 통화품질이 개선되었음을 알 수 있다.

V. 결론

셀룰러 CDMA 시스템에서 특정 셀 영역에 무선 트래픽이 급증할 경우 통화품질이 급격하게 저하될 뿐만 아니라 불필요한 핸드오버 증가로 무선자원 낭비를 초래하게 된다. 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 개선하기 위하여 새로운 형태의 트래픽 부하제어 방식인 커버리지와 무선자원의 결합형 관리 기법을 제안하였다. 제안하는 방안에 대한 시스템 성능 평가는 두 가지 측면의 성능지수를 분석하였다. 평가 척도는 무선자원 사용효율을 나타내는 불필요 핸드오버 발생 확률과 통화품질 개선 지표로 서비스 불가 확률을 각각 사용하였다.

분석 결과 시스템 성능이 기존의 트래픽 부하제어 방식에 비하여 각각의 성능 척도에서 모두 개선되었음을 알 수 있었다. 본 논문에서 제안하는 기법은 불필요한 핸드오버에 따른 무선자원 낭비와 무선자원 부족으로 인한 통화품질 저하를 동시에 개선하는 방안으로 특히, 셀 내의 트래픽이 과부하 상태에 근접할수록 성능이 크게 향상되는 결과를 보였다. 이와 같은 관리기법은 IS-95기반 CDMA 시스템뿐만 아니라 WCDMA 시스템을 포함한 차세대 이동통신 시스템에서 요구하는 적응형 무선 커버리지 관리방안을 설계하는데 직접 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] N. D. Tripathi, J. H. Reed, and H. F. Vanlandingham, "Handoff in cellular systems," *IEEE Pers. Commun.*, vol. 5, no. 6, pp. 26-37, Dec. 1998.
- [2] V. V. Veeravalli and A. Sendonaris, "The coverage-capacity tradeoff in cellular CDMA systems," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 48, no. 5, pp. 1443-1450, Sept. 1999.
- [3] Xinjie Yang, Shahram Ghaheri-Niri, and Rahim Tafazolli, "Enhanced Soft Handover Algorithms for UMTS System," in *Proc. IEEE Vehicular Technology Conf. (VTC'2000)*, vol. 4, Boston, MA, Sept. 2000, pp. 1539-1543.
- [4] Won-Ik Kim and Chang Soon Kang, "An adaptive soft handover algorithm for traffic-load shedding in the WCDMA mobile communication system,"

in *Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conf. (WCNC)*, vol. 2, New Orleans, LA, Mar. 2003, pp. 1213-1217.

- [5] Seon-Ho Hwang et al., "Soft handoff algorithm with variable thresholds in CDMA cellular systems," *Electron. Lett.*, vol. 33, no. 19, pp. 1602-1603, Sept. 1997.
- [6] Chang Soon Kang, "Characterization of the required signal power for multimedia traffic in cellular CDMA systems, *한국통신학회논문지*, 제27권, no.6, pp. 593-600, 2002년 6월.
- [7] A. J. Viterbi et al., "Soft handoff extends CDMA coverage and increases reverse link capacity," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 12, pp. 1281-1288, Oct. 1994.
- [8] C. S. Kang, K. S. Kim, and M. J. Kim, "The Effects of Path Loss, Shadowing, and Handoff Parameters on Handoff Statistics in CDMA cellular Systems," in *Proc. Wireless'95*, Calgary, Canada, July 1995, pp. 521-530.

염 등 화 (Dong Hwa Youm) 준회원



2002년 2월 : 창원대학교 정보통신공학과 공학사
 2002년 3월 ~ 현재 : 국립창원대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정

<관심분야> 무선자원관리, MIMO-OFDM, 휴대인터넷 시스템, 4세대 이동통신

어 윤 (Yoon Uh) 정회원



1982년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 공학사
 1986년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 공학석사
 1994년 : 일본도호쿠(東北)대학교 과학기술학부 전자통신 공학 박사

1986년 ~ 1987년 : 금성전기 안양 연구소
 1987년~1998년 : 한국전자통신연구원 선임연구원
 1998년~현재 : 국립창원대학교 정보통신공학과 교수
 <관심분야> 에러정정 및 부호이론, LDPC 부호, 휴대인터넷, 무선방송시스템

강 창 순 (Chang Soon Kang) 정회원



1984년 2월 : 경북대학교 전자공학과 공학사
 1986년 8월 : 연세대학교 전자공학과 공학석사
 2001년 2월 : KAIST 전자전산학과 공학박사
 1989년 10월~2003년 2월 :

한국전자통신연구원 책임연구원
 2003년~현재 : 국립창원대학교 정보통신공학과 교수
 <관심분야> 무선링크제어, 무선자원관리, 휴대인터넷, 유비쿼터스 네트워크, 4세대이동통신