

Simulcasting 기법을 적용한 DS-CDMA 시스템의 호처리에 관한 연구

正會員 노재호*, 권종형*, 정현민**, 강창언*

A Study on the Call Processing of DS-CDMA System using the Simulcasting Scheme

Jae Ho Roh*, Jong Hyung Kwun*, Hyun Meen Jung**, Chang Eon Kang* *Regular Members*

※본 연구는 한국통신의 정보통신기초사업의 과제 지원(97-27)으로 수행되었습니다.

요 약

셀룰라 이동 통신 시스템에서 신호의 페이딩은 시스템의 용량 확장에 영향을 미친다. 단기 페이딩은 시스템의 무선 통신 방식에 따라 다른 신호 처리 방식으로 보상이 가능하나, 장기 페이딩은 이와는 다른 보상 방법이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 이러한 장기 페이딩을 극복하기 위해 분산 안테나를 이용한 Simulcasting 기법을 적용하여 DS-CDMA 시스템에서 호처리 실험을 하였다. 실험의 결과 하나의 셀 내에 분산 안테나의 수가 많을수록 새로운 호의 차단 확률과 handoff를 요구하는 호의 강제 종료 확률이 감소함을 관찰할 수 있었다.

ABSTRACT

The signal fading distortion has effect on the capacity of cellular mobile communication systems. The short term fading is solved by signal processing techniques depending on the radio communication methods, but another distortion compensation techniques are necessary to combat long term fading. In this paper, we have simulated the call processing in DS-CDMA system using distributed antennas to overcome the long term fading. From the simulation result, we have confirmed that the blocking probability of a new call and the forced probability of handoff-request-call have decreased by increasing the number of distributed antennas.

*연세대학교 전자공학과

**한국통신 무선통신연구소

論文番號:97409-1110

接受日字:1997年 11月 10日

I. 서 론

셀룰라 이동 통신 시스템에서 신호의 페이딩으로 인한 왜곡은 시스템의 용량 확장 및 서비스의 질에 많은 영향을 미친다. 이와 같은 페이딩은 단기 페이딩과 장기 페이딩으로 구분될 수 있는데, 현재 서비스 중에 있는 통신 시스템에서는 단기 페이딩으로 인한 신호의 왜곡을 해결하기 위한 방법으로 CDMA 시스템에서는 RAKE 수신기를, GSM 시스템이나 IS-54와 같은 TDMA 시스템에서는 등화 기법을 이용한다. 그러나 장기 페이딩으로 인한 신호의 왜곡은 단기 페이딩의 해결 방법과는 다른 방법으로 보상을 해 주어야 한다.

이러한 장기 페이딩은 차세대 이동 통신 시스템에서 사용하고자 하는 반송파의 대역이 기존의 셀룰라 이동 통신 시스템의 대역보다 더 높은 반송파를 사용하므로 감쇄의 정도가 심하다. 따라서 이와 같이 감쇄가 심한 높은 주파수를 사용하는 차세대의 이동 통신 시스템에서 기존의 통신 시스템과 동일한 수의 기지국을 동일한 면적에 설치한다면, 그 시스템의 음영 지역의 증가로 서비스 영역은 줄어들 수 밖에 없다. 따라서 기존의 시스템과 같은 용량의 셀룰라 이동 통신 시스템을 구현하기 위해서는 더욱 더 많은 기지국이 필요하나, 이럴 경우 셀의 크기가 적어짐으로 인해 현재의 PCS 시스템과 같은 마이크로 셀의 환경에서 동작하게 되어 진행 중인 호에 더욱 더 많은 handoff가 발생하게 된다. 실제로 현재의 PCS 시스템에서 빈번한 handoff율을 줄이기 위한 목적으로 계층적 Cell 구조와 같은 다양한 Cell의 구성과 handoff 방식의 사용을 고려하고 있는 것은 사실이나, 그에 따른 시스템 부하의 증가는 피할 수 없는 상황이 되고 있다.

따라서 본 논문에서는 이러한 shadow 페이딩과 같은 장기 페이딩을 극복하고 마이크로 셀 환경에서 handoff의 횟수를 줄일 수 있는 방법의 하나로, 도심에서 기지국의 송신 신호가 미치지 못하는 음영 지역과 traffic의 밀집이 덜한 부도심 또는 농어촌 지역에서의 서비스의 질을 높여 저가격의 장비(무선 포트)로써 효율적으로 전 지역을 서비스할 수 있도록 RF 확장⁽¹⁾, 또한 무선 셀 내에 중계기의 개념과 유사한 다수의 분산 안테나를 두어 이동체가 동시에 여러 개의 안테나로부터 신호를 송·수신할 수 있도록 하는

Simulcasting 기법을 적용하여 DS-CDMA 시스템에서 호처리 실험을 하였다.

본 논문에서는 새로이 발생하는 호 및 handoff을 시도하는 각각의 호에 대해 인접 기지국의 분산 안테나들로부터 장기 페이딩을 겪은 신호의 상대적인 세기에 따라 호를 제어하는 기지국을 선택하도록 하였으며, 가용 채널이 없을 경우 handoff을 요구하는 호에 대해 신호의 세기에 반비례하도록 우선권을 부여하여 queue에 저장하고, 새로이 채널을 요구하는 호에 대해서는 차단하는 방법으로 실험을 하였다.⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾ 그리고 시스템의 운용중에 가용 채널이 생길 경우, handoff를 요구하는 호를 위해 queue의 저장 순서에 따라 handoff를 수행하도록 하는 전력의 측정에 기초한 handoff 수행 방법을 택하였으며⁽⁴⁾, 임계치 전력을 설정하여, 이 임계치 전력 이하에서 발생하는 새로운 호와 handoff를 요구하는 호에 대한 처리를 거부하도록 하여 물리적으로 파일럿 채널의 수신도 이루어지지 않은 상황을 고려하였다. 이와 같은 상황의 설정은 실제의 사용자 환경에서의 실험이 될 수 있도록 하기 위함이다. 본 논문에서의 성능의 지표로 경로의 페이딩 정도에 따른 handoff 호에 대한 강제 종료 확률, 새로운 호에 대한 차단 확률 등을 살펴보았다.

2장에서는 분산 안테나를 이용한 시스템의 모델을 나타내며, 3장에서는 이 모델에 근거한 전파의 손실 모델⁽⁶⁾⁽⁷⁾과 traffic Model, 그리고 신호의 상대적 세기에 우선권을 부여하여 handoff를 하는 handoff 방법을 보이며, 4장에서는 이를 컴퓨터 실험을 통해 그의 성능을 살펴보고, 5장에서는 결론을 내도록 한다.

II. 시스템 모델

분산 안테나 시스템은 기존의 기지국과 원거리의 무선 포트를 광섬유나 동축 케이블의 혼용된 선로(HFC)를 이용하여 접속하고 있으며, traffic의 양이 적은 부도심이나 전파의 도달이 용이하지 못한 도심의 음영 지역을 서비스할 수 있도록 하는 그림 1과 같은 형태를 지니고 있다. 그림 1에서 기지국은 이동 가입자와의 접속을 위해 현재의 서비스 방식처럼 기지국이 직접 접속하는 것이 아니라, 기지국(Donor Station)으로부터 HFC를 이용하여 RF 대역 또는 IF 대역의 신호로 변환하여 무선 포트에 신호를 전송한다. 이

때, 전송 매체가 광케이블일 경우 WDM 방식을, 전송 매체가 동축일 경우 FDM 방식을 사용하여 무선 포트가 이동 가입자와 접속할 수 있도록 하고, 가능하다면 기지국과 각 무선 포트간의 거리는 기지국이 신호의 지연을 제어할 수 있도록 하여 역 방향 링크의 신호가 Coherence 대역내에 존재하도록 고안된 시스템이다. 근거리의 무선 포트로 신호를 전송하기 위한 매체로는 전기적 신호를 광 신호로 변환하는데 생길 수 있는 왜곡을 줄이고 근거리의 감쇄 정도가 적은 동축을 사용하고, 원거리는 원거리 전송시에 케이블내의 신호의 감쇄나 각 안테나로부터 기지국까지 신호의 지연능력이 뛰어난 광 Fiber의 사용이 권장된다. 그리고 모든 포트는 TX 증폭기, 저잡음 증폭기, 주파수 변환기로 구성되어 있으며, 하향 링크로는 기존의 무선 호출망과 유사하게 동일 신호를 다수의 분산 안테나를 통해서 무선으로 가입자에게 전송하도록 하고 있다.

그러나 일반적으로 무선 포트의 증폭기 및 수신기는 셀룰라 시스템의 경우 고효율의 TX 증폭기와 저잡음 증폭기를 사용하나, 이와 같은 분산 안테나 시스템의 무선 포트는 고효율의 TX 증폭기와 저잡음 증폭기의 사용을 굳이 권장하지 않아도 될 것으로 생각된다. 그리고 무선 포트와 이동 가입자간의 순방향 및 역방향 링크의 수신 신호는 분산 안테나의 수가 증가함에 따라 신호 대 잡음의 비가 기존의 방법보다 좋아짐을 알 수 있으며⁽⁷⁾, 이로 인해 셀 내의 음영 지역을 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

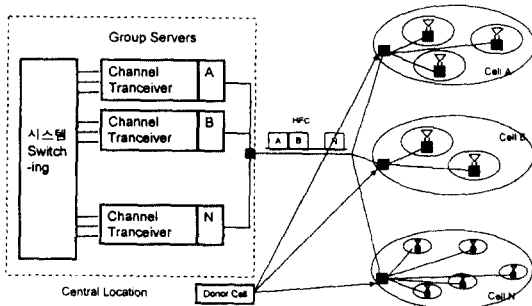


그림 1. 분산 안테나 시스템
Fig. 1 Distributed Antenna Systems

1. Propagation 모델

송신 기지국의 안테나에서 P_t 의 전력으로 신호를 전방향을 향해 송신할 때, 자유 공간에서 r 의 거리에 있는 수신안테나의 전력 밀도 스펙트럼 ρ 는 다음과 같다.

$$\rho = \frac{P_t}{4\pi r^2} \text{ Watt/m}^2 \quad (1)$$

수신기의 Aperture가 A 인 수신 안테나의 수신 전력은 다음의 식 (2)와 같다.

$$P_r = \rho A = \frac{P_t A}{4\pi r^2} \text{ Watt} \quad (2)$$

위의 식에서 Aperture와 안테나와의 관계로부터 자유 공간에서의 경로 손실 모델은 식 (3)과 같다.

$$G = \frac{4\pi A}{\lambda^2} \quad (3)$$

여기서 λ 는 반송파의 파장을 나타내며, 안테나의 이득(G)을 정규화할 경우, Aperture와 반송파 주파수와의 관계로부터 자유 공간에서의 수신 전력을 다음과 같이 나타낼 수 있다⁽⁸⁾.

$$P_r = P_t \frac{1}{(4\pi r/\lambda)^2} \quad (4)$$

식 (4)에 기초하여 송·수신기 사이의 거리, 장기 shadow 페이딩 및 단기 다경로 페이딩 함수로써 임의의 지점에 있는 이동 가입자까지의 경로 손실을 식 (5)와 같이 나타낼 수 있으며, 이 때 무선 가입자의 수신 신호의 전력($P_r(r)$)은 식 (6)과 같다.

$$L(r) = L(r_0) + 10\mu \text{Log}\left(\frac{r}{r_0}\right) + \zeta, \text{ (dB)} \quad (5)$$

$$P_r = P_t(r) - L(r) \quad (6)$$

여기서 ζ 는 평균이 0이고, 표준 편차가 σ 인 정규 분포를 갖는 random 변수이고, μ 는 경로 손실 인자이며, $L(r_0)$ 는 안테나로부터 기준점까지의 거리를 r_0 로 할 때, 기준점의 경로 손실을 나타낸다. 이 때, (4)에서 $r=r_0$ 를 대입하여 기준 지점까지의 경로 손실을 실험의 편의상 자유 공간에서의 이상적인 손실로써

모델링 하였다.

일반적으로 경로 손실 인자는 송·수신기 사이의 거리에 따라 식 (4)처럼 자유 공간에서는 2이나, 통신 환경이 열악한 경우는 4 이상의 큰 값을 갖는다. 그리고 shadow 페이딩을 경로 의존 shadow 페이딩과 위치 의존 shadow 페이딩으로 나누어 고려할 때, 그의 표준 편차는 측정의 결과로부터 각각 6dB와 8dB 정도를 가지는 대수 정규 분포를 지니는 것으로 나타났다⁶⁾. 따라서 본 논문에서는 이러한 shadow 페이딩을 측정 결과와 무관하지 않게 4~10dB의 분산을 갖는 대수 정규 분포를 갖는 것으로 모델링하였다. 본 논

문에서 단기 다경로 페이딩은 CDMA 시스템에서 RAKE 수신기에 의해 보상이 가능함으로 인해 관심의 대상이 아니며, 각 안테나로부터 무선 가입자까지의 모든 경로에 대해 신호의 장기 페이딩인 shadow 페이딩만을 고려의 대상으로 삼았다.

shadow 페이딩을 갖지 않는 선형적으로 배열된 높이 10m의 무선 포트의 안테나로부터 1.5m 높이의 가입자 안테나까지 1.8GHz로 신호를 전송했을 때, 거리에 따른 신호의 세기를 다음과 그림 2에 나타냈으며, 그림 3은 셀내에 균일하게 분포하는 분산 안테나의 수에 따른 신호의 세기 변화를 나타내고 있다. 셀내에 분산 안테나의 수가 많을 수록 음영 지역이 줄어들어가는 것을 그림 3으로부터 알 수 있다.

본 논문에서는 그림 3과 같은 모델에서 하나의 안테나로부터의 거리가 가장 멀리 떨어져 있는 가입자까지 신호를 전송할 때, DS-CDMA 시스템에서 링크의 설정을 위해 필요한 임계치 전력(파일릿 채널의 ERP, $P_{threshold}$)으로 간주하여 셀 내에서 이 임계치 전력에 이르지 못하는 신호를 수신하는 무선 가입자의 새로운 호와 handoff를 요구하는 호는 차단시키거나 강제 종료시키도록 하였다. 이 때 이 임계치 전력을 안테나의 수와 무관하게 서로 같도록 하기 위해 분산 안테나의 수가 많을수록 무선 포트는 적은 전력의 신호를 출력하도록 하였다. 이와 같은 셀내의 임계치 전력 설정은 다음의 식 (7)과 같이 표현할 수 있다.

$$P_{threshold} = \sum_{i=1}^{PORT_NUM} P_i \left(\frac{r_i}{r_0} \right)^{-\mu} \cdot 10^{\frac{\xi}{10}} \quad (7)$$

이와 같은 방식을 취함으로써 각 무선 포트의 출력이 줄어들어, 앞서 언급한 송신기나 수신기의 TX 증폭기와 저잡음 증폭기의 효율에 덜 민감할 수 있다. 그리고 무선 가입자에게 도달하는 신호는 모든 안테나로부터 전송되는 신호 전력의 합으로 하여 신호 대 잡음의 비를 줄일도록 하였다⁷⁾. 한편으로는 이러한 형태의 모델링은 안테나의 수가 늘어남에 따라 각 안테나로부터의 열 잡음으로 인해 SINR이 저하되는 결과를 가져올 수도 있으나, 이와 같은 현상은 하나의 셀 내에 R개의 무선 포트가 있다고 할 때, 무선 가입자와 기지국은 SINR의 저하를 가져오지 않는 최대의 M(<R)개의 무선 포트로부터 신호를 수신하고 최대의 N(<R)개의 무선 포트를 선택하여 신호를 수신하

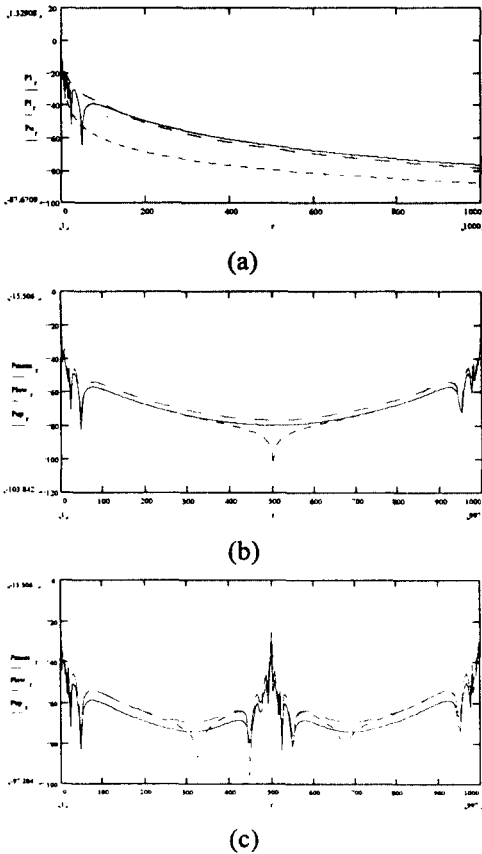


그림 2. 선형 배열된 포트의 수에 따른 수신 전력 레벨
(a) 1-포트, (b) 2-포트, (c) 3-포트

Fig. 2 Received Power Level for Number of Linear Arranged Port
(a) 1-Port, (b) 2-Port, (c) 3-Port

(a) 1-Port, (b) 2- Port, (c) 3- Port

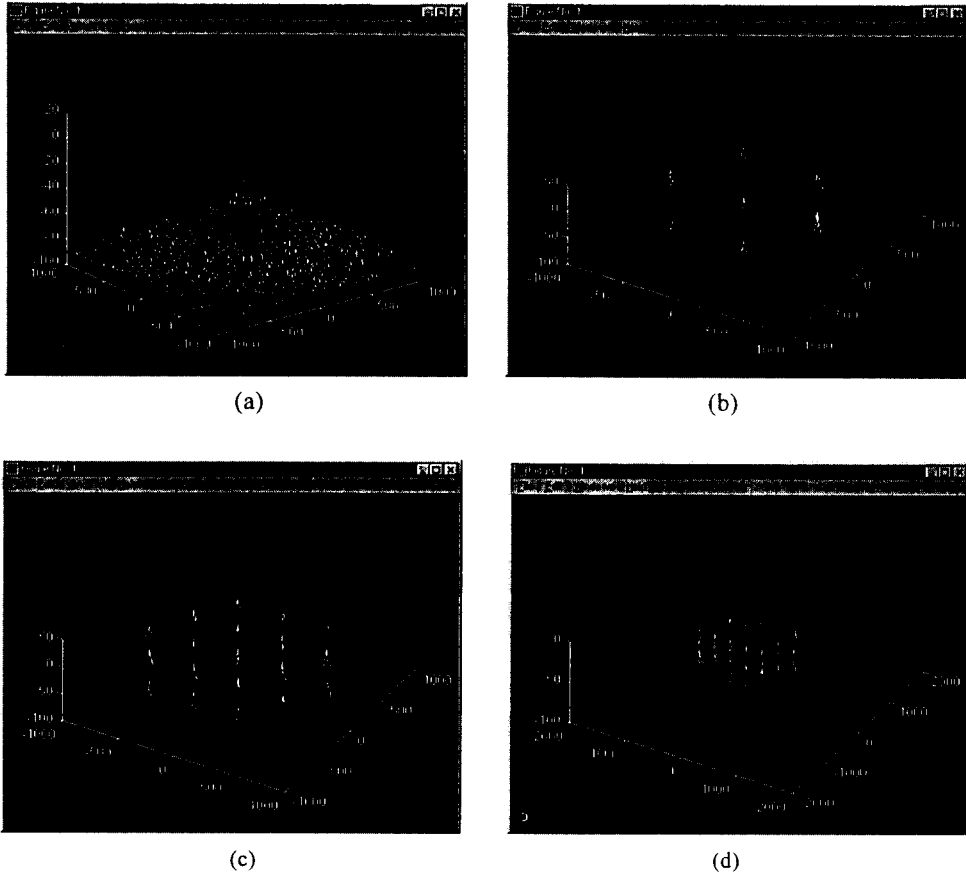


그림 3. 안테나의 서비스 영역내의 수신 전력 레벨
 (a)1 포트/셀, (b)7 포트/셀, (c)19 포트/셀, (d)37 포트/셀
 Fig. 3 Received Power Level in the Service Area
 (a) 1 port/cell, (b) 7 port/cell,
 (c) 19 port/cell, (d) 37 port/cell

도록 RAKE 수신기의 Finger의 수를 적응적으로 동작시켜 수신 또는 송신시에 안테나의 수를 조절함으로써, 이러한 문제는 해결할 수 있을 것으로 생각된다⁽⁷⁾. 이와 같이 함으로써 앞서 언급한 다수의 안테나로부터 수신되는 잡음의 영향을 줄일 수 있으며, 이는 아래의 식 (8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_r(r) = \sum_{k=1}^K P_r(r_k) \quad (8)$$

여기서 상향 링크일 경우 $K = N$ 이며, 하향 링크일

경우 $K = M$ 이다. 그리고 $P_r(r_k)$ 는 앞의 식 (5)와 (6)에서 정의된 것과 같으며, 다시 언급하면 다음의 식 (9)와 같다.

$$P_r(r_k) = P_t(r_k) - L(r_0) - 10\mu \text{Log}(r_k/r_0) - \zeta_{\sigma}, \text{ (dB)} \quad (9)$$

그러나 본 논문에서는 실험의 편의를 위하여 안테나의 적응적 제어는 하지 않고, 열잡음의 효과를 배제하여 무선 가입자의 수신 전력은 동일한 송신 전력을 갖는 모든 무선 포트로부터 전송되는 신호의 합으

로 하였다. 이와 같이 설계할 경우, 각각의 송신 안테나의 출력은 표 1과 같이 감소한다는 것을 알 수 있다. 표 1은 Qualcomm의 Link Budget 분석에서 나타난 파일럿 채널의 ERP를 42 dBm으로 설정하고, 마이크로 셀의 반경을 500m로 하여, 셀의 집경 지점에서의 파일럿 채널의 수신 신호 세기를 임계치 전력($P_{threshold}$)으로 설정하였다. 그러나 이러한 가정은 실험을 함에 있어 최악의 시나리오이며, 기존의 무선 포트에서의 송신 출력은 변화시키지 않고, 단지 shadow 페이딩 영역의 감소로 셀의 서비스 영역 확장만을 목적으로 새로이 첨가되는 무선 포트는 더욱 더 적은 전력으로도 서비스가 가능하나, 이미 설치된 무선 포트와 동일한 수준의 전력을 송출하므로 본 실험의 시나리오보다는 양호한 성능을 보일 것이라는 것은 주지의 사실이다.

표 1. 안테나의 수와 송신 출력과의 관계
Table 1. Relationship between number of Antennas and Transmit Power

안테나의 수	송신기 출력의 ERP(dBm)
1	42.0
7	33.1
19	28.7
37	25.8
16	23.6

2. Traffic 모델과 handoff 방법

서비스될 셀 내에서 새로운 호의 발생은 발생률이 λ 인 Poisson 분포를 하며, 이러한 호의 지속 시간은 평균이 $1/\mu$ 인 지수 분포를 갖는다고 가정하였다. 이 경우, 아래의 식 (10)과 같이 Erlang-B 공식을 적용하여 호의 차단 확률을 구하여 새로운 호를 모델링할 경우 할 수 있다.

$$Pr(\text{Blocking}) = \frac{A^C/C!}{\sum_{k=0}^C A^k/k!} \quad (10)$$

여기서 A는 시스템에의 부하로 작용하는 총 호의 수이며, C는 시스템이 제공할 수 있는 가용 채널의 수이다.

새로운 호가 아닌 인접의 셀에서 handoff을 요구하는 호는 Traffic 채널이 존재하지 않을 경우 Traffic 채널이 생길 때까지 신호의 세기에 따라 우선 순위를 달리하여 handoff을 요구하는 기지국 내의 queue에 그의 호를 저장하여 traffic 채널이 존재하게 되었을 때, queue에 저장된 호의 우선 순위에 따라 traffic 채널을 할당받는 Erlang-C 공식($M/M/C/K$)을 적용하여 C개의 채널이 모두 Busy의 상태에 있어 handoff을 요구하는 호가 queue에 대기할 확률은 다음 식 (11)과 같이 구할 수 있다.

$$Pr(C \text{ Channels are Busy}) = \frac{A^C}{A^C + C!(1 - A/C) \sum_{k=0}^C A^k/k!} \quad (11)$$

이 때 신호의 세기가 약한 handoff 요구 호에 대해 우선권을 부여하는 방식을 택하도록 하였다⁽¹⁰⁾.

셀 내의 무선 가입자에 대한 모델링은 이미 언급되었으며⁽¹⁰⁾, 일정한 속도 및 일정한 방향으로 움직이도록 하였으며, 이들 움직임의 방향은 $[0 \sim 2\pi]$ 까지 균일 분포를 갖고, 이동 속도는 $[0 \sim V_{max}]$ 까지 균일 분포를 갖도록 모델링 하였다. 따라서 이동 가입자의 이동 방향을 결정하는 랜덤 변수는 그의 pdf가 $1/2\pi$ 이며, 속도를 결정하는 random 변수는 그의 pdf가 $1/V_{max}$ 이다.

본 논문에서의 기지국간의 handoff은 이동 가입자가 셀간의 인접 경계를 움직일 때, shadow 페이딩 또는 단기 페이딩으로 인한 "Ping Pong" 현상을 일으킬 수 있는 TDMA 시스템의 "Hard handoff" 방식보다는 IS-95에 기초하여 CDMA에서 채택하고 있는 "Soft handoff" 방식을 따르고 있다. 이러한 handoff 호의 발생을 위해 별도의 handoff rate에 따른 traffic을 발생시키지는 않았으며, 가입자가 동적으로 셀 영역 내를 임의의 방향으로 움직일 때, 기지국으로부터의 파일럿 채널의 신호의 세기를 인접 셀로부터의 파일럿 채널의 신호 세기와 비교하여 그 차가 임계치 전력($P_{diff, threshold}$) 이하를 나타내게 될 때, 인접 셀의 기지국 중 가장 신호의 세기가 강한 기지국으로 handoff을 요구하도록 하는 "Relative Power Measurement" 방식을 채택하고 있다. 이들 신호 세기에 대한 정의를 아래의 그림 4와 같이 나타내었다.

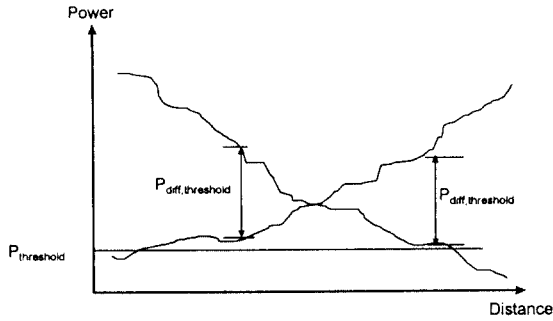


그림 4. 임계치 전력의 정의
Fig. 4 Definition of Threshold Power

handoff 영역 내에서 일정 시간(T_{out})이 경과해도 인접 셀로부터 채널을 할당받지 못하면 handoff(T_{out})은 무선 가입자의 이동 속도를 고려하여 설정되어야 하나, 편의상 일정한 값(6 sec)으로 주었다. 그리고 논의하고자 하는 셀의 수는 그림 5와 같은 7-셀이며, 이 영역을 이동 가입자가 벗어날 경우, 다시 가입자가 bounding되어 실험에서 고려하고 있는 호 처리 알고리즘에 참여할 수 있도록 하였다. 즉 그에 대한 해석으로 영역을 벗어난 이동 가입자가 인접의 셀에서 성공적으로 채널을 할당 받아 성공적으로 handoff가 이루어졌으며, 새로운 호가 다시 이동 가입자가 셀 영역을 벗어날 때와는 반대 방향으로 움직이며 발생한 것으로 해석하였다.

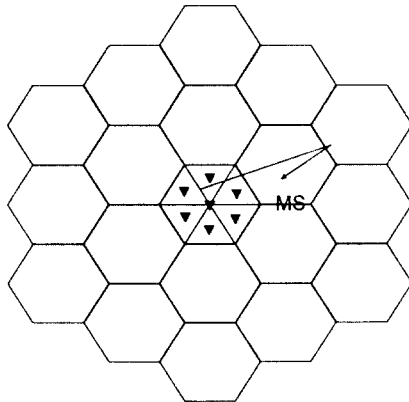


그림 5. 셀의 접경에서의 traffic 생성 모델
Fig. 5 traffic Generation Model at the Cell Edge

III. Computer 모의 실험

Simulation을 위한 순서도는 그림 6과 같으며, 실험에서 정의한 변수는 표 2와 같다.

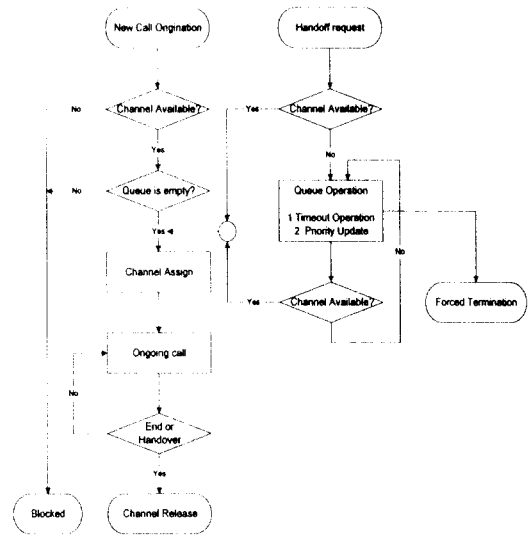
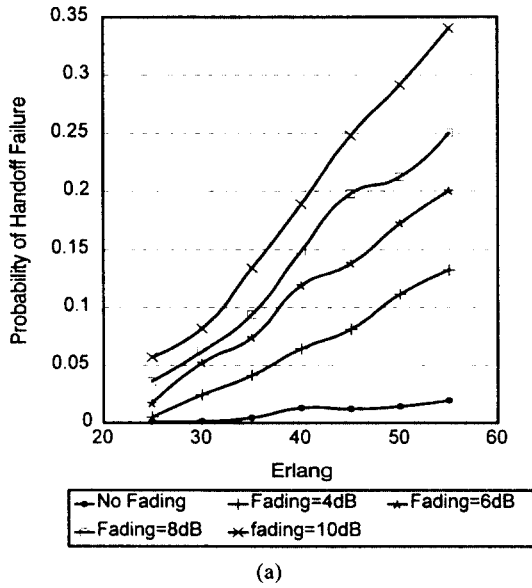


그림 6. 호처리 실험도
Fig. 6 Flow Chart for Call Processing Simulation

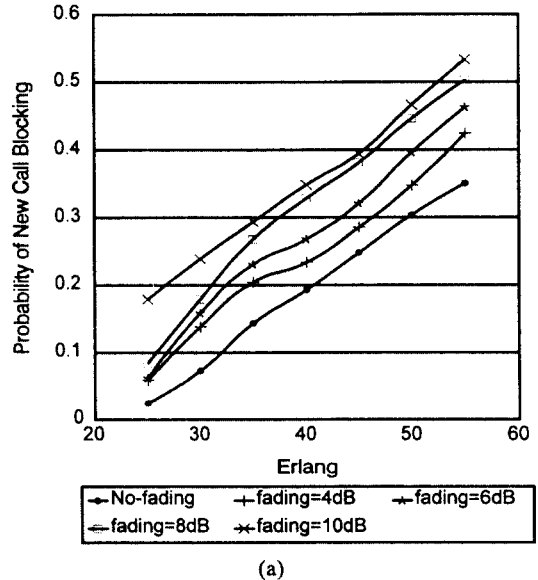
표 2. 실험에 사용된 변수의 정의
Table 2. Definition of Variables used in Computer Simulation

이동 가입자의 최대 속도	70 km/h
가용 채널의 수	40
호의 평균 지속 시간	120 sec
호의 발생률	25~55
shadow 페이딩	6 dB~14 dB
무선 포트의 수/셀	1~61
호처리 완료 시간	6 sec

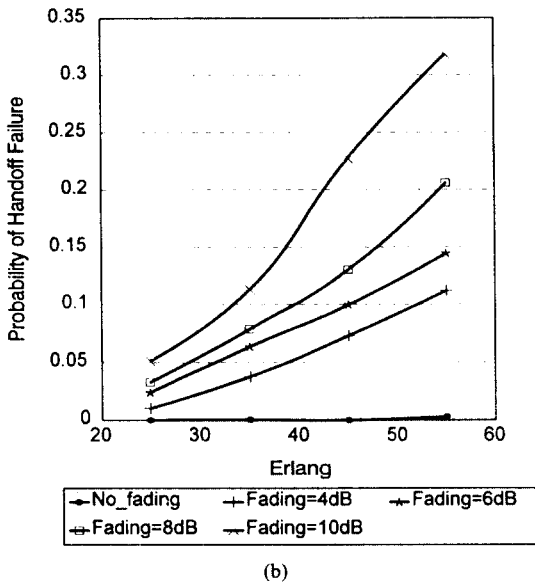
CDMA에서 하나의 대역에 55개의 traffic Channel이 있음을 고려하여 최대의 traffic 채널을 수용하지 않고 가용 채널의 수를 40으로 하였다. 호의 지속 시간은 그의 확률 분포 함수가 아래의 식 (12)와 같이 평균(λ)이 120sec인 지수 분포를 갖는 것으로 가정하였다.



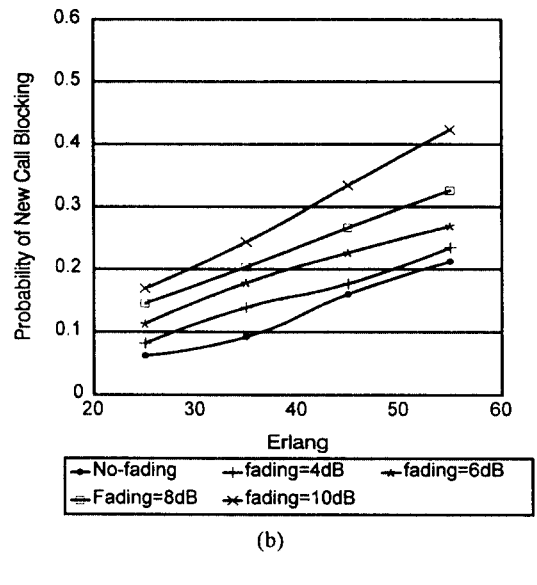
(a)



(a)



(b)



(b)

그림 7. handoff 호의 강제 종료 확률

(a) 1 포트/셀, (b) 7 포트/셀

Fig. 7 Forced Termination Probability of handoff Call

(a) 1 Port/Cell, (b) 7 Port/Cell

그림 8. 신규호의 차단확률

(a) 1 포트/셀, (b) 7 포트/셀

Fig. 8 Blocking Probability of New Call

(a) 1 Port/Cell, (b) 7 Port/Cell

$$f_s(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad (12)$$

Traffic은 한 셀에서 호의 발생률이 25~55 Erlang인 경우, 그의 성능을 handoff 호의 강제 종료 확률, 새로운 호의 차단 확률 등에 대해 무선 포트의 수와 장기 페이딩의 정도에 따라 알아 보았으며, 이들에 대한 성능의 비교를 그림 7, 그림 8에 도시하였다. 그림 7, 그림 8로부터 무선 포트의 수가 증가함에 따라 앞서 언급한 handoff 호의 강제 종료 확률, 새로운 호의 차단 확률이 향상되는 것을 알 수 있는데, 이는 무선 포트의 수가 증가함에 따라 하나의 무선 포트로부터 수신되는 신호의 단일 페이딩의 영향에서 벗어나 모든 무선 포트로부터의 페이딩이 averaging되는 효과로 인해 신호의 수신 포락선의 fluctuation이 적어지도록 한 것으로부터 그 원인을 찾을 수 있다고 생각되며, shadow 페이딩의 편차가 클수록 성능의 열화가 더욱 더 심하게 됨을 알 수 있었다.

handoff의 완료율에 대해서도 앞서 언급한 호의 차단 확률과 마찬가지로 안테나의 수가 늘어남에 따라 성능의 개선이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 따라서 이와 같은 분산 안테나를 이용한 Simulcasting 기법을 이동 통신 시스템에 적용함으로써, 가입자의 수용 용량을 늘릴 수 있을 것으로 여겨지며, 각 안테나의 전송 전력도 줄임으로써 고효율의 TX 증폭기나 저잡음 증폭기의 필요성이 없어질 수 있음을 보였고, 전체적인 셀 영역 내에서 거의 균일한 전력을 수신되도록 하여, 음영 지역의 면적을 줄일 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 미래 이동 통신 시스템 규격인 IMT-2000에 적용 가능한 분산 안테나 시스템의 호 처리에 관하여 컴퓨터 실험을 하였다. 실험에는 현재 널리 적용되고 있는 handoff에 우선 순위에 둔 queueing 시스템과, 측정된 수신 전력에 우선권을 주어 handoff를 수행하도록 한 시스템을 혼합하여 적용하였다. 또한 DS-CDMA 이동 통신 시스템에 저전력의 분산 안테나를 사용함으로써, 음영 지역의 비율을 줄여 새로운 호에 대한 차단 확률의 감소와 handoff호에 대한 강제 종료 확률을 감소를 통해 용량 확장의 한계를 극복할 수 있음을 보였다. 실험 결과, 이러한 분산 안

테나를 적용한 시스템에서 handoff 성능이 분산 안테나를 사용하지 않은 시스템의 handoff 성과 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있으며, 이로써 무선 포트의 서비스 영역을 줄여, 이동 통신 시스템의 용량 확장이 가능함으로 보였다. 그리고 shadow 페이딩의 정도가 시스템의 성능에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있는데, 이 때 셀당 안테나의 수를 증가 시킴으로써 단일 안테나 시스템과 비교하여 shadowing의 영향이 상당히 감소될 수 있음을 보였다. 앞으로는 이러한 분산 안테나 시스템에서 저 잡음 환경하에서의 전송을 위해 필요 소자의 개발 및 이러한 신호를 처리하기 위한 RF 또는 IF대역의 신호 처리 기술이 병행되어야 할 것으로 생각되며, handoff 영역의 변경에 따른 각종 성능의 지표 및 용량 확장을 위한 Interference의 제거에 관련된 미시적인 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 김성기, "Upbanded IS-95A PCS망 품질 개선을 위한 분산안테나/Smart 안테나 적용 방안에 관한 연구," IMT-2000 및 CDMA 학술 세미나.
2. D. Hong and S. S. Rapoport, "Traffic model and performance analysis for cellular mobile radio telephone systems with prioritized and nonprioritized handoff procedures," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. VT-3, pp. 77-92, Aug. 1986.
3. Y. B. Lin, S. Mohan and A. Noerpel, "Queueing priority channel assignment strategies for PCS hand-off and initial access," IEEE Trans. Vehic. Technol., vol. 43, pp. 704-712, Aug. 1986.
4. S. Tekinay and B. Jabbari, "A measurement based prioritized scheme for handovers in mobile cellular Network," IEEE JSAC vol. 10, no. 8, pp. 1343-1350, Oct., 1992.
5. C. H. Yoon and C. K. Un, "Performance of personal portable radio telephone systems with and without guard channels," IEEE JSAC vol. 11, no. 6, pp. 911-917, August, 1993.
6. P. E. Ostling, "Handover with simulcasting," in IEEE Veh. Technol. Conf., VTC '92 Denver, CO,

