

## 다중 셀 결합 망에 관한 연구

조석필\*

### 요 약

각기 다른 크기를 가진 셀 들을 결합하여 동일한 지역을 담당하도록 구성된 다중 결합 망은 서비스의 고품질을 유지하기 위한 방법으로 높은 통화밀도를 수용하는데 있어서 매우 유용하다. 본 논문에서는 이 부분에 대해서 최근에 분포되어 있는 전 부분을 검토하고 주파수분할 다중 접근 및 시분할 다중 접근 시스템에서의 서로 다른 계층과 다중 결합 망에서의 핸드오버처리에서 예측되는 통화량 처리 성능에 따른 바람직한 스펙트럼 분배에 관한 것을 제시한다.

### 1. 서론

셀룰러 가입자의 수는 지난 십여 년 간 기하급수적으로 증가하여 그 가입자수는 전세계 시장에 8천만 정도가 되고있으며 국가에 따라서는 인구밀도의 25% 이상이 이동 통신을 사용하고 있다. 이러한 급속한 성장과 소비시장의 증대 및 가입자의 기대심리의 증대는 셀룰러 망을 운영하는 운영자로부터 그 요인 분석을 기대 할 수 있다. 특히 이동 전화 가입자는 보다 높은 서비스의 품질을 요구하고 있다. 다시 말해서 언제 어디서나 즉, 공공 장소 쇼핑센터, 전철, 공항, 등 어디든지 통화가 가능하도록 하는 것을 원하고 있다. 여기서의 서비스품질은 높은 통화 품질, 낮은 블로킹 확률, 낮은 호 손실 확률 등의 변수들이 포함될 수 있다.

이러한 주요 목표는 사용자들의 수와 이들에 게 제공되는 Erlang/ $km^2$  에 따른 통화량이 보 가 높아지는 서비스를 유지해야만 한다. 운영자

들은 이러한 요구의 수준을 충족하기 위해서는 시스템의 용량을 증대 시켜야만 한다. 따라서 이러한 것을 해결하기 위해서 이미 몇 가지는 제안되어서 사용되어 지고 있다.

첫째, 하나의 셀을 기본적으로 3개의 보다 작은 서브 셀로 분배한다.

둘째, 불연속 전송에 결합된 호핑 주파수의 사용과 보다 작은 주파수 재사용 클래스와 기지국 당 더 많은 주파수의 사용을 허용하는 전원 제어를 사용한다.

셋째, 재사용 분배, 즉 두 개의 재사용 클러스터는 네트워크에서 사용되어진다. 보다 작은 셀은 기지국 가까이에 있는 사용자와의 통신에 사용되어지며 여기서 사용하는 신호는 매우 높기 때문에 보다 높은 간섭을 수용할 수 있다.

이러한 방법은 오류 발생이 증가하여도 이를 수용할 수 있다. 그러나 이러한 방법은 모두 마이크로 셀을 이용하는 기존 재래식 방식에 의존하고 있는 실정이다. 상대적으로 큰 전송 전력(2~10w)이 고층건물의 꼭대기에 기지국 안테나를 설치하여 이용되고 있으며 단말은 기지국의

직선 가지거리를 벗어날 수 있으나 이것은 상대적으로 작은 클러스터 크기의 사용을 허용한다.

GSM 시스템에 있어서 사이트와 사이트 사이의 거리는 매우 밀도가 높은 도시지역에서 1km 미만이며 가지거리(LOS)조건이 증가하는 주어진 확률조건에서 결과적으로 재사용 패턴은 기존의 12 개 셀 클러스터 규격보다 보다 높아진다. 높은 통화량 요구를 수용하기 위한 해결 방법으로는 제한된 전송전력( 25mW정도)을 가진 기지국과 건물 주위의 지붕아래 위치한 안테나를 사용하는 마이크로 셀을 배치하는 것이다. 여기서의 마이크로 셀은 기본적으로 반경이 300m 미만이다.

마이크로 셀 내의 전파 조건은 주변 환경에 따라 매우 가변적이다[1]. 즉 거리의 폭, 움직이는 물체 등에 따라서 변한다. 사용자들은 거리의 코너를 돌아 갈 때 신호의 세기가 급격히 감소하는 경험을 가질 수 있다. 이러한 급격한 수신 레벨의 변화는 단말이 셀을 떠날 때 통신을 핸드오버하기 위한 충분한 시간을 네트워크에서 가질 수 없기 때문에 고속 단말인 경우는 통신

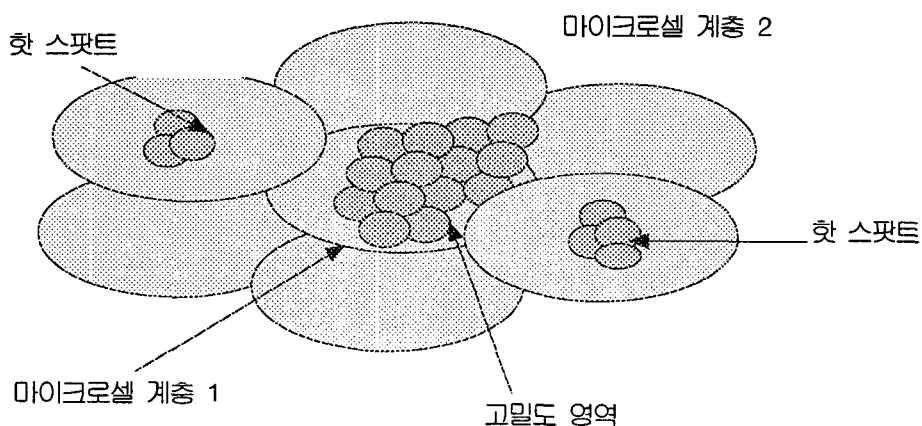
장애를 일으킬 수 있다[2]. 더욱이 그러한 고속의 단말은 많은 핸드오버를 발생시킬 수도 있고 망에서 신호의 증대를 일으킬 수도 있다.

그러므로 마이크로셀은 음영영역 및 마이크로셀이 요구되어지지 않는 저밀도 지역에도 도달할 필요가 있으며 또한 이들은 고속 단말을 수용할 수 있고 핸드오버율을 감소시킬 수 있다.

계층구조의 네트워크 또는 다중결합(다중계층) 셀룰러 시스템(그림.1)의 개념이 논리적 확장 개념으로 보여주고 있다.

마이크로 셀이 서비스 영역(계층 2)의 연속 전달 범위를 제공하는 반면 핫 스팟트는 마이크로셀 계층 1에서 담당한다. 고 밀도지역에서는 마이크로셀과 마이크로셀 사이를 연속적으로 연결이 가능하여 접속 범위가 확장되어 질 수 있다.

3세대 시스템에서는 여러 개의 계층을 포함할 수 있다. 즉, 실내 피코셀, 고밀도 도시영역에서의 마이크로셀, 그리고 마-크로셀을 포함한다. 더욱이 부가적인 계층은 기지국이 없는 지역을 담당하기 위해 위성에 의한 광범위한 지역을 담



〈그림 1〉 다중결합 셀룰러 시스템

당할 수 있는 계층이다. 여러 계층 범위 내에서 위치와 호 절차는 광범위한 서비스를 제공하기 위해 집적되어 질 수 있으며 이러한 경우 다중 모드 단말이 요구되어 지고 다음세대 시스템을 위한 도전이 될 수 있다.

마이크로셀 기지국들의 밀도 있는 배치는 사이트의 잠재적인 높은 수요로 인하여 기존의 마이크로셀의 배치보다도 더 비싸지게 된다. 계층적 구조는 계층들이 상호 보완적으로 연결될 수 있도록 최적화 되어질 수 있어야 한다[3].

여기서의 주요한 3가지 주제는 망 구현에 있어서 반드시 연구되어야한다.

첫째, 운영 망에서 핫 스팟 영역의 검출, 최상의 마이크로 셀 영역 크기의 결정, 마이크로 셀 내부에서의 마이크로 셀 기지국의 위치?

둘째, 계층간의 자원관리; 즉 마이크로셀 내에 할당된 채널의 수, 계층간의 동일주파수 사용 여부?

셋째, 호와 핸드오버의 허용; 한 계층에서 다른 계층으로 단말을 이동할 때의 장점 무엇인지 그리고 어떠한 정책이 최선의 품질서비스를 제공하는지? 등이다.

핸드오버 정책에 대한 전반적인 사항[5]을 검토함으로써 상기의 질의 내용들에 대해서 좀 더 자세하게 검토하고자 한다. 첫 번째 질의를 잠시 검토한 후에 차별화된 스펙트럼의 분배 방법과 차별화된 허용 정책에 대하여 논하고자 한다.

핫 스팟에 대한 통화량은 셀룰러 망에서 현재의 카운터를 사용하여 평가되어 질 수 있으며, GSM 시스템에서는 이동시스템에 의해서 만들어진 측정은 통신을 할 때 이동체를 적절히 위치시킴으로서 수행할 수 있다. 마이크로 셀에 의해서 수용되어질 수 있는 실제의 통화량을 점검하기 위해서 우선 더미 방송채널(BCCH) 송신기를 설치한다[6]. 이 송신기는 잠재적으로

마이크로셀 기지국과 동일한 송신기 전력 및 안테나 특성을 가져야만 한다. GSM의 셀 접근이 금지된 플래그의 사용으로 이동체는 송신기로부터 수신된 전력을 측정할 때를 제외하고는 셀을 접근할 수는 없다. 더미 마이크로셀에 적합한 보고내용을 분석함으로써 마이크로셀로부터 처리될 수 있는 통화량을 측정할 수 있다.

## II. 계층간의 자원 분배

제시된 서로 다른 셀 계층에 스펙트럼을 할당하기 위해서는 주요한 3가지 방법이 있다[7].

첫째, 무선 대역폭은 계층간에 분리되어지며 각 계층은 자신들의 무선 주파수(직교 분배)를 사용한다. 이러한 경우에 분리된 대역은 증계효율의 손실을 가져올 수 있다.

둘째, 서로 다른 셀의 유형은 동일한 순간 무선 주파수를 연속적으로 사용한다.(스펙트럼 분배). 전송 전력은 수용 가능한 채널 대비 간섭(C/I; channel/inter-ference)레벨을 제공하도록 조정된다.

셋째, 서로 다른 계층들은 동일한 시간에 분배되지 않는 것을 제외하고는 몇 개의 무선 주파수를 분배한다. 이러한 동적인 분배는 동적 채널 할당 방법에 의해서 제공되어진다.

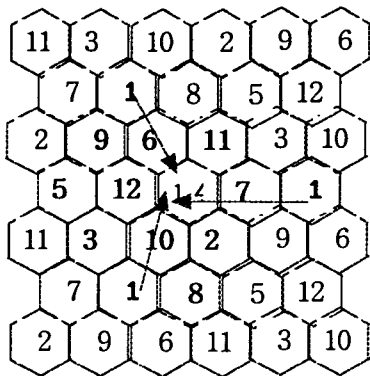
### 2.1 스펙트럼 분배를 대비한 직교적 분배

마이크로 셀과 마이크로셀 사이의 스펙트럼 분배에 대한 접근은 네 가지 접근 방법을 들 수 있다[8]. 스펙트럼 분배를 고려하면 한 계층에서는 TDMA기준 시스템과 다른 계층에서는 CDMA시스템을 그리고 직교 분배에는 양 계층 모두 다른 타임 슬롯에 다른 주파수 채널을 할

당하는 TDMA기준 시스템을 고려한다. 여기 비교는 셀당 가입자의 수와 두 계층 사이에 상호 보완적인 것에 기초를 둔다. 만약 많은 가입자가 마이크로 계층을 사용하면, 마이크로 셀 계층상에 그렇게 많은 대역폭이 이용되지 않는다. 그렇지만 상대적으로  $C/I$ 는 매우 극적으로 감소된다. 각 계층사이에 확산 스펙트럼은 가능하지만 그러나 많은 량의 교차 결합 간섭 때문에 용량이 줄어든다. 최선의 접근은 다른 계층마다 다른 주파수를 사용하는 것이 가장 간단하다

## 2.2 분리된 마이크로 셀에 대한 스펙트럼 분배

제한된 대역폭의 운영자에 대해서, 다른사이의 주파수 반송자의 분할은 마이크로셀 계층에서 뚜렷한 용량의 감소를 가져오며 이는 중계효율의 손실을 일으키는 최악의 상태가 될 수 있다. 분리된 마이크로셀에 대한 매크로셀 주파수를 재 사용하는데는 효과적이다. 이러한 것에 대해서 몇 가지 변수가 제안되어지고 있다[9]. 이론적인 정규 패턴에 관련된 간단한 연구는 현상을 이해하는데 도움이 되어질 수 있다.



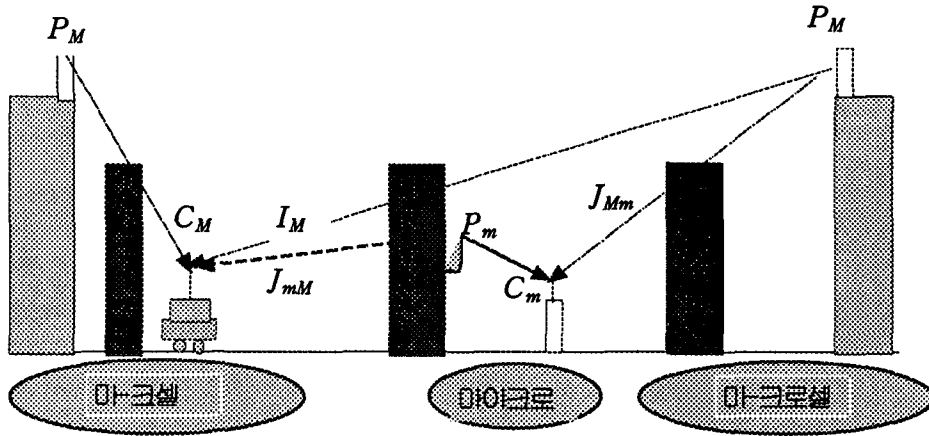
〈그림 2〉 매크로셀 범위 내에서의 분리된 마이크로셀

그림 2는 주파수1을 가진 마이크로 셀이 주파수 4를 사용하는 매크로 셀 내에 놓여지는 12개의 정규 셀 패턴을 보여주고 있다. 이 셀은 사용하는 주파수로 번호가 주어졌다. 매크로 셀 4내에 한 개의 마이크로셀을 구현한다고 가정하면 채널 2, 6, 7, 10, 11, 12는 인접한 셀로 사용되어지기 때문에 재 사용되어 질 수 없다. 그리고 채널 3과 5는 인접 채널 간섭 때문에 계속 사용 채널을 유지하여야 하고, 채널 1, 8, 9는 재 사용되어 질 수 있다. 채널1이 매크로 셀 4에 하나의 마이크로 셀을 재 사용한다고 가정하면 간섭현상을 분석할 수 있다. 그림 3에서 주요 간섭은 분리된 마이크로셀에 대해서는 인덱스  $m$ 을 매크로셀에 대해서는 인덱스  $M$ 으로 표현하였다. 여기서 매크로셀과 마이크로셀 기지국 송신기는  $P_M > P_m$ 을 가지는 전력  $P_M, P_m$ 을 각각 사용한다.

매크로셀 단말은 매크로셀 계층에서 채널 재사용에 따른 간섭  $I_M$ 을 수신하며 동일한 주파수를 사용하는 마이크로셀로 부터는 또한  $J_{mM}$ 을 수신한다.

$$(C/I)_M = \frac{C_M}{I_M + J_{mM}}$$

대부분의 경우는 매크로셀 단말은 마이크로셀 기지국의 가시 거리 내에 있지 않다. 간섭  $J_{mM}$ 은 매우 작으며 마이크로 셀에 의한  $C/I$  감쇄는 거의 무시 할 수 있다. 몇 가지의 경우에 매크로셀 단말은 마이크로셀 기지국의 가시거리(LOS)내에 있을 수 있으며  $C/I$ 는 감쇄되어진다. 그러나 매크로셀 단말이 마이크로셀 기지국의 가시 거리 내에 있을 확률이 매우 적다는 것을 수용할 수 있다.



〈그림 3〉 계층사이의 간섭

마이크로셀 단말은 기지국[9]으로 서비스하는 것처럼 동일한 거리에 있어 가시거리 전파조건이 적용된다. 단말은 3개의 가장 가까운 마-크로셀(그림.3)로부터 주로 간섭  $J_{Mm}$ 을 수신한다. 다른 마이크로셀에서 채널 재사용으로부터 간섭  $I_M$ 은 비 가시거리 전파조건과 작은 전송 전력 때문에 무시하여도 된다.

$(C/I)_m = \frac{C_m}{J_{Mm}}$  여기서  $C/I$ 는 단순히 다음과 같다.

$$(C/I)_m = \frac{P_m}{P_M} \frac{L_{Mm}}{L_m} \text{ 이 된다.}$$

여기서  $L_m$  : 마이크로셀 단말과 마이크로셀 기지국사이의 경로손실

$L_{Mm}$  : 마-크로셀 기지국과 마이크로셀 기지국사이의 경로손실 이다.

여기서  $L_m$ 은  $L_{Mm}$ 보다 적으며 비록  $P_M$ 은  $P_m$ 보다 크지만  $C/I$ 의 수용할 수 있는 값을 산출한다.

보다 상세한 연구는 첫 번째 분석에서 확인된다. 모의 시험 결과  $C/I$ 는 모든 경우(업 링크와 다운 링크, 마이크로셀과 마이크로셀 사이에서의 간섭 등)에 있어서 평가되어진다. 3개의 섹터를 가진 셀 클러스터 4가 고려되어지며 60개 주파수들이 조작 자를 위해서 할당되어진다고 가정한다. 이들 주파수중 15개는 서비스 영역 내에서 분리된 마이크로셀에 이용된다. 가장 약한 링크는 마-크로 가지 국에 의해 간섭이 일어나므로 마이크로셀내에 다운링크가 가장 약한 링크가 되며 마-크로셀이 작으면 작을수록 간섭은 커진다. 동일한 주파수가 500-m 마-크로셀 반경과 300-m 마이크로 사이트와 사이트 사이의 거리에서 재 사용되어 질 수 있다. (단 동일한 전송 출력이 마이크로 와 마-크로 기지국 사이에서 사용되어지고 마이크로 이동국 전송 출력이 13 dB<sub>m</sub>(대신에 마크로 이동국은 33 dB<sub>m</sub>)경우 일 때다.

## 2.3 동적 채널 할당

고정 할당 마이크로셀 계층으로 구성된 실내 피코셀(빌딩 내부에 있는 기지국과 이동국)인 경우에 있어서 동적 채널할당 계획이 제안되어진다[11]. 피코셀에 사용하는 주파수 설정은 실내 기지국에 의해 자동으로 식별되어진다. 이는 신호 세기의 수준과 통계적 처리에 기초를 두기 때문에 동적 채널 할당은 피코셀 수준으로 각 호 설정에 선정된 주파수 범위 내에 채널을 부여하게 된다.

동적 채널 할당은 마이크로셀을 위해 조사되어지는 반면 고정된 채널 할당은 마이크로셀 계층 내에서 유지되어진다[12]. 매 채널은 마이크로셀내에서 사용되어지며 조정된 패턴 할당을 결정하는 경향에 따라 우선 순위를 할당하게 된다. 마이크로셀내에 각 호 설정에 있어서 가장 높은 우선 순위를 가지는 채널의 간섭 수준이 측정되어지며 간섭수준이 기준범위에 들어오면 채널이 할당되어지고 만약 간섭 수준이 기준범위에 도달하지 못할 때는 프로세스는 보다 낮은 우선 순위 채널로 반복되어진다. 마이크로셀과 마이크로셀 사이의 간섭은 마이크로 시스템을 위한 전송력을 경미하게 증대시키므로 보상할 수 있다. 마이크로셀 내에서의 동적 채널할당의 사용은 마이크로셀 할당을 재구성함이 없이 마이크로셀의 구현을 허용하며 두 계층 시스템을 용이하게 개발하는 방법을 제공한다.

## 2.4 셀의 크기

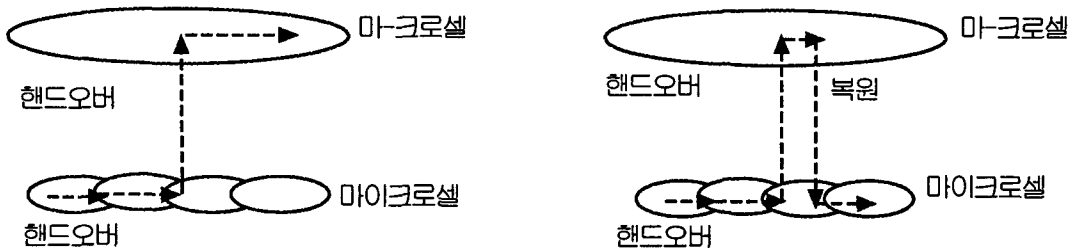
연속 마이크로 셀이 담당하는 범위는 계층간의 직교적 스펙트럼 분배로 전개되어지며 하나의 의문사항은 매 마이크로셀 내에서의 채널과 마이크로셀의 최적 수를 결정하는 것이다. 이러

한 수는 비용기능을 최소화함으로서 계산되어질 수 있다. 비용은 마이크로 기지국과 마-크로 기지국 사이의 1/10 비율로 기지국의 수를 결정하는 것이다[13]. 두 개의 결합 시스템이 서로 다른 이동 패턴과 실질적으로 다른 호 착신률에 의하여 특성화시킴으로서 상황에 따른 경제성을 고려할 수 있다. 마이크로셀은 도보 사용자 비율이 적을 때는 도시 환경에서는 불필요하다는 것을 알 수 있으며 두 개의 결합 망은 주요 통화량이 도보 자에 의하여 발생(적어도 70% 정도)되어 질 때 요구되어진다. 더욱이 마이크로셀의 사용이 고속 단말에서만 오로지 핸드오버의 평균수를 감축시킬 수 있고 저속 및 고속 단말의 핸드오버의 평균수는 중계 효율의 손실 때문에 하나의 결합 망에 비해 두 개의 결합 망이 보다 높은 것을 알 수 있다

## III. 호 및 핸드오버 허용 전략

한번 주파수가 마이크로 및 마-크로 계층에 할당되어지고 단말은 큰 영역 내에 두 개 셀에 의하여 서비스되어진다. 여기서 고려 사항은 정책이 최선의 효율을 제공하는 것을 알아야한다.

두 계층 시스템은 이동성이 없다는 것을 전제로 하여 검토되어졌다. 3개의 클라이언트 유형으로 구분하여 보면, 유형 I는 마-크로셀 계층만을 접근할 수 있고 그리고 유형 II는 마이크로셀 계층 자체만 접근하며 그리고 유형 III 단말은 마이크로셀 계층을 우선 접근한다. 이 경우 이용할 채널이 없으면 마-크로셀에 오버프로가 발생한다. 시스템 성능은 서로 다른 사용자 클래스를 고려하여 그 기능을 검토하였으며, 망의 용량은 평균 2% 블록킹 확률을 고려하였다. 마이크로셀 계층을 접근 할 수 있도록 권한이 부여



〈그림 4〉 가역 및 비가역 시스템

된 사용자들에게는 최대의 비율로 접근 할 수 있으며, 한편 블로킹 부하가 높으면 높을수록 클래스 II 사용자들은 그들이 오버플로가 발생할 수 없음에 따라 호 블로킹율이 급속하게 증가한다. 모든 경우에 있어서 최대의 부하는 모든 호가 오버플로가 발생 할 때 발생되어진다. 결론적으로 몇몇 단말이 마이크로셀에 수용이 제한되면 시스템의 효율을 최대화하기 위하여서는 마-크로셀에 단말을 연결하는 것이 바람직하다.

### 3.1 가역 및 비가역 계층 시스템

두 개의 이동 행위는 PCS 망에서 쉽게 분리되어질 수 없으며 도보자(특히 실내 환경에서) 및 자동차에서 신속히 이동하는 사용자들에게는 준 고정되어진다. 수용전략은 양 계층에 배치되어지는 영역에서는 최적화 되어져야한다.

마이크로셀은 고속단말을 수용하여야 하며 반면 마이크로셀은 저속 단말에 더 적응되어지고 시스템의 효율을 최대화하기 위해서 천천히 이동하는 사용자들은 가장 낮은 계층(즉, 마이크로셀)을 사용한다. 상위 계층은 높은 이동을 가진 단말을 사용하며 낮은 계층에 대해서는 오버플로에 의한 수신으로 작용한다. 소위 비 가역 시스템에서 호는 낮은 계층에 의해서 결코 복원되

어지지 않지만, 가역 시스템에서는 자원이 가능해지는 순간 호는 가역 시스템에 의해서 복원되어진다.(그림 4.)

### 3.2 체류 시간 측정에 의한 속도 평가

사용자가 호를 설정 할 때 시스템은 일반적으로 그 속도를 알 지 못한다. 정확한 계층으로 호를 연결하는 것은 항상 가능하지 않으며 시스템은 마이크로셀 계층에 호를 설정할 수 있다. 핸드오버 전에 셀 이동은 체류 시간을 기초로 하여 단말을 분류하는 전략이 제시된다.

몇 가지의 통화량 분석은 체류 시간을 기초하여 셀 선택을 수행한다. 모든 연구 분야에 있어서 등급별 통화량에 대한 가정이 설정되어지고, 셀 에 체류하는 시간 과 호 유지 시간(홀딩 타임) 은 지수 함수적으로 분포되어지며, 새로운 호의 도착 율은 포이슨 프로세스(Poisson process)로 모형화 되어지고 새로운 호는 가장 낮은 계층(마이크로셀)에 우선 위치하게 되어진다. 주어진 이동이 핸드오버 되어질 필요가 있을 때 관찰된 체류 시간이 임계 시간  $\tau$  보다 더 낮아지거나, 동일한 계층셀에 채널 이용이 없을 때 호가 상위계층에 전달되어진다. 3계층 시스템은 고정사용자에서부터 이 동체에 이르기까지 5개

의 이동 패턴으로 고려하고 임계치  $\tau$ 가 낮으면 낮을수록 마이크로셀에 채널의 수는 보다 높아진다. 또한  $\tau$ 의 작은 값은 가장 빠른 이동에 대해서는 감쇄되어지는 신호를 허용하지만 자원의 소비는 극적인 증가가 발생한다. 한편 사용자의 속도에 대하여 평가의 초점을 두고 4가지 전략을 제시할 수 있다[14].

전략 1: 체류 시간  $t$ 가 크고 자원 이용이 가능할 때 호는 동일한 계층으로 핸드오버되어진다. 그렇지 않으면 상위 계층으로 전달되어진다.

전략 2: 두 개의 임계값  $\tau_1$ 과  $\tau_2$ 를 고려하면( $\tau_1 < \tau_2$ 조건에서),  $t < \tau_1$ 일 때 호는 핸드오버되어지고  $t > \tau_2$ 일 때 호는 핸드다운되어지고 그렇지 않으면 호는 핸드 오버되어진다.

전략 3: 모든 체류 시간은 주어진 통신의 전체 기간동안 기록되어진다고 가정한다. 사용자 속도의 최대 속도를 기준으로 한다.

전략 4: 전략 3과 동일하게 최소 제공 평균 오류 평가를 수행한다.

차별화 전략은 3계층 시스템에 대한 컴퓨터 모의 시험에 의하여 비교하였으며, 핸드오버의 수는 전략 1에 의해서는 3.3으로 그리고 전략 2에 의해서는 2.5로 감소된다. 반면 전략 3과 4는 유사한 행동을 가지며 전략 2에 비교해 낮은 부하에서 개선을 가져오는 것을 확인했다. 높은 부하에서는 모든 전략이 비슷한 결과를 가져오는 경향이 있었다.

계층적 시스템에 있어서 핸드오버는 일반적으로 이웃하는 셀의 전력 축적이 현재의 셀 보다 더 좋을 때 실행되어진다. 이동 속도에 민감한 핸드오버 알고리즘은 GSM 시스템에 대하여 제안하였다[15]. 여기서 여유범위는 체류 시간에 의존한다.

```
if  $t < \text{DWELL\_TIME}$  then HO_MARGIN_
    TIME(  $t$  ) = HO_MARGIN_TIME + SOS,
else HO_MARGIN_TIME(  $t$  ) = HO_
    MARGIN + SOS - DOS
```

여기 정적 오프셋(SOS: Static Offset)은 두 개의 이웃하는 기지국 사이의 반복적 왕복을 피하기 위한 정적인 이력 현상(履歷現象)이다. 매개 변수  $t$ 는 이웃하는 셀이 기준 내에 있는 후보 셀이 될 때 설정되는 타임머이다. 첫 번째 DWELL\_TIME 동안 새로운 셀은 정적 오프셋 값에 의해서 불리한 입장에 놓이게 되지만, 이러한 단점은 동적 오프셋(DOS) 값에 의해서 감소되어지고 낮은 속도의 이동에 있어서 DWELL\_TIME 후 이웃하는 셀이 높은 레벨로 수신되어져 따라서 핸드오버가 만들어진다. 반대로 고속 단말은 DWELL\_TIME 전에 마이크로셀일 때 이웃하는 셀의 범위를 벗어나며 마-크로와 마이크로사이 그리고 마이크로와 마이크로 사이의 핸드오버는 고속 단말에 대해서는 발생하지 않는다. 이러한 알고리즘은 마-크로와 마이크로셀 사이의 불필요한 핸드오버의 수는 극적으로 감소한다.

### 3.3 속도에 민감한 셀의 선정

앞에서의 분류 전략은 통신 기간동안의 체류 시간을 분석한다. 호의 선택은 개선된 셀 선택 과정에 의해서 적절한 계층에 가장 체류 시간적인 차원에서 가장 우선권을 가진 단말이 가질 가능성이 있으며, GSM에서는 서비스를 수행하고 있는 기지국의 선정은 단말의 속도에 의존할 가능성이 있다. 소위 G2의 범위는 2단계 GSM 규격에 소개된다.



```

if T < penalty_time
then C2 = C1 + CELL_RESELECT_OFFSET -
TEMPORARY_OFFSET
else C2 = C1 + CELL_RESELECT_OFFSET

```

여기 C1은 기지국과 이동국사이의 최소로 요구되는 경로 손실상에서의 여유 범위이며 CELL\_RESELECT는 두 이웃하는 기지국 사이의 반복적 왕복 효과를 줄이는 이력현상(履歷現象)이다. 가장 높은 C2값을 가진 셀이 선정되어진다. 매개변수 T는 이동국이 새로운 셀로 진입할 때 설정되는 타임머이다. 첫 번째 PENALTY\_TIME 동안에 새로운 셀은 TEMPORARY\_OFFSET 값에 의하여 불리한 상태가 되어진다. 고속 이동체가 마이크로 셀로 진입하거나 거주 시간이 PENALTY\_TIME 보다 적으면 이동체는 이 마이크로 셀을 선정할 수 없을 것이며 겹쳐지는 매크로 셀에 체류하게 될 것이다.

이동체는 지나간 마이크로 셀 체류 시간을 수집하여 그 자체의 이동성을 추적 할 수 있다. 단말은 평균 체류시간을 평가하여 그 체류 시간을 마이크로 셀 과 마-크로셀간의 임계값과 비교한다. 이러한 절차는 오류 할당의 낮은 확률을 제공하며 휴지 모드에 있는 단말에 의해서 수행되어질 가능성이 있다. 임계값은 요구된 블록킹 제한을 만족하는 반면 시스템 상에서 요구된 핸드오프 처리 부하를 최소화 할 수 있도록 선택되어지고 더욱이 변화하는 통화량 조건에 적합하도록 쉽게 동적으로 적용되어질 가능성이 있다.

### 3.4 비가역적 원격 통화량 분석

몇 가지 오버 플로우 과정을 가지는 비가역적 계층 시스템의 전기적 통화량 분석은 몇 가지로 분류한다. 첫째 고속도로(마-크로셀 주변을 덮는

선형적 범위)상에 상호 연결되는 마이크로 셀, 둘째 이동성의 관점을 고려하는 도시 거리 마이크로셀에 기초하는 PCS 망, 셋째 연속적인 마-크로셀 배열을 가지는 핫 스폿(HOT SPOT) 내에서 마이크로 셀, 넷째 매크로 셀과 마이크로 셀에 의한 연속적 범위, 다섯째 두 계층의 지상시스템 즉, 저 밀도 지역 내 범위를 제공하는 부가적인 위성 등으로 분류한다[16]. 그리고, 단말은 높은 이동성과 낮은 이동성 단말로 분류하였고 두 가지 유형의 사용자를 고려한다. 즉, 위성만 사용하는 사용자와 지상과 우주 망을 모두 접근 할 수 있는 이중 사용자이다. 호는 수용 범위 내에서는 가장 낮은 계층으로 접근되어 지지만, 만약 채널이 가능하지 않으면, 요청은 상위계층에 대해 오버플로가 된다. 주변 경계 채널은 새로운 호를 블로킹하는 핸드오버 결합 확률을 줄이기 위한 각 계층 사이를 의미하며, 핸드오버는 동일한 계층에서 우선적으로 만들어진다. 시스템의 행동은 높은 이동성 단말 및 사용자중 1.6%에 해당하는 위성 사용자들의 50% 비율을 적용하였다. 마-크로셀 당 마이크로셀의 수와 위성 셀 당 마-크로 셀은 7개이다. 시스템은 중간정도의 부하에서 좋은 성능을 가지므로 모든 계층에 단말의 분배가 가능하다. 따라서 계층적 시스템은 단말의 이동성에 따라 사용자를 분류한다. 중간정도의 부하에서는 마이크로 셀은 위성 시스템이 40%정도 낮은 이동성의 사용자들을 가지는 반면 57%의 낮은 이동성 사용자(40%)를 수용함을 확인할 수 있다. 또한, 마이크로 셀과 마-크로 셀들은 자원분할을 최적화 함으로서 마이크로 셀 계층으로부터 취하는 자원은 블로킹 확률이 마-크로셀에 의해서 담당되어지는 일반적인 통화량 영역에서와 동일한 상태가 된다. 너무 많은 자원이 마이크로셀에 할당되어지면 마-크로셀에 대한 나머지 자원은 감

소되어지고 결과적으로 블로킹 확률은 수용되어 지지 않았고 핫 스폿트내에서는 10배 정도 높은 통화밀도를 가짐으로서 전체 대역폭의 20%만이 마이크로셀에 할당되어질 필요가 있다.

### 3.5 가역적 원격 통화량 분석

마이크로셀과 마-크로셀사이의 핸드오버는 허용되므로 마이크로셀 계층에 의하여 다시 취해지는 호를 수용하는데 있어서는 장점이 될 수 있다. 그리고 채널이 마이크로셀에서 해제되면 곧 바로 시스템을 작은 이동성의 사용자를 추적하기 시작한다. 모의 시험은 매체크기 마크로셀의 성능을 평가하고 분석하였으며 가역적 시스템은 1% 블로킹 확률에 대하여서 보다 높은 통화량을 수용할 수 있었으나 핸드오버의 수는 20%정도 증가하였다. 더욱이 두시스템의 행동은 높은 부하(20%블로킹)에 유사한 경향을 띄고 있어서 마-크로셀과 마이크로셀사이의 핸드오버의 이익은 신호의 증가와 비교하여 볼 때는 별로 관심의 대상이 되지 않는다.

호 제어 정책(새로운 호 도착의 수용을 제한한다.)에 대한 클래스별 성능이 시험되어지며 마코브 결정 모형을 사용하는 최적 상태에서의 의존하는 호 수용 정책은 분석적으로 연구된다. 이러한 성능은 채널 예약에 기초하여 단순한 호 제어 전략과 비교하여 보면 마이크로셀 j 범위 내에서 만들어지는 새로운 호의 수용은 마크로셀에 가용한 채널 수에 의존한다. 따라서 보다 정확히 말해서 호는 다음과 같을 때 허용된다.

$$C_U - \sum_i |x_i + X_i - C_i|^+ > C_R$$

여기서  $C_i$ 와  $C_u$ 는 마이크로셀 i 와 마크로셀(우산) 내에 있는 채널의 수를 의미하며  $x_i$ 와

$X_i$ 는 마크로셀에 의해서 서비스되어진 영역 i에서의 호의 수를 의미한다. (단,  $x > 0$ 과  $|x|^+ = 0$ 일 때  $|x|^+ = x$ ) 매개변수  $C_R$ 은 주변 경계 채널의 수와 유사한 채널 예약 값이며 보다 높은  $C_R$ 은 보다 낮은 핸드오버 결합 확률을 제공한다. 이러한 단순한 예약 정책은 낮은 부하(5% 미만의 블로킹 확률)에 대해 블로킹 확률에 관한 최적 정책으로 유사한 결과를 제공한다.

일반적으로 가역적인 경우는 추적이 가능하므로 두 개의 이동성 행위는 고속 및 저속 단말이 고려되어지고 마이크로에서부터 마-크로로 그리고 마-크로 에서부터 마이크로로의 핸드 오버가 허용된다. 불필요한 핸드오버율을 줄이기 위해 실제적 근거를 가진 지속성과 다루기 쉬운 분석을 하기 위해서 추적과정은 오로지 단말이 새로운 마이크로셀로 진입할 때 수행된다. 추적 과정은 가장 빠른 이동 국에 있어서 해지의 확률을 개선하며 빠르고 느린 기지국 사이의 상당한 처리 과정을 수행하는 경향이 있음을 알 수 있다.

## IV. 결론

결론적으로 높은 사용자를 수용하는 용량을 달성하기 위해서는 다중결합 구조가 무선 자원의 효과적인 관리 안으로 제시된다. 통화량 중심과 국부화된 핫 스폿트와 다른 이동체의 단말과 경쟁되어질 가능성이 있고 최근의 자원할당과 핸드오버 절차는 구조적으로 최적화 하는 방안이 검토되어야 한다. 계층사이의 분배에서 스펙트럼은 중요한 과제이며 동적인 할당은 가변적 통화량에 적응적으로 할당하는 것이고 통계적 확률에 의하여 유사한 자원을 부분적으로 재사용할 수 있어 모든 계층사이에서 이동국간의

전달을 허용하는 속도에 적응적인 알고리즘을 적용하여 유연한 핸드오버를 처리하기 위해 다중결합 망에서 높은 용량을 제공 할 수 있다.

## 참고 문헌

- [1] H. L. Bertoni et al., "YHF Propagation Prediction for Wireless Personal Communications," Proc. of the IEEE, vol.82, no.9, pp.1994.
- [2] B. Jabbari, "Teletraffic Aspects of Evolving and Next-Generation Wireless Communication Networks," IEEE Personal Commun., vol.3, no.6, 1996. pp. 5-10.
- [3] S. T. S. Chia, "Radio and Network Resource Management for Third Generation Mobile Systems," Proc. of the IEEE Vehicular Technology Conf., 1993, pp. 933-940.
- [4] Murata and E. Nakano. "Enhancing the performance of mobile communication systems," Proc. of the Int'l Conf. on Universal Personal Commun., pp. 730-741.
- [5] G. P. Pollini, "Trends in Handover Design," IEEE Commun. Mag., vol.34, no.3, 1996, pp. 82-90.
- [6] R. Baudin, C. Carbajo, and E. Alonso, "Analysis of the Microcellular solution," Proc. of the ACTS Mobile Telecommun. Summit, 1996, pp. 356-471.
- [7] H. Eriksson et al., "Multiple Access Options for Cellular Based Personal Communications," Proc. of the IEEE Vehicular Technology Conference Secaucus, NJ, 1993, pp. 956-975.
- [8] L. Greenstein, and R. D. Gitlin, "A Microcell/Macrocell Cellular Architecture for Low-and High-Mobility Wireless Users," IEEE JASC, vol.11, no.6, 1993, pp. 885-891.
- [9] M. Almgren et al., "channel allocation and Power Settings in a Cellular System with Macro and Micro Cells Using the Same Frequency Spectrum," Proc. of the IEEE Vehicular Technology Conf., atlanta, 1996, p. 1145-1160.
- [10] Y. Kinoshita and M. A. Henriques, "High Density Space Division Multiple access: Double Reuse of Frequency Channels," Proc. of the Int'l Conf. on Universal Personal Commun., 1994, pp.540-562.
- [11] S. A. Grandhi, et al., "Spectrum Scavenging for Indoor Microcells," Proc. of the IEEE Vehicular Technology Conf., 1994, pp. 440-465
- [12] H. Funrukawa and Y. Akaiwa, "A Microcell Overlaid with Umbrella Cell System," Proc. of the IEEE Vehicular Technology Conf., 1998. pp. 1445-14
- [13] C. W. Sung and W. S. Wong, " User Speed Estimation and Dynamic Channel allocation in Hierarchical Cellular System," Proc. of the IEEE Vehicular Technology Conf., 1994. pp. 84-97.
- [14] K. Ivanov and G. spring, "Mobile speed

- Sensitive Handover in a Mixed Cell environment," Proc. of the IEEE Vehicular Technology conf., Chicago, 1995, pp. 880-898.
- [15] E. TC-SMG, Radio Subsystem link control, GSM 05.08, 1994
- [16] M. Frullone et al., "Analysis of optimum resource management strategies in layered cellular structures," Proc. of the Int'l Conf. on Universal Personal Commun., 1994, pp. 369-385

---

## A study on Multi-cell Combined Network

Sok-Pal Cho\*

### Abstract

Multi-cell combined networks that provide coverage to the same areas by several cells of different sizes are useful to accommodate high traffic density while keeping high quality of service. This gives an overview of recent contributions on this subject. Two main issues are considered: spectrum sharing between different layers with a focus on F/TDMA systems and teletraffic performance of multi-cell combined networks given different handover policies

---

\* Computer Engineering Div., SungKyul Christian University.