하향링크 무선 통신 시스템에서의 Inter-cell DCA 알고리즘

준회원 김 효 수*, 종신회원 김 동 회**, 정회원 박 승 영***°

Inter-cell DCA Algorithm for Downlink Wireless Communication Systems

Hyo-Su Kim* *Associate Member,* Dong-hoi Kim** *Lifelong Member,*
Seung-Young Park***° *Regular Member*

요 약

주파수 재 사용률이 1인 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 시스템에서는 인접한 셀에서 동일채널을 사용하는 것은 셀 간 간섭(Inter-cell-Interference)이 발생하므로 셀 간 간섭을 최소로 하는 채널할당이 이루어져야 한다. 본 논문에서는 OFDMA환경에서 새로운 최대 CNIR(Carrier to Noise and Interference Ratio) 기반의 분산형 Inter-cell DCA (Dynamic Channel Allocation) 알고리즘을 제안한다. 제안된 Inter-cell DCA 알고리즘은 자신의 셀에서 채널할당 요구 시 자신의 셀 내에서 채널이 포화상태이거나 할당 가능한 채널이 남아 있지만 주변 셀 간섭으로 인해 기준 CNIR 문턱치 값을 만족하지 못할 경우에도 인접한 셀의 할당 가능한 채널들의 CNIR을 검색하여 최대값을 갖는 채널을 할당하는 방법이다. 제안된 방법은 채널 할당 확률을 높여 신규호 블록율과 신규호 생성에 의한 기존채널의 강제 종료율을 동시에 감소시켜 시스템 수율을 향상시킬 수 있음을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

Key words : Dynamic channel allocation, OFDMA, Newcall block rate, Forced termination rate, System throughput

ABSTRACT

In OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) system that frequency reuse factor is 1, as the same channels in the neighborhood cells creates inter-cell co-channel interference which provides a resource underutilization problem, channel allocation schemes to minimize inter-cell interference have been studied. This paper proposes a new CNIR (Carrier to Noise and Interference Ratio)-based distributed Inter-cell DCA (Dynamic Channel Allocation) algorithm in the OFDMA environment with frequency reuse factor of 1. When a channel allocation is requested, if there is not a free channel in home cell or the available free channels in home cell do not satisfy a required threshold value, the proposed Inter-cell DCA algorithm finds CNIR values of available free channels in the neighborhood cells and then allocates a free channel with maximum CNIR value. Through the simulationresults, we find that the proposed scheme decreases both new call block rate and forced termination rate due to new call generation at the same time because it increases channel allocation probability.

※ 2007년도 강원대학교 신임교수 학술연구조성비로 연구하였음.
* 강원대학교 전자통신 공학과 석사과정(ssussulove@kangwon.ac.kr), ** 강원대학교 전자통신 공학과 조교수 (donghk@kangwon.ac.kr)
*** 강원대학교 전자통신 공학과 조교수 (s.young.park@kangwon.ac.kr)(° : 교신저자)
논문번호 : KICS2008-03-132, 접수일자 : 2008년 3월 18일, 최종논문접수일자 : 2008년 7월 15일

Ⅰ. 서 론

무선통신 시스템에서 채널 할당은 성능의 관점에서 매우 중요하다. 사용자가 새로운 호를 구성하고자 할 때 마다 사용자는 기지국에 채널요구를 하고 기지국은 채널에 여유가 있으면 채널을 할당한다. 그러나 무선 통신에서는 한정된 주파수 대역이 할당되어 있기 때문에 채널수에 제약이 있어 각 셀에서 사용가능 한 채널의 수는 제한적이다. 따라서 제한된 채널을 효율적으로 사용하여 한 셀 내에서의 새로운 호에 대한 거절 또는 차단확률을 최소화할 필요가 있다.

최근의 많은 무선통신 시스템들이 주파수 재사용률이 1인 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 방식을 채택하고 있다. OFDMA 시스템에서는 같은 셀 내에서는 주파수 직교성이 유지되어 간섭이 일어나지 않지만 다른 셀에서는 동일 채널을 사용할 경우 셀 간 간섭(Inter-Cell Interference)이 발생한다. 따라서 차세대 무선통신 무선자원 관리에서는 셀 간 간섭 제어가 중요한 이슈가 되고 있다[1-7].

다중 셀 환경에서 셀 간 간섭을 줄이면서 시스템 수율을 증가시키기 위해 DCA(Dynamic Channel Allocation) 알고리즘을 사용한다. DCA 알고리즘은 중앙형(Centralized) DCA와 분산형(Distributed) DCA로 나뉘며 중앙형 DCA는 새로운 호가 발생되면 그때마다 시스템에 속한 모든 자유 채널들을 관리하는 중앙정보센터에서 채널이 선정되며 이는 최적의 성능을 나타내지만 계산 량이나 기지국간의 정보교환이 시스템 부하를 높이게 된다. 따라서 채널할당을 각 셀로 분산하여 채널을 할당하는 분산형 DCA가 제안되고 있다. 기존의 분산형 DCA 방법 중 셀간 간섭을 줄이기 위한 연구로는 CNIR에 기반한 분산형 DCA 알고리즘[8, 9, 12]이 있으며 이러한 알고리즘은 모든 셀이 독립적으로 채널할당을 하게 된다. 기존의 CNIR에 기반한 분산형 DCA에서는 사용자가 특정 셀에 집중될 경우 인접 셀의 채널을 빌려 사용하는 방법을 사용했으나 주파수 재 사용률이 1인 OFDMA 시스템은 인접한 기지국의 채널을 빌려오게 되면 주파수 직교성이 유지될 수 없으므로 심한 간섭이 일어나게 되며, 따라서 기지국으로부터 오는 수신 전력에 의해 결정된 자신의 셀(Home cell)의 채널만으로 채널 할당이 한정된다. 따라서 채널할당을 할 수 있는 범위가 자신의 셀에서만 한정되어 자신의 셀에 속한 모든 채널이 사용 중이거나 셀간 간섭이 심할 경우 신규호 블록율과 강제 종료율이 증가하며 시스템 수율을 떨어뜨리게 된다. 따라서 본 논문에서는 주파수 재 사용률이 1인 OFDMA 시스템에서 시스템 부하를 줄이고 셀 간 간섭을 최소화 하기 위하여 신규호 발생 시에는 수신 전력의 세기에 따라 결정된 자신의 셀에서 채널할당을 하고 신규호 블록이나 강제 종료가 발생하면 인접 셀 검색을 통하여 시스템의 수용능력을 높이는 수신신호 세기에 기반한 분산형 Inter-cell DCA 알고리즘을 제안한다. 시스템 성능을 비교하기 위해 동일한 시스템 환경에서 제안한 Inter-cell DCA 알고리즘에 의한 신규호 블록율과 강제 종료율에 대한 성능을 기존의 DCA 알고리즘에서의 성능과 비교 분석하였다.

본 논문의 Ⅱ장에서는 시스템 모델과 시스템에서의 CNIR을 정의하고, Ⅲ장에서는 기존의 DCA 알고리즘, Inter-cell DCA 알고리즘을 비교할 것이다. 그리고 Ⅳ장에서는 시뮬레이션에 사용한 파라미터들과 그에 따른 시뮬레이션 결과를 보일 것이며, 마지막으로 Ⅴ장에서는 결론을 논한다.

Ⅱ. 시스템 모델

그림 1은 본 논문에서 사용한 재사용 거리가 1인 하향링크 OFDMA 환경을 보여주고 있다. 여기에서 R_0, R_1, R_2, R_3는 동일 채널을 사용하고 있는 사용자가 존재하는 기지국들이고, 이때 동일 채널을 사용하는 사용자들은 T_0, T_1, T_2, T_3이다. 또한, 거리 $d_{i,j}$는 사용자 T_i와 기지국 R_j 사이의 거리이다.

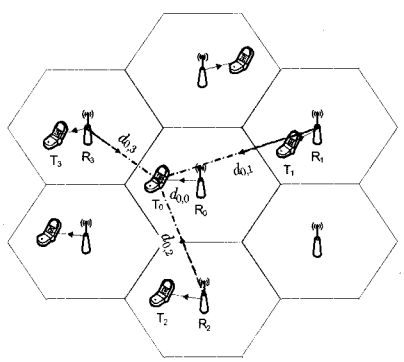


그림 1. 시스템 모델

사용자 T_0는 인접한 셀의 같은 채널을 사용하고 있는 기지국 R_1, R_2, R_3으로부터 간섭을 받게 된다. 기지국의 전송전력이 P_t일 때 기지국 R_0과의 거리가 $d_{0,0}$인 사용자 T_0가 받는 수신전력 $P_r(d_{0,0})$는 식 (1)과 같이 정의할 수 있다.

$$P_r(d_{0,0}) = C \cdot P_t \cdot d_{0,0}^{-\alpha} \cdot 10^{\beta_{0,0}/10} \quad (1)$$

여기서, α는 경로 감쇄 지수이고, $\beta_{0,0}$는 T_0 - R_0 경로의 쉐도우를 나타낸다. C 는 Constant loss이며 본 논문에서는 21.5mW이다[14]. 식(1)을 이용하여 사용자 T_i의 $CNIR_i$을 식 (2)와 같이 정의 할 수 있다.

$$CNIR_i = \frac{P_r(d_{i,j})}{N + \sum_{k \neq j} P_r(d_{i,k})}, \quad (2)$$

여기서, $d_{i,j}$는 사용자 T_i와 기지국 R_j와의 거리이며 N은 백색잡음이다.

Ⅲ. DCA 알고리즘

동적 채널 할당(DCA)이란 채널들을 새로운 호가 발생 될 때 마다 채널을 할당하며 하나의 호가 종료되면 종료된 호를 위하여 할당 되었던 채널들은 반납되는 방법이다 [8]. 동적 채널 할당은 중앙형과 분산형의 나누어진다. 중앙형 DCA는 모든 채널을 관리하는 중앙 정보 센터에서 채널이 선정되며 특정의 채널 선발 알고리즘을 통하여 후보가 될 유휴 채널들 중에서 채널이 선택된다. 중앙형 DCA 방식들은 거의 최적의 성능을 나타내지만 계산 량이나 기지국들 간의 정보 교환이 시스템 부하를 높이게 된다. 따라서 채널할당을 각 셀로 분산하여 채널을 할당하는 분산형 DCA가 제안되고 있다. 분산형 DCA는 모든 셀이 채널할당을 독립적으로 이루게 되며, 셀 간 간섭을 최소로 하여 채널을 할당하는 방법으로는 CNIR에 기반한 분산형 DCA 알고리즘[8, 9, 12]이 있다. 본 논문에서는 CNIR에 기반한 분산형 DCA[12]와 제안하는 Inter-cell DCA를 비교 하였다.

3.1 기존의 DCA 알고리즘 (Existing Dynamic Channel Allocation)

기존의 DCA 알고리즘이란 CNIR에 기반한 분산형 DCA로서 신규호가 발생되면 수신 전력이 가장 큰 기지국(Home Cell)을 찾아 채널할당 요청을 하며 요청된 기지국이 가지고 있는 사용 가능한 채널 중 임의로 선택된 채널의 CNIR 을 측정하여 문턱치를 넘어서는 경우에 채널을 할당하는 방법이다[12]. 이때 채널 할당은 사용 가능한 채널 중 CNIR 문턱치를 만족하는 채널이 없거나 만족하는 채널을 찾으면 종료하며, 각 셀은 독립적으로 채널할당이 이루어지므로 동일시간 발생한 사용자의 간섭 정보는 알지 못한다. 채널 재사용률이 1이하인 FDMA환경에서 분산형 DCA 알고리즘은 하나의 기지국에 유저가 집중 될 경우 인접한 셀의 채널을 빌려올 수 있지만 OFDMA 환경에서는 주파수 재 사용률이 1이므로 인접 셀의 사용 중이지 않은 채널을 빌려올 경우 주파수 직교성이 위배되어 동일 셀 안에서 심한 간섭을 발생하게 되므로 채널을 빌려 사용할 수 없게 된다. 그림 2는 수신신호 세기에 기반한 기존의 분산형 DCA 알고리즘에서 신규호가 발생하였을 경우의 채널 할당의 예를 보여준다. 실선은 전송중인 기지국으로부터 사용자가 받는 수신 전력이며 점선은 인접 셀 간섭이다.

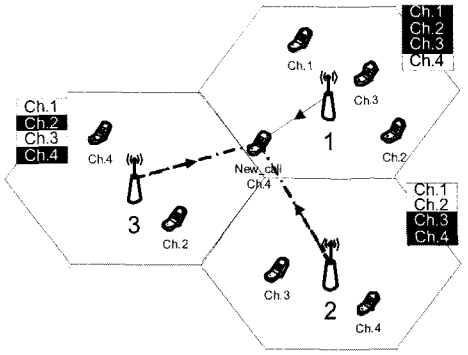


그림 2. 기존의 DCA 알고리즘의 동작 예

그림 2에서 1번 셀에 신규호가 생성 되었다고 하면 신규호는 4번 채널을 할당 받을 것이다. 그러면 인접한 2번과 3번 셀에서 동일 채널을 사용하고 있는 사용자가 존재하여 셀 간 간섭이 발생하게 되므로 CNIR 측정치가 문턱치를 만족하지 못하여 채널할당에 실패 할 수 있다. 만약 이 사용자가 채널할당에 성공하게 되었더라도 인접한 셀에서 동일 채널을 사용하고 있는 사용자에게 간섭을 주어 기존에 연결 되어있던 사용자의 CNIR을 떨어뜨리게 된다. 따라서 연결되어 있던

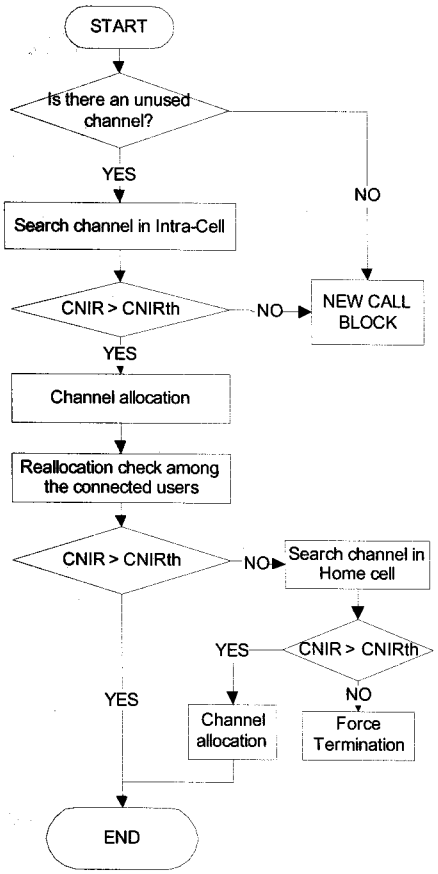


그림 3. 기존의 DCA 알고리즘 흐름도

사용자가 강제 종료 될 수 있다 (즉, 강제 종료율이 증가할 수 있음.).

그림 3은 기존의 DCA 알고리즘의 흐름도이다. 한 명의 신규호의 발생 시 초기 채널 할당 및 재 할당 과정을 보여준다. 채널할당 방식은 앞서 말했듯 모든 기지국이 독립적인 채널 할당을 하며 신규호가 발생 했을 경우 Home Cell 중 사용 가능한 채널을 CNIR 문턱치를 만족하는 채널이 검색 될 때까지 임의로 선택하여 할당 받으며 Home Cell의 모든 채널을 검색한 후에도 할당을 받지 못하면 신규호 차단이 발생한다. 또한 신규호 발생으로 인한 간섭정보의 증가로 채널 재 할당을 하게 되는데 이도 신규호 발생 시와 마찬가지로 채널을 할당 받게 된다.

3.2 제안하는 Inter-cell DCA 알고리즘

기존의 DCA 알고리즘은 채널 할당 시 Home Cell 로 채널 할당이 제한되었다. 이는 CNIR이 좋은 유저는 채널할당을 받을 수 있지만 셀 경계에 위치한 유저는 인접 셀 간섭으로 인하여 측정되는 CNIR이 작아 채널 할당이 어렵게 된다. 그림 2에서 발생한 신규호는 셀 경계 부분에서 발생 하였으므로 수신 전력은 Home Cell인 1번 셀에서 가장 크게 되지만 인접한 3번 셀에서 오는 수신 전력도 크게 된다. 하지만 3번 셀의 1번 채널을 할당 받게 되면 1번 셀에서 채널을 할당 받게 되는 것 보다 간섭의 양의 작아지게 되므로 측정된 CNIR이 크게 되어 채널을 할당 받을 수 있게 된다. 즉, 사용자의 수신 전력은 유저의 위치에 근거하므로 셀 경계에 위치한 유저는 가깝게 인접한 기지국에서 오는 수신 전력도 크게 되며 하향링크 간섭은 서비스를 받는 기지국 위치에 근거하므로 어떠한 셀에 속하여 서비스를 받는지에 따라 간섭의 크기가 달라진다. 따라서 인접한 기지국에서 서비스를 받을 수 있다면 간섭의 유무에 따라 서비스를 받을 수 있게 된다.

제안하는 Inter-cell DCA 알고리즘은 신규호가 발생되었을 경우 기존의 DCA와 같이 각 셀에서 독립적으로 채널할당을 받으며 신규호 차단이 일어났을 경우 차단되기 전 Home Cell은 인접한 셀(Inter-cell)에게 채널 할당요청을 하며 할당 받을 수 있는 채널 중 CNIR측정치가 가장 큰 채널을 할당 받게 된다. 이는 Home Cell이 채널 할당 및 핸드오버를 위해 인접 셀 채널 정보를 알고 있으므로 가능하다. 또한 신규호 발생으로 인한 간섭의 증가로 강제 종료 호가 발생하였을 경우도 마찬가지로 강제종료 전 Home Cell의 인접한 셀로 채널 할당요청을 하여 채널을 할당 받을 수 있다. 이때 연결되어 있던 유저는 Home Cell에서 Inter-cell로 핸드오버 하게 된다. 인접 셀로의 채널 할당은 각 셀의 동일시간 발생한 사용자의 초기 채널 할당 및 재 할당 후 요청 되며 이는 기존의 DCA 알고리즘에서 신규호 차단이나 강제종료 될 수 있었던 사용자의 채널 할당 범위를 인접 셀로 넓히게 된다.

그림 4는 이러한 Inter-cell DCA 알고리즘에서 신규호가 자신의 셀에서 차단되었을 때 인접 셀로부터 초기 채널을 할당 받는 동작의 예를 보인다. 신규호가 기지국 1의 4번 채널할당에 실패한 경우, 기지국 1(Home Cell)은 인접 셀로 채널할당 요청을 한다. 여기서 채널할당의 실패는 채널이 포화상태이거나 할당 가능한 채널의 CNIR 측정치가 문턱치를 만족하지 못하는 경우이다. 이에 인접 셀은 할당 가능한 채널 (즉, CNIR 측정치가

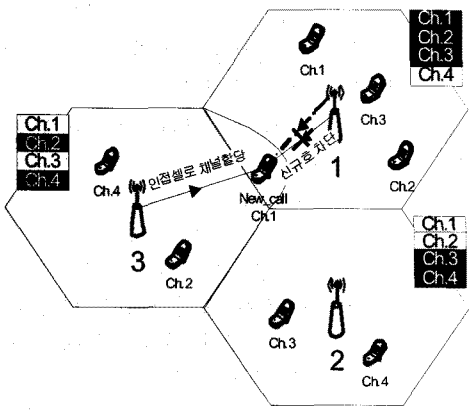


그림 4. 제안하는 Inter-cell DCA알고리즘 동작 예(신규호 차단 시)

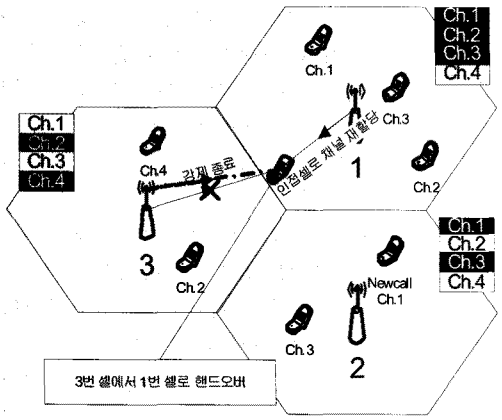


그림 5. 제안하는 Inter-cell DCA 알고리즘의 동작 예(강제종료 시)

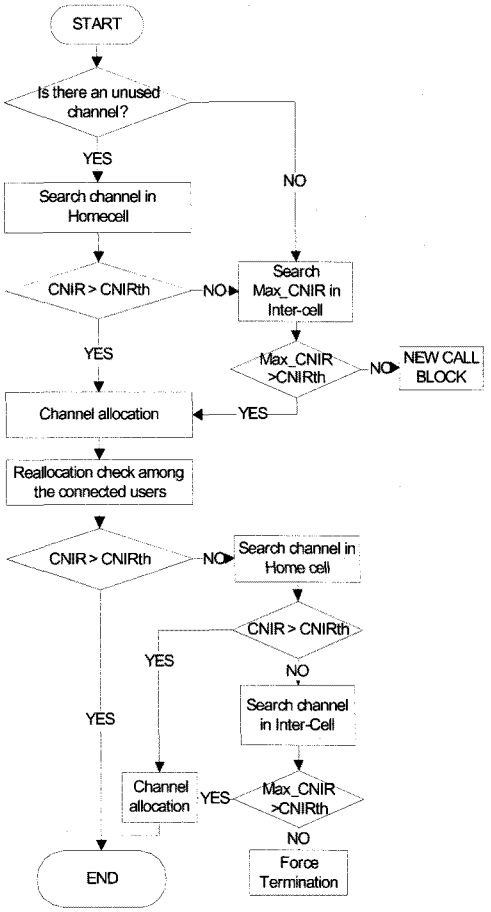


그림 6. 제안하는 Inter-cell DCA 알고리즘의 흐름도

문턱치 이상인 채널) 들 중 최대의 CNIR을 갖는 채널을 할당하게 된다. 그 결과 셀 3의 채널 1이 신규호에 할당되게 된다.

그림 5는 연결되어 있던 사용자가 신규호 발생으로 인한 간섭의 증가로 채널 재 할당 시의 Inter-cell DCA의 예이다. 2번 셀에서 또 다른 신규호에게 1번 채널을 할당하게 되면 Inter-cell DCA 알고리즘에 의해 채널을 할당 받은 사용자는 인접 셀 간섭의 증가로 인해 강제 종료가 될 수도 있을 것이다. 강제 종료가 된다면 3번 셀은 인접 셀로 채널 재 할당 요청을 하며 사용자는 요청된 셀의 사용 가능한 채널 중 CNIR측정치가 가장 큰 셀의 채널로 채널을 재할당 받게 된다. 그림5에서는 2번 셀의 4번 채널이 반납되어 1번 셀의 4번 채널의 할당이 가능함을 보여 주고 있다.

그림 6은 제안하는 Inter-cell DCA 알고리즘의 흐름도이다. 한 명의 신규호 발생 시 초기 채널 할당 및 재 할당 과정이다. 모든 셀은 독립적인 채널 할당을 하며 동일시간에 발생한 유저는 채널 할당 전의 과거 간섭정보만으로 채널 할당을 이루며 인접 셀 검색으로 인한 채널 할당 및 재 할당은 동일시간 발생 유저의 채널 할당 후 하게 된다.

Ⅳ. 시뮬레이션 결과

표 1 [12-15]는 Inter-cell DCA와 기존의 DCA 알고리즘의 성능 분석을 위하여 사용한 시뮬레이션 파라메타 값들이다.

전체 셀의 수는 cell wrapping[12]을 고려한 19개의 셀로 구성되어 있으며 각 셀의 반경은 1000m

표 1. 시뮬레이션 파라메터

Item	Value
Number of cells	19
Cell radius	1000m
Number of users per cell	20
Average call holding time	180sec
Simulation time	1000sec
Time of condition check	10sec
Number of channels	20
CNIR threshold($cnir_{th}$)	3dB
System bandwidth	10MHz
Channel bandwidth	1MHz
Carrier frequency	2.3GHz
Transmit power(P_t)	36dBm
Noise density	-174dBm/Hz
Noise figure	6dB
Path loss exponent(α)	3.74
Standard deviation of shadowing(β)	10dB
Shadowing correlation between cells	0.5
Preference weight(ω)	4.0
Pheromone weight(σ)	1.15
Number of generations(g)	500

이다. Inter-cell 알고리즘에서 채널의 검색범위는 해당 셀 주위의 1-tier에 존재하는 셀들로 한정한다. 간섭영역은 2-tier로 가정한다. 사용자는 한 셀당 균일하게 20명까지 존재하며 콜 생성과 종료를 랜덤 한 위치에서 이루게 된다[12]. 또한 콜 유지시간은 평균 180초인 지수분포를 따른다[12]. 모든 시뮬레이션 결과는 독립적인 20번 실행결과를 평균하여 구하였으며 신규호 도착율에 따른 결과는 모든 신규호 도착율에서 채널사용량이 포화상태인 시간(1000초) 후 의 결과 값이다.

4.1 신규호 블록율

신규호 도착율는 한 셀에서 time step (여기서는 10sec) 당 20명의 사용자 중 서비스를 시작할 확률 값이며 시간 t까지 발생한 신규호 블록율은 요청된 신규호 중에서 채널을 할당 받지 못하고 블록 된 수의 비율로 아래의 식(3)과 같이 정의한다.

$$N(t) = \frac{\sum_t block(t)}{\sum_t Newcall(t)} \quad (3)$$

여기서, $Newcall(t)$는 시간 t에서 발생하는 신규호의 개수이고, $Block(t)$는 시간 t에서 발생하는 블록 된 신규호의 개수이다.

그림 7은 기존의 DCA와 Inter-cell DCA의 신규호 도착율에 따른 신규호 블록율이다. Home Cell에 있는 채널만을 검색하는 기존의 DCA 보다는 주변 셀을 검색하여 채널을 할당하는 Inter-cell DCA의 신규호 블록율이 현저히 낮음을 알 수 있다. 이러한 성능향상의 원인은 다음과 같이 설명할 수 있다. 각 셀의 경계 부분에서 수신전력이 낮아 자신의 셀에 할당 받을 수 있는 채널이 존재하지 않는 사용자들은 주변 셀 검색을 통해 채널을 할당 받을 수 있다. 이렇게 인접 셀로부터 할당 받을 수 있는 채널은 소속 셀에서 사용되고 있지만 인접 셀들이 많이 사용하고 있지 않아 간섭전력이 상대적으로 낮은 채널일 것이다. 또한 자신이 속한 셀의 채널이 모두 사용중일 경우 주변 셀의 사용되지 않는 채널들 중 CNIR 문턱치 이상의 CNIR 값을 갖는 채널을 할당 받을 수 있다. 이는 기지국으로부터 오는 수신전력의 세기가 작아 자신의 셀에서는 채널 할당을 받을 수 없었던 셀 경계의 사용자들에게 주변의 셀들의 사용하지 않은 채널들 중 간섭이 적은 채널을 할당 받을 수 있기 때문이다. 그림 7로부터 전체적인 신규호 블록율은 신규호 도착율과 비례함을 알 수 있다. 그런데 신규호 도착율 0.0185의 신규호 블록율보다 0.0190의 신규호 블록율이 작게 나타나는 것은 독립적으로 분포된 사용자에 대한 시뮬레이션을 20번 반복하여 얻은 결과로서 시뮬레이션 반복 회수를 증가 시킨다면 모든 신규호 도착율에 대해 신규호 블록율이 비례하는 결과를 얻을 수 있을 것이다.

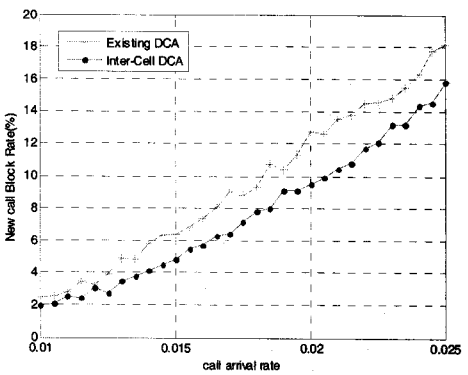


그림 7. 신규호 블록율

4.2 강제 종료율

강제 종료율은 신규호 블록이 일어나지 않은 사용자 중에서 신규호의 생성으로 인한 연결되어 있던 사용자의 채널 재 할당 시 CNIR 측정치가 문턱치를 만족하지 못하여 강제종료 되는 유저의 비율이다. 강제 종료율은 식(4)와 같이 정의할 수 있다.

$$F(t) = \frac{\sum_t Force(t)}{\sum_t Newcall(t) - \sum_t block(t)} \quad (4)$$

여기서, $Force(t)$는 시간 t에서 발생하는 강제 종료 호의 개수이다

그림 8은 신규호 도착율에 따른 강제 종료율을 보여준다. 2번 셀에서 1번 채널을 사용하는 신규호가 발생하였으며 4번 채널을 사용하는 사용자는 종료 되었다. 기존의 DCA 알고리즘에서의 강제 종료율은 신규호 발생에 의한 강제종료가 이루어 질 때 수신전력이 가장 큰 자신의 셀에서 사용가능 한 채널을 찾게 되는 반면, 제안하는 Inter-cell DCA 알고리즘에서는 채널 재할당으로 인하여 강제종료가 이루어지기 전에 기존에 연결되어 있던 기지국이 인접 셀로 채널 재 할당을 요청하여 사용 가능한 채널이 있는 기지국으로 재 할당하여 강제 종료를 막게 된다. 따라서 주변 셀들에서 채널 재할당을 시도하므로 채널 재 할당가능성이 증가되므로 강제 종료율 역시 기존의 DCA 알고리즘 보다 향상됨을 알 수 있다. 그림 8에서 신규호 도착율 0.0160의 강제 종료율이 0.0165의 강제 종료율 보다 작게 나타남을 보이는데 이 또한 각 시뮬레이션 실행 시 유저의 분포가 독립적으로 분포하므로 일어난 현상이며 전체적인 강제 종료율은 신규호 도착율과 비례함을 알 수 있다.

4.3 시스템 수율

시스템 수율은 생성된 신규호와 신규호 블록 및 강제종료를 경험하지 않고 통화가 종료되거나 서비스되고 있는 호의 비율로 식 (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$S(t) = \frac{\sum_t Newcall(t) - \sum_t Block(t) - \sum_t Force(t)}{\sum_t Newcall(t)} \quad (5)$$

그림 9은 신규호 도착율에 따른 시스템 수율을 보여준다. 기존의 DCA보다 Inter-cell DCA의 시스템 수율이 좋음을 확인할 수 있으며, 신규호 도착율이 많으면 시스템 수율은 떨어지지만 높아지는 경우도 발생하는데 이는 시뮬레이션 실행마다 독립적인 유저분포를 가지고 있기 때문이며 전체적인 신규호 도착율과 시스템 수율의 전체적인 경향은 반비례한다. 신규호가 발생 했을 경우 기존의 DCA 알고리즘에서는 채널할당이 수신 전력이 가장 좋은 셀을 자신의 셀로 하여 CNIR 문턱치를 만족하는 경우 채널할당이 성공하였으며 주파수 재 사용률이 1이므로 인접한 기지국의 채널을 빌려 사용할 수 없으므로 채널할당이 자신의 셀로 한정되었다. 그러나 제안하는 Inter-cell DCA 알고리즘은 신규호 블록이 일어났을 경우 인접 셀에 채널 할당 요청을 하게 됨으로써 채널할당의 범위가 넓어져 초기의 채널할당의 확률이 높아지게 되어 채널할당의 확률을 높이게 되었다.

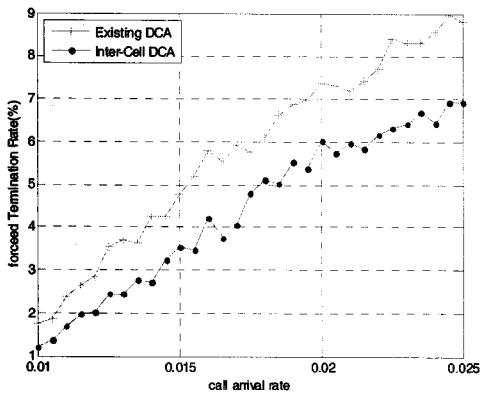


그림 8. 강제 종료율

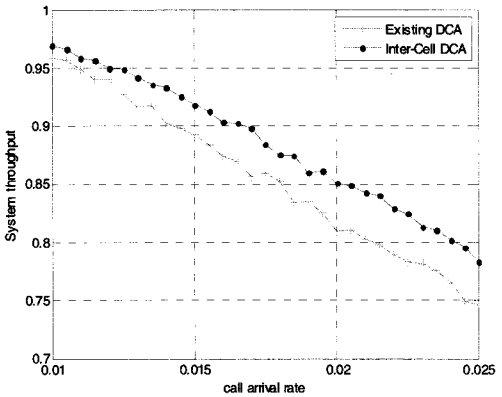


그림 9. 시스템 수율

이는 수신 전력이 약하여 기존의 DCA에서는 신규호 블록이 되는 셀 외곽의 사용자에게 보다 많은 채널할당의 기회를 주는 것이다. 또한 강제종료호가 발생 하였을 경우 인접 셀에 채널 재 할당 요청을 하며 할당 가능한 채널이 존재한다면 할당 가능한 채널이 존재하는 셀로 핸드오버하여 강제종료를 줄일 수 있었다. 즉 신규호 블록율과 강제 종료율을 낮추게 되어 시스템 수율을 높일 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 차세대 무선통신 환경인 OFDMA 환경에서 주파수 재 사용률이 1인 경우 기존의 수신신호 세기에 기반한 분산형 DCA 알고리즘과 제안 하는 Inter-cell DCA 알고리즘을 비교 분석하였다. 기존의 DCA 알고리즘은 OFDMA 시스템에서 주파수 재 사용률이 1이 되므로 특정 셀의 할당가능 한 채널이 없게 되면 인접한 셀의 채널을 빌려 사용할 수 없었다. 따라서 수신 전력으로 결정된 Home Cell에서만 채널할당이 가능하여 높은 신규호 블록율을 보였으나 제안하는 Inter-cell DCA 알고리즘은 Home Cell에서 채널할당 실패 시 주변 셀에서 할당 가능한 채널을 검색하여 채널할당을 수행 할 수 있으므로 신규호 블록율 감소하였다. 이는 수신 전력이 약한 셀 경계의 사용자들에게도 채널 할당을 할 수 있는 범위를 주변 셀로 넓혀 채널할당의 기회를 증가 시킨 결과라고 할 수 있다. 수신 전력이 약한 사용자가 채널할당이 이루어지면서 인접 셀에서 같은 채널을 사용하는 신규호 발생시 강제 종료가 될 수 있으나 강제 종료 시에도 인접한 셀로 핸드오버하여 통화가 연결됨으로 강제 종료율의 감쇄를 볼 수 있었다. 또한 신규호 블록율과 강제 종료율의 감쇄는 시스템 수율을 높이게 된다.

참 고 문 헌

[1] D. Kivanc, G. Li, and H. Liu, "Computationally efficient bandwidth allocation and power control for OFMDA," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, Vol.2, No.6, pp.1150-1158, Nov. 2003.

[2] G. Li and H. Liu "Downlink dynamic resource allocation for multicell OFDMA system," *in Proc. IEEE VTC Fall* 2003.

[3] Z. Wang and R. S-Gallacher, "Frequency reuse scheme for cellular OFDM systems" *Electronics Letters,* Vol.38, No.8, pp.387-388, Apr. 2002

[4] S. Yoon, Y. Cho, C.-B. Chae, and H. Lee, "System level performance of OFDMA forward link with proportional fair scheduling," *in Proc. PIMRC,* Vol.2, pp.1384-1388, Sep.2004.

[5] N. Lee and S. Bahk, "Dynamic channel allocation using the interference range in multi-cell downlink systems," *in Proc. IEEE WCNC,* pp.1716-1721, March 2007.

[6] E. Oh, M. Cho, S. Han, C. Woo, D. Hong "Performance analysis of dynamic channel allocation based on reuse partitioning in multi-cell OFDMA uplink systems," *IEICE Trans. Fundamental,* Vol.E89-A, No.6, June 2006.

[7] J. Heo, I. Cha, K. Chang, "A novel transmit power allocation algorithm combined with dynamic channel allocation in reuse partitioning - based OFDMA/FDD system," *in Proc. IEEE ICC,* pp.5654-5659, 2006.

[8] I.Katzela and M.naghshineh, "Channel Assignment Schemes for Cellular Mobile Telecommunication Systems : A Comparative Study" *IEEE Personal Communications,* Vol.3, june 1996, pp.10-31.

[9] J. S. Lee and L. E. Miller, *CDMA System Engineering Handbook,* Cambridge Univ. Press, 1992.

[10] D. P. Agrawal and Q. Zeng, *Introduction to Wireless and Mobile Systems.* University of Cincinnati Press, 2004.

[11] E. Gelenbe and G. Pujolle, *Introduction to Queuing Networks,* New York: John Wiley & Sons,1987.

[12] H. Harada and R. Prasad, *Simulation and software radio for mobile communications,* Artech House Publisher May 2002.

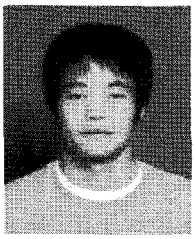
[13] 3GPP2 Technical Specification Group C R1002, *1xEV-DV Evaluation Methodology* (v13.1), 2003.

[14] Recommendation ITU-R M.1225, *Guidelines for Evaluation of Radio Transmission*

Technologies for IMT-2000, 1997.

[15] 3GPP TR 25.892 V1.1.0, *Feasiblity Study for OFDM for UTRAN Enhancement (Release 6),* May 2004.

김 효 수 (Hyo-Su Kim) 준회원



2007년 8월 강원대학교 전자통신공학과 졸업

2007년 9월~현재 강원대학교 전자통신공학과 석사 과정

<관심분야> 차세대이동통신시스템, 무선자원 관리 알고리즘 및 최적화

김 동 희 (Dong-hoi Kim) 종신회원

1989년 한양대학교 전자통신공학과(학사)

1999년 한양대학교 전자통신공학과(석사)

2005년 고려대학교 전파공학과 (박사)

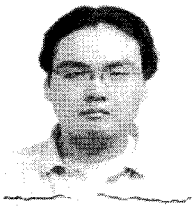
1989년~1997년 삼성전자 전임연구원

2000년~2005년 한국전자통신연구원 선임연구원

2006년 3월~현재 강원대학교 전자통신공학과 조교수

<관심분야> 차세대 이동통신 시스템, 무선 자원 관리 알고리즘 및 최적화

박 승 영 (Seung-Young Park) 정회원



1997년 2월 고려대학교 전파공학과 졸업

1999년 2월 고려대학교 통신시스템학과 석사

2002년 8월 고려대학교 전파공학과 박사

2002년 11월~2003년 3월 고려대학교 BK21 정보통신 사업단 박사후연구원

2003년 4월~2005년 12월 삼성전자 종합기술원 책임연구원

2006년 1월~2007년 2월 미국 퍼듀대학교 박사후연구원

2007년 3월~현재 강원대학교 전자통신공학과 조교수

<관심분야> 이동통신, MIMO, OFDM, multiuser communications, radio resource management