
CDMA 계층 셀 시스템에서의 호 수락 제어에 관한 연구

김 호 준*

A Study on Call Admission Control in CDMA Hierarchical Cellular Systems

Ho-Joon Kim*

요 약

미래의 이동통신 시스템은 제한된 무선 자원 조건 하에 고품질의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 계층 셀 시스템으로 동작해야 한다. 본 논문에서는 매크로, 마이크로, 피코 셀이 공존하는 계층 CDMA 셀룰라 시스템에 적용된 호 수락 제어 방식을 연구하였다. 제안된 호 수락 제어 알고리즘을 사용하였을 경우 호 수락 제어를 하지 않는 경우에 비해 시스템 용량이 20% 정도 향상됨을 알 수 있다.

ABSTRACT

The future mobile communication system should be operated with hierarchical cellular system for providing high quality multimedia services within limited wireless resources. In this paper, we have studied a call admission control scheme applied in hierarchical CDMA cellular system nested with macro, micro, and pico cells. When the proposed call admission control algorithm was applied we got 20 % more system capacity than no admission control was applied.

키워드

CDMA, Hierarchical cellular, Call Admission Control

I. 서 론

미래의 통신시스템은 이동 중의 서비스가 자유로운 무선 이동 통신의 중요성이 강조되며 음성 서비스 뿐만 아니라 인터넷을 포함한 고속 데이터 서비스, 영상 서비스 등의 멀티미디어 서비스를 진정으로 제공하고자 하여 IMT-2000 시스템 및 그 이후 시스템(System beyond IMT-2000)이 연구 개발되고 있다[1]. 이때 유한한 무선 자원을 효율적으로 사용하고 서비스 품질(QoS)을 안정적으로 제공하기 위해 셀룰라 시스템의 구조와 운영 방식 개선이 필요하다.

차세대 셀룰라 시스템의 성능을 개선시키려는 노력의 일환으로 동시에 접속하는 사용자 수를 트래픽 특성이나 시스템 성능 변화에 적응적으로 조절함으로써 시스템 전체의 수용 용량을 극대화하고 시스템 성능 악화를 방지하려는 연구 방법 중 한 가지가 호 수락 제어(call admission control)이다[2][3]. 또한 차세대 이동 통신 시스템 개발을 위한 연구의 한 분야로 멀티미디어 서비스를 지원하면서 일정 수준의 QoS(Quality of Services)를 지속적으로 제공할 방법을 탐구하고 있다[4][5]. 호 수락 제어 기법은 새로운 호가 발생했을 때 즉, 사용자가 서비스 접속을 시도할 때 이 호를 수락하여 접속하거나 차단하여 접속을 불

허할지의 여부를 결정하는 기법으로 시스템의 상태의 기준값(예를 들어 하드웨어 자원의 한계, 소프트웨어 처리 능력의 한계, 사용 전력의 한계, 서비스 품질의 한계 등)을 넘지 않을 때 호를 수락하게 되고 그렇지 않을 경우는 차단하게 된다. 기존의 호 수락 제어 방식은 기지국에서 처리하는 역방향 호 수락 제어 방식으로 크게 QoS 기준의 방식, SIR(Signal to Interference Ratio)값에 기준을 두는 방식, 송신전력에 기반을 둔 방식 등으로 구별된다[6].

한편 현재의 셀룰라 시스템은 수용 용량 면에서 한계를 보이고 있기 때문에 다양한 멀티미디어 트래픽이 존재하는 상황에서 모든 서비스에 양질의 QoS를 제공하기가 어려워지고 있다. 이를 해결하는 방안으로 셀 규모를 점차 작게 하여 수용 용량을 늘리는 마이크로 셀 개념이 적용되고 있다. 그러나 셀 규모가 작아질수록 이동하는 단말을 위해 빈번히 핸드 오버를 처리 해주어야 하는 번거로움이 생긴다. 이에 따라 단말의 이동 속도와 서비스의 종류에 따라 매크로, 마이크로, 피코 셀로 중첩되어 있는 셀 중 하나에 접속하도록 하는 계층 셀 개념이 등장하였다[6].

계층 셀에서의 자원 관리, 핸드오버, 호수락 제어에 관한 연구가 진행되었으나 매크로 셀에 마이크로 셀이 중첩된 구조이거나 Hot-Spot 셀이 소수 존재하는 단순한 형태의 셀 구성이 대부분이었다[7][8].

본 논문에서는 CDMA 방식을 기본으로 하며 매크로, 마이크로 및 피코 셀이 중첩된 일반화한 계층 셀로 구성된 셀룰라 시스템에 적용된 호 수락 제어 방식을 연구한다.

II. 본 론

본 논문에서의 계층 셀은 매크로, 마이크로, 피코 셀의 세 계층을 고려하며 매크로 셀은 반경 10 Km 내외의 크기이고, 마이크로 셀은 반경 1 Km 내외의 크기이며, 피코 셀은 반경 200 m 내외로 한다. 매크로 셀에 마이크로 셀이 중첩되어 공존하며 마이크로 셀에 피코 셀이 중첩하여 공존한다. 매크로 셀은 커버리지 공백이 없이 완전하게 분포하고 마이크로 셀과 피코 셀은 일부 셀만 존재하는 불완전한 셀 구성 모델이 가능하도록 한다. 이 모델에 의한 셀 구성은 그림1과 같다.

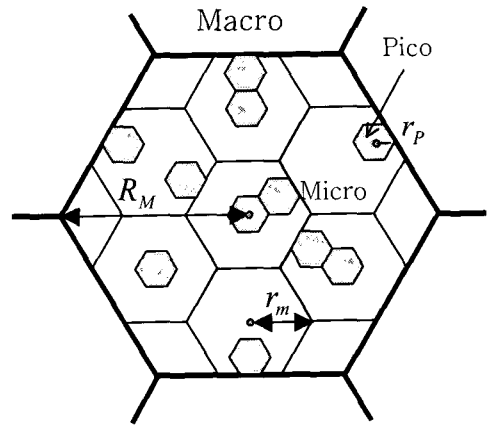


그림 1. 계층 셀 구성
Fig. 1 Hierarchical cell configuration

본 논문에서 적용된 셀룰라 시스템의 무선 환경의 일반적인 가정은 다음과 같다.

- 기지국은 각 셀의 중심에 위치하고 전방향성 안테나를 사용한다.
- 역방향 링크와 순방향 링크에 대해서도 다른 주파수 대역이 할당되는 FDD(Frequency Divided Duplex) 방식을 사용하여, 단말은 기지국 신호로부터만, 기지국은 단말 신호로부터만 간섭 영향을 받는다.
- 사용 중인 타 단말로부터의 간섭량에 비해 가우시안 배경 잡음은 무시할 수 있으므로, 신호대 잡음비를 기본적으로 신호대 간섭비에 의해 결정한다.
- 각 단말은 홈 셀의 기지국에 대해 송신 전력을 제어하여 각 단말로부터 기지국에 도달하는 전력의 크기가 거리에 상관없이 일정하다.
- 시스템에 접속을 시도하는 단말은 각 기지국과 단말과의 사이에 전파 감쇠가 가장 적은 셀을 홈 셀로 결정한다.
- 음성 활성화도는 고려하지 않는다. 즉, 각 단말은 호 완료 시까지 연속적으로 채널을 사용한다.
- 단말은 각 셀 내에서 균일하게 분포하는 것으로 하며 단말의 이동성은 고려하지 않는다.

본 논문에서 계층 셀 시스템에 적용한 호 수락 제어 방식의 흐름도는 그림2에 나타나 있다.

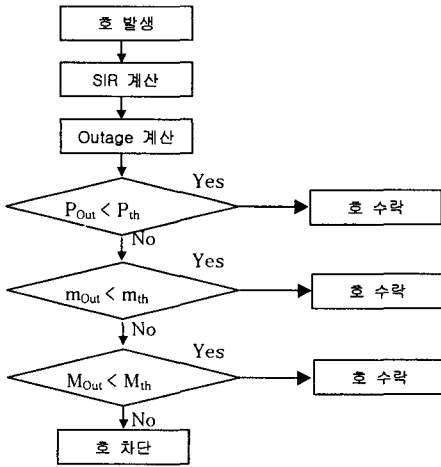


그림 2. 호수락 제어 알고리즘 흐름도
Fig. 2 Flow chart of call admission control algorithm

각 계층에서 정한 outage 임계값, 즉 매크로 시스템은 M_{th} , 마이크로 시스템은 m_{th} , 피코 시스템은 P_{th} 를 넘지 않으면 호를 수락하고 넘으면 호를 차단하는 방식이다. 이때 세 계층 시스템 중 피코 셀 시스템에 접속 우선권을 주고, 다음으로 마이크로 셀 시스템, 매크로 셀 시스템 순으로 접속을 허용하는 방식이다. 우선 호가 발생하면 그 시점의 총 간섭량과 신호 전력의 세기를 측정하여 신호대 간섭비를 계산하고 트래픽의 종류에 따라 outage의 기준이 되는 SIR 임계값 보다 작아질 확률, 즉 outage 확률을 계산한다. 먼저 피코 셀의 outage 임계값 보다 작으면 매크로 셀에 호를 접속하도록 수락하고, 임계값 보다 클 경우 마이크로 셀에서 수용이 가능한지 확인하고 다음으로 매크로 셀로의 접속을 수락하는 방식으로 호 수락 제어 절차가 진행된다.

III. 시뮬레이션 및 결과

중첩 셀 구성의 다층 셀룰라 시스템(Multi Tier Cellular System)을 시뮬레이션 하려면 막대한 계산량과 시간이 소요되므로 최소 개수의 물리 셀(실존 셀)을 가지고 여러 계층의 타 셀이 있는 것처럼 처리할 수 있는 wraparound 시뮬레이션 방식을 사용해야 한다. 즉, 중심 셀과 한 이웃 계층만 사용하더라도 최대 셀 구성 시의 시뮬레이션 결과와 동일한 총 간섭량, SIR 값, 그리고 Outage 확률 결과를

얻을 수 있으며 시뮬레이션 시간을 극소화 할 수 있는 방법을 적용해야 한다[9]. 이때 시뮬레이션 프로그램은 객체지향 프로그래밍 기법을 적용하여 시스템 모델을 정리하였으며 다양한 시스템 구성과 규모를 적용할 수 있고, 여러 가지 시스템 성능 지표를 임의의 범위 내에서 얻을 수 있도록 파라미터 설정 및 변경이 용이하게 설계되었다.

그림 3은 간섭으로 고려하는 이웃셀의 겹수에 따라 매크로 셀과, 마이크로 셀, 그리고 피코 셀의 신호대 간섭비(SIR)가 변화하는 정도를 나타내고 있다. 중심 셀을 바로 둘러싸고 있는 셀들이 1st Tier, 그다음으로 2nd, 와 같은 순이다. 각 이웃 셀은 중심 셀과 동일한 처리를 하며 시뮬레이션 통계의 대상이 된다. 셀 규모가 작을수록 신호대 잡음비가 낮게 나올 수 있다.

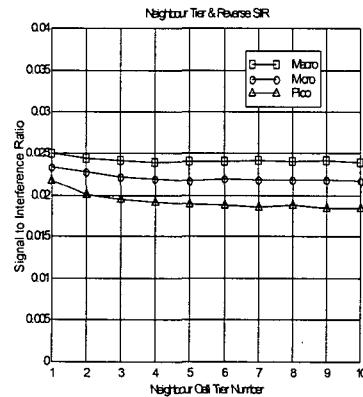


그림 3. 이웃 셀 겹 수에 대한 계층 셀의 역방향 SIR
Fig. 3 Neighbour cell tier number v.s. reverse SIR of hierarchical cell

이는 매크로 셀에 비해 마이크로 셀과 피코 셀의 전파 감쇠 지수가 작으므로 간섭의 양이 상대적으로 많기 때문이다. 매크로 셀과 마이크로 셀은 4겹 이웃 셀 만 고려해도 신호대 간섭비가 일정하게 수렴하고 마이크로 셀의 경우 7겹 이상 이웃 셀을 고려해야 함을 알 수 있다.

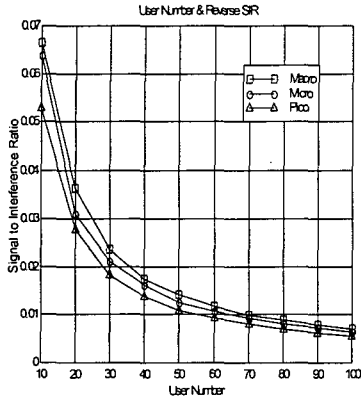


그림 4. 사용자 수에 대한 계층셀의 역방향 SIR
Fig. 4 User number v.s. reverse SIR of hierarchical cell

계층 셀의 각 계층에 특정수의 사용자가 접속될 경우의 신호대 간섭비를 살펴보면 그림 4와 같이 사용자 수가 늘어날수록 SIR이 지속적으로 감소함을 알 수 있다.

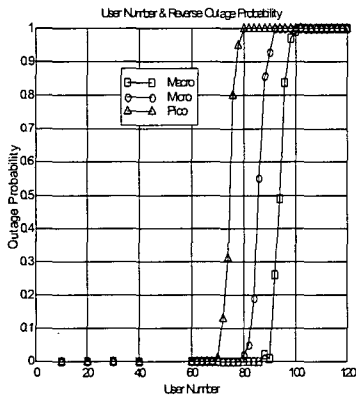


그림 5. 역방향 Outage 확률
Fig. 5 Reverse outage probability

SIR 특성은 매크로 셀, 마이크로 셀, 피코 셀 순으로 좋게 나타났다. 역방향 링크의 SIR이 0.01보다 작을 경우를 outage로 보고 모든 셀에서 할당된 사용자 수에 대해 outage 평균을 취하면 그림 5와 같은 결과가 나온다. 매크로 셀의 경우 약 90명에서 outage 확률이 급격히 높아지며, 마이크로 셀과 피코 셀은 각각 80명과 70명에서 급격한 증가를 보인다.

outage가 2% 일 때의 사용자 수를 용량으로 정의하면 각 계층 시스템의 셀당 용량은 그림 6과 같다.

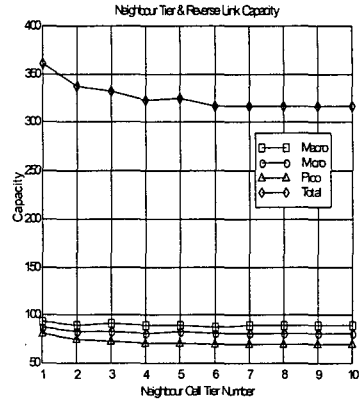


그림 6. 역방향 시스템 용량
Fig. 6 Reverse link system capacity

이 용량은 셀의 크기와 상관없이 단위 셀당 용량을 의미한다. 따라서 계층 셀 시스템은 단위 면적당 용량으로 평가하는 것이 타당하다. 따라서 매크로 셀 하나를 기준으로 시스템 용량을 정의하면 매크로 셀 하나와 그 안에 포함된 마이크로 셀 및 피코 셀의 개수가 고려된 용량을 계산할 수 있다. 이를 간접 계산에 고려하는 이웃 셀의 겹수에 따라 나타내면 그림 6의 Total 그래프와 같다.

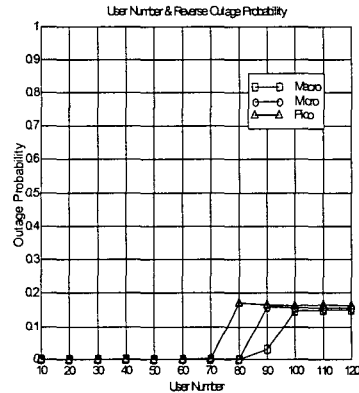


그림 7. 호수락 제어 시의 outage 확률
Fig. 7 Outage probability with call admission control

호수락 제어에 의해 outage가 일어나는 SIR 값에 이를 때 새로운 호를 차단하면 outage 임계치 이상의 통화 품질 저하가 일어나지 않아 QoS를 확보할 수 있다. 이에 대한 대가로 새로운 호의 추가 수락이 거부되고 이는 호 차단율 증가로 나타난다.

그림 7은 호 수락 제어에 의해 시스템 전체의 outage 확률이 더 이상 증가하지 않고 일정한 값을 유지함을 보여 준다.

호 수락 제어를 실행 했을 때 호 차단 확률(Call Blocking Probability)을 그림 8에 나타내었다.

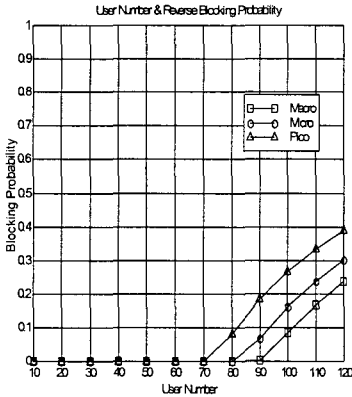


그림 8. 호 수락 제어 시의 blocking 확률
Fig. 8 Blocking probability with call admission control

매크로 셀, 마이크로 셀, 피코 셀 각각에 대해 90, 80, 70 이후부터 blocking 확률이 점차로 증가함을 알 수 있다.

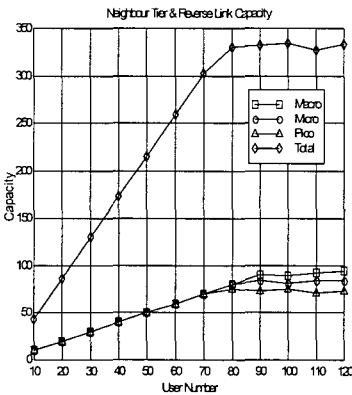


그림 9. 호 수락 제어 시의 시스템 용량
Fig. 9 System capacity with call admission control

그림 9는 호 수락 제어 시의 각 계층 시스템의 셀 용량과 매크로 셀 단위당 시스템 용량을 보여준다. 특정 임계값 이후부터는 각 계층 시스템에서 더 이상의 접속 수 증가가 일어나지 않는다. 따라서 전체 시스템 용량도 수렴

하는 특성을 보인다.

그림 10은 호 수락 제어 시의 시스템 용량 변화를 호 수락을 사용하지 않을 때와 비교한 것이다. 점선이 호 수락을 적용하지 않은 결과이고 실선은 호 수락을 적용한 결과이다. 간섭 계산 고려 셀 접속수에 상관없이 전 영역에서 호 수락 제어 시의 용량이 약 20% 정도 향상됨을 알 수 있다.

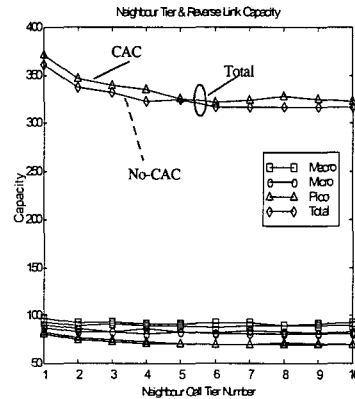


그림 10. 호 수락 제어 전후의 시스템 용량
(점선:NO-CAC,실선:CAC)
Fig. 10 System capacity with and without call admission control

IV. 결론

미래의 이동 통신시스템은 멀티미디어 서비스 제공해야 하며, 유한한 무선 자원을 효율적으로 사용하고 서비스 품질(QoS)를 안정적으로 제공하기 위해 셀룰라 시스템의 구조와 운영 방식 개선이 필요하다.

본 논문에서는 위의 목표를 달성하기 위한 방법의 일환으로 계층 셀 시스템에서 적용되는 호 수락 제어 방식을 제안하였다. 그리고 매크로 셀, 마이크로 셀, 그리고 피코 셀이 존재하는 계층 셀 시스템 모델 하에서 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 제안된 호 수락 제어 방식의 효과를 분석 연구하였다.

간섭 계산 고려 셀 접속수에 상관없이 전 영역에서 제안된 호 수락 제어 알고리즘을 적용했을 때의 시스템 수용 용량이 호 수락을 적용하지 않은 결과에 비해 약 20% 정도 향상됨을 알 수 있었다.

계층 셀 구조를 기반으로 한 호 수락 제어 알고리즘은 시스템 설계와 S/W 개발에 적용되어 자원의 이용 효율을 최대로 하며 시스템의 안정도를 높일 수 있는 시스템 개발에 기여할 수 있을 것이며, 망 사업자의 과금 정책 수립에도 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] A. Bria, F. Gessler, O. Queseth, R. Stridh, M. Unbehau, J. Wu, J. Zander, "4th-Generation Wireless Infrastructures: Scenarios and Research Challenges," IEEE Personal Communications, pp. 25-31. December, 2001.
- [2] Chang R.F., Wang S.W., "QoS based call admission control for integrated voice and data in CDMA systems," Proc. PIMRC '96, pp. 623-627, 1996.
- [3] Liu Z., Zarki M.E., "SIR-based call admission control for DS-CDMA cellular systems," IEEE Trans., SAC-12, pp.638-644. 1994.
- [4] N. Dimitriou, R. Tafazolli, "Quality of Services for Multimedia CDMA," IEEE Communications Magazine, pp. 88 - 94, July 2000.
- [5] O. Sallent, J. P. Romero, R. Agustí, F. Casadevall, "Provisioning Multimedia Wireless Networks for Better QoS: RRM Strategies for 3G W-CDMA," IEEE Communications Magazine, pp. 100 - 106, February, 2003.
- [6] J. Zander, S. L. Kim, *Radio Resource Management for wireless networks*, Artech House Publishers, Boston 2001.
- [7] C. W. Sung, K. W. Shum, "Channel assignment and layer selection in hierarchical cellular system with fuzzy control," IEEE Transactions on Vehicular Technology, V.50 N.3, 2001 -05 01
- [8] G. Boggia, P. Camarda, N. Di Fonzo, "Teletraffic analysis of hierarchical cellular communication networks," IEEE Vehicular Technology, Vol. 52, Iss. 4, pp. 931 - 946, July 2003.
- [9] 김 호준, "Wrap Around 기법에 의한 CDMA 셀룰라 시스템 시뮬레이션 효율에 관한 연구," 한국통신학회 논문지, 제28권, 5A호, pp.276 - 283, May, 2003.

저자소개



김 호 준(Ho-Joon Kim)

1986년 2월 연세대학교 전기공학과
학사
1988년 2월 연세대학교 전기공학과
석사

1988년 3월~1993년 4월 삼성종합기술원 주임연구원
1998년 8월 연세대학교 전기공학과 박사
1999년 2월~2001년 3월 삼성전자 통신연구소 수석 연구원
2001년 3월~현재 전주대학교 전기전자정보통신공학부
교수

※ 관심분야 : 통신 시스템, 이동통신, IMT-2000 System and Beyond