

# CDMA를 기반으로 한 도심환경 마이크로셀룰러 시스템에서의 치국 계획 Radio Network Design in an Urban Micro-Cellular CDMA system

권준혁, 강석연, 정종민\*, 차동완  
한국과학기술원 테크노경영대학원, SK텔레콤 중앙연구원\*

## Abstract

This paper addresses a radio network design problem in an urban micro-cellular CDMA system. Given the data of potential sites of base stations and path loss value between the base station and mobile stations, the objective of this problem is to locate base stations so as to minimize the siting cost while keeping the acceptable path loss value on the service area. We develop an efficient algorithm for solving the problem, and computational experiments are conducted to show the practicality of the proposed design method.

## 1. 서론

지속적인 증가추세에 있는 이동통신 수요를 수용하는 동시에 다양한 서비스를 제공하기 위해 마이크로셀 시스템이 제안되고 있으며, 향후 차세대 이동통신 시스템에서 이의 중요성은 더욱 부각되리라 예상된다. 이러한 마이크로셀 시스템은 전체 서비스 지역을 대상으로 구축되는 것이 아니라 도심지역과 같이 트래픽이 집중되는 곳에 구축되며, 주로 매크로셀 시스템과의 연동을 기본 목표로 하고 있다.

매크로셀 시스템에 비해 마이크로셀 시스템은 주로 도심에 구축되므로 주위의 고층건물이나 빌딩들로 인해 전파전파(radio propagation)에 상당한 제약이 있는 동시에, 도심의 미관을 고려하여 기존 첩탑이나 빌딩 옥상에 위치하는 대신 주변 건물의 외벽이나 가로등 등과 같은 곳에 위치하게 된다. 이러한 마이크로셀 시스템의 기지국을 마이크로기지국(micro Base Station, mBS)이라 부르며, mBS가 담당하는 영역을 마이크로셀이라 한다. 마이크로셀 시스템은 매크로셀 시스템에 비해 다음과 같은 특징을 가지고 있다. mBS의 안테나는 주위의 고층건물이나 빌딩들에 비해 낮은 곳에 위치하며, 이로 인해 가시영역(line of sight) 제한으로 인한 음영지역(shadow area) 발생 가능성이 높다. 또한 mBS 장비의 크기 제한으로 인해 안테나의 송신출력이 낮고 이에 따라 셀 반경이 감소하며, 다이버시티(diversity) 효과의 감소로 인한 순방향 링크의 통화품질 저하가 예상된다.

이러한 특징들로 인해 마이크로셀 시스템을 구축하는 경우, 도심환경에서는 가시영역의 제한으로 인한 음영지역이 발생할 가능성이 높으며, 초기 무선망을 설계하는데 있어 음영지역으로 인한 통화호 단절은 심각한 문제를 야기하게 된다. 또한 CDMA 시스템은 소프트 핸드오프(soft-handoff)라는 특성으로 인해 겹쳐지는 영역(overlap area)이 많으면 많을수록 전체 시스템의 용량은 감소하게 된다. 즉, CDMA 시스템에서는 너무 많은 수의 mBS가 위치하게 되면 소프트 핸드오프 구간의 증가를 가져오며, 이로 인해 전체 시스템 용량이 저하된다. 그러므로 겹쳐지는 영역을 최소화하면서 음영지역이 발생하지 않도록 시스템이 구축되어야 한다.

본 연구의 목표는 마이크로셀 시스템을 구축하는데 있어 도심환경이 갖는 복잡한 특성을 반영하며, 동시에 음영지역이 발생하지 않는 범위내에서 최소의 비용으로 무선망을 구축하는 것이다. 전체 서비스 지역 중에서 특히 트래픽이 많은 지역을 대상으로, 음영지역과 시스템 용량의 관계를 고려하여 mBS 후보지들 중에서 최적의 위치를 찾도록 한다. 이를 위해 도심환경에서의 전파전파에 관한 연구를 선행하였으며, 이를 근거로 무선망 설계를 행하도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 2장에서는 본 논문에서 사용한 가정들과 시스템에 대해 소개를 하고, 3장에서는 치국계획문제를 정의하는 동시에 이에 대한 해법과정을 제시한다. 4장에서는 모의실험을 통한 성능분석과정을 수행하며, 마지막으로 5장에서는 본 연구의 결론을 제시한다.

## 2. 대상 시스템 및 가정

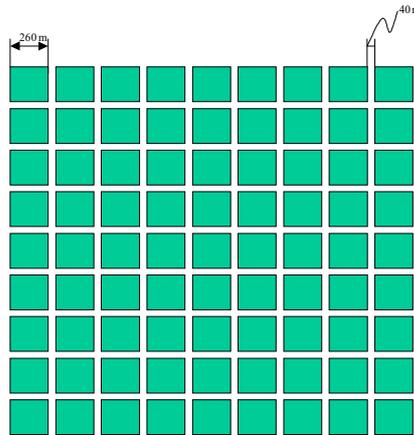
### 2.1 대상 시스템

기존 이동통신시스템은 크게 이동전화교환국(Mobile Switching Center, MSC), 기지국제어국(Base Station Controller, BSC), 그리고 기지국(Base Transmitter System, BTS)으로 구성되어

있으며, 이 중에서 BTS는 주파수자원을 활용하여 단말기와의 무선상에서의 접속 기능을 수행한다. 이에 비해, 본 연구에서 대상으로 하고 있는 마이크로셀 시스템은 기존 시스템의 BTS가 수행하던 기능들을 mBSC와 mBS로 구분한 것이 특징이다.

mBSC와 mBS에서 담당하고 있는 주요 기능은 다음과 같다. 우선 mBSC의 경우, mBS의 기능을 중앙에서 집중 관리하며, 자신이 가지고 있는 채널자원을 동적으로 운영한다. 또한 하나의 mBSC는 최대제어가능 mBS수에 제한이 있으며, 필요에 의해 몇 개의 mBS들을 묶어 마치 하나의 기지국과 같이 운영 가능하다. 이에 비해, 단말기와 air-인터페이스를 담당하는 mBS는 RF신호의 송·수신 기능을 수행하며, 무지향성(omni-directional) 안테나를 가진다.

본 논문에서는 <그림 1>에서와 같이 정형화된 맨해튼 구조의 도심환경을 대상으로 하고 있다. 이 때 mBS들이 놓일 수 있는 위치에 대한 후보지는 가로등이나 신호등, 또는 주변 건물의 외벽 등을 고려할 수 있다. 본 논문에서는 각 위치에 대한 비용은 동일하다고 가정하고, 이의 집합을  $I=\{1, \dots, n\}$ 라고 한다.



<그림 1> 맨해튼 모형

이동통신 환경에서 트래픽 데이터를 관리하는 것은 무척 어려운 작업이다. 이는 단말기들의 이동성(mobility)에 기인하며, 이러한 연속적인 트래픽 데이터를 관리하기 위하여, 대상으로 하는 서비스 지역을 가로  $\Delta x(m)$ , 세로  $\Delta y(m)$ 인 사각형 구조의 단위지역(unit area)으로 분할한다. 이 때 단위지역의 크기는 작을수록 좋지만, 트래픽 자료를 관리하는데 어려움이 있으므로 적절하게 선택한다. 전체 서비스 영역중에서 마이크로셀 시스템을 구축하고자 하는 영역은 하나의 mBSC가 담당할 만한 크기이고 이 영역내에서의 트래픽은 균등하게 분포되어 있으며, 이 때 하나의 단위지역내에 있는 모든 이동국들은 단위지역의 중심에 위치하고 있다고 가정한다. 앞으로 단위지역의 중심점을 제어점(Control Point, CP)이라 부르기로 하고, 이의 집합을  $J=\{1, \dots, m\}$ 로 표시한다.

서비스 지역에 대한 음영지역의 기준은 링크버짓분석(link budget analysis)에 의해 좌우된다. 즉, 링크버짓분석을 근거로 기지국과 이동국간에 허용가능한 최대 경로손실값(maximal acceptable path loss value), 혹은 경로손실기준값을 구할 수 있다. 음영지역이 발생하지 않기 위해서는 서비스 지역내의 임의의 CP에서도 이 값을 만족하여야 한다.

임의의 mBS 후보지와 CP간의 경로손실값을 계산하기 위해 도심환경에 적합한 전파전파모형이 필요하다. 특히 마이크로셀은 낮은 안테나 높이로 인해, 건물 배치, 유형, 자연환경(강변지역) 등에 따라 각기 다른 전파 전파특성을 지니게 되며, 이 특성들이 모형에 반영되어야 한다. 즉, 도심환경에서의 전파전파는 주로 도로를 중심으로 발생하며, mBS후보지에서 단말기가 보이는 지의 여부에 의해 각 지역을 가시영역과 비가시(non-line of sight)영역으로 구분할 수 있다. 이러한 각 영역에 대한 경로손실값을 계산하기 위해 제시된 대표적인 방법으로 경로추적(ray tracing)모형을 들 수 있지만, 이는 과도한 계산시간을 필요로 하는 단점을 지니고 있다. 그러므로 본 논문에서는 경로추적기법(ray tracing method)의 기본 이론을 응용하여 간략한 모형으로 수식화한 Chang 모형을 기본 전파전파모형으로 사용하며, 이 모형의 경우 간단한 전파전파모형임에도 불구하고 비교적 정확한 경로손실값을 제공해 주고 있다.[7]

### 3. 문제 정의 및 해법 과정

#### 3.1 mBS 치국문제

mBS 후보지와 CP간의 경로손실값과 mBS 후보지의 위치가 주어진 경우, mBS 치국문제

(mBS Location Problem, mBSLP)는 총 경로손실값과 겹쳐지는 영역으로 발생하는 제약(penalty)의 가중평균이 최소가 되도록, 최소의 비용으로 mBS를 위치시키는 문제로 정의된다. 이 때 만족해야 할 조건은 서비스 대상영역에 음영지역이 발생해서는 안되며, 동시에 설치되는 mBS의 수는 시스템 사양에서 정한 mBSC가 제어가능한 수 이내이어야 한다는 것이다.

$I^*$ 를 mBS 후보지들중에서 선택된 mBS들의 집합이라 하고,  $J(I^*, i)$ 를  $i \in I^*$ 의 수용영역에 속하는 CP들의 집합, 즉  $J(I^*, i) = \{j \in J \mid p_{ij} \leq PL_{th}, i \in I^*\}$ 라 정의하자. 단,  $p_{ij}$ 는 mBS  $i$ 와 CP  $j$ 간의 경로손실값을,  $PL_{th}$ 는 링크버짓분석을 통해 얻은 경로손실기준값을 의미한다. 이 때 mBSLP에서의 선택된 mBS들의 집합  $I^*$ 가 다음과 같은 관계를 만족한다고 하면,  $I^*$ 는 mBSLP에 대해 유효(feasible)하다고 할 수 있다.

- i)  $|I^*| \leq M$
- ii)  $\bigcup_{i \in I^*} J(I^*, i) = J$

단,  $M$ : mBSC당 최대제어가능 mBS수

즉, 선택된 mBS 후보지들의 수는 하나의 mBSC가 제어가능한 mBS의 수( $M$ )를 만족하는 동시에 임의의 CP에 대해서도 경로손실기준값을 만족하는 경우, 선택된 집합  $I^*$ 는 mBSLP의 실행가능해가 된다.

### 3.2 해법과정

제2절에서 정형화된 (mBSLP)는 경영과학에서 접근하는 여러 최적화 모형 중 NP-complete의 범주에 속하는 P-median 문제와 유사한 특성을 가지고 있다. 즉, P-median문제는 전체 비용을 최소화시키는 범위에서  $P$ 개의 장비(facility) 위치를 결정하는 것이며, 이러한 문제 특성은 (mBSLP)가 전체 경로손실값과 겹쳐지는 영역에 대한 제약의 가중평균을 최소화하고  $M$ 개이하의 mBS를 선택한다는 점에서 유사한 점을 발견할 수 있다. 하지만 P-median문제인 경우  $P$ 개의 장비를 모두 위치시켜야 하지만, (mBSLP)인 경우  $M$ 개 이하의 mBS를 선택한다는 점에서 차이점을 발견할 수 있다. P-median 문제에 대한 해법은 지속적으로 개발되어 왔으며[8], 본 연구에서는 P-median 문제에 대해 널리 알려진 해법을 응용하여 (mBSLP)에 적용 가능한 해법을 제시한다.

(mBSLP)에 대한 해를 얻기 위한 과정은 크게 다음의 두 부분으로 구성되어 있다. 우선 초기 실행가능해(initial feasible solution)를 얻는 과정으로, 이는 P-median문제의 해법으로 널리 알려진 myopic 휴리스틱(heuristic)을 변형하여 (mBSLP)에서의 조건들을 만족하는 해를 찾으려 한다. 다음의 과정은 초기 실행가능해를 개선하는 과정으로, 본 논문에서는  $N$ -to- $n$  개선 휴리스틱을 제시한다.

#### 가. 구축 휴리스틱(construction heuristic)

구축 휴리스틱은 mBS가 하나도 설치되어 있지 않은 상태에서 비용을 최소화하는 방향으로 mBS들을 설치해 나가며, 3.1절에서 제시한 기준을 만족하는 mBS들의 집합  $I^*$ 를 찾는 과정이다. 이 과정은 단계적으로 mBS를 선택하며, 이 때 각 단계에서의 선택기준은 CP들과의 경로손실값과 겹쳐지는 영역의 제약에 관한 가중평균을 이용한다.

$S_{k-1}$ 을  $k-1$ 단계에서 지금까지 선택된  $k-1$ 개의 mBS 위치를 나타내는 집합이라 정의할 때,  $S_{k-1}$ 이 3.1절의 기준을 만족하지 않는 경우  $k$ 단계에서는 다음의 기준을 만족하는  $\hat{i}$ 를 선택한다.

$$\hat{i} = \arg \max_{i \in S_{k-1}} (\alpha \cdot P_i^k - \beta \cdot O_i^k)$$

단,  $P_i^k$ 와  $O_i^k$ 는 후보지  $i$ 를 mBS로 결정하였을 때 경로손실기준값 이하로 수신되는 CP들의 수와 다른 mBS들과 중첩되는 CP들의 수, 즉  $P_i^k = |\{j \in J \mid p_{ij} \leq PL_{th}, i \in I \text{ and } i \notin S_{k-1}\}|$ 와  $O_i^k = |\{j \in J \mid p_{lj} \leq PL_{th} \text{ for } l \in S_{k-1} \text{ and } p_{ij} \leq PL_{th} \text{ for all } l \in S_{k-1}\}|$ 를 의미하고,  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 1이하의 양의 값을 갖는  $P_i^k$ 와  $O_i^k$ 의 가중치를 의미한다.

즉, 각 단계에서의 mBS 위치결정은 많은 수의 CP들을 수용하는 동시에 기준에 선택된 mBS들과의 중첩영역에 대한 제약을 고려하며, 이의 가중평균값이 최대가 되는 mBS를 선택한다. 이 때 가중치의 변동에 의해 mBS의 수 및 위치가 결정되며, 다음은 구축 휴리스틱의 과정을 나타내고 있다.

[구축 휴리스틱]

- (단계 1) :  $k=0$ ,  $S_k = \emptyset$ 로 초기화한다.
- (단계 2) :  $k$ 를 증가시킨다.
- (단계 3) : 모든 후보지  $i \in S_{k-1}$ 에 대해서  $P_i^k$ 와  $O_i^k$ 를 계산한다.
- (단계 4) :  $\alpha \cdot P_j^k - \beta \cdot O_j^k$ 를 최대화하는  $\hat{i}$ 를 결정하고,  $S_k = S_{k-1} \cup \hat{i}$ 로 설정한다.
- (단계 5) :  $\bigcup_{i \in S_k} J(S_k, i) = J$ 을 만족하면  $I^* := S_k$ 그리고 종료, 아니면 (단계 2)로 돌아간다.

나.  $N$ -to- $n$  개선 휴리스틱( $N$ -to- $n$  Improvement Heuristic)

단계적 선택과정에서는 얻은 초기 실행가능해는 개선의 여지가 있으며, 이러한 초기 실행가능해의 개선과정으로  $N$ -to- $n$  개선 휴리스틱을 제시한다.  $N$ -to- $n$  개선 휴리스틱은 현재의 mBS수보다 적은 수로 전체 서비스 지역이 일정 수준이하의 경로손실값을 만족하는지의 여부를 살펴보고, 존재한다면 이를 대체하는 일련의 과정을 포함한다. 이는 총 mBS 설치비용을 최소화하기 위한 목적으로 이에 대한 상세한 과정은 다음과 같다.

[ $N$ -to- $n$  개선 휴리스틱]

- (단계 1) :  $X := I^*$ 로 초기화한다.
- (단계 2) :  $X$ 에서  $N$ 개의 mBS를 선택하고, 이 집합을  $\overline{X}$ 라고 하자.  $\hat{X} = X / \overline{X}$ 로 놓는다. 미할당 CP들의 집합  $U_1 = \{j \in J \mid p_{ij} \geq PL_{TH}, \text{ for all } i \in \hat{X}\}$ 를 찾는다.
- (단계 3) : 만약  $U_1 = \emptyset$ 이면 종료, 아니면  $n$ 개의 mBS들의 집합  $X'$ 을 추가하고(단,  $n < M$ )  $X'' := \hat{X} \cup X'$ 로 놓는다.
- (단계 4) : 미할당 CP들의 집합  $U_2 = \{j \in J \mid p_{ij} \geq PL_{TH}, \text{ for all } i \in X''\}$ 를 찾는다. 만약  $U_2 = \emptyset$ 이면 종료, 아니면 (단계 2)로 돌아간다.

$N$ -to- $n$  개선 휴리스틱에서  $N$ 과  $n$ 을 선택하는 방법에 의해 많은 경우의 휴리스틱이 존재한다. 본 논문에서는 이 중에서 단지 1-to-0 개선 휴리스틱, 즉 mBS하나씩을 제거해 나가는 방법만을 대상으로 한다.

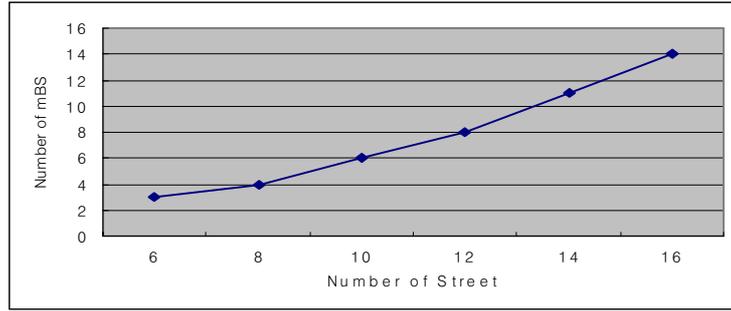
4. 모의실험을 통한 성능분석

본 논문에서는 각 블록의 길이가 260m, 도로의 폭이 40m인 맨해튼 모형을 대상으로 한다. mBS의 후보지는 도로를 따라 설치 가능하다고 가정하였으며, 각 후보지간에는 30m의 간격을 유지하도록 하였다. 옥외환경을 대상으로 하므로 도로를 따라 단위지역을 구분하였으며,  $\Delta x$ 를 30m,  $\Delta y$ 를 40m로 두었다. 이러한 대상 서비스지역 크기에 대한 가정들은 현재 운영중인 매크로셀 시스템에서 하나의 매크로셀이 담당하고 있는 지역과 유사하게 구성하였다.

앞에서 제시한 해법과정에 대한 타당성을 검증하기 위해, 다음과 같은 모수(parameter)들을 변동하여 가며 모의실험을 행하였다. 대상으로 하는 서비스 지역의 크기, 즉 서비스 지역내에 있는 거리(street)의 수( $s$ ), 경로손실기준값( $\delta$ ),  $\beta$ 값, 그리고 전체 CP들 중에서 경로손실값이 경로손실기준값 이하로 유지시킬 CP의 비율( $c$ ) 등의 변화에 대한 다양한 모의실험을 행하였으며, 특히  $c$ 를 고려한 이유는 서비스 외곽지역을 고려함으로써 발생하는 해의 변동을 알아보기 위함이다. 즉, 변두리 지역과 같이 전파전파환경이 매우 나쁜 지역에 대해 만족할 만한 수준의 품질을 보장하기 위해서는 상당히 많은 수의 mBS를 증가시키거나, 혹은 전체 시스템의 구조를 왜곡시켜 결과가 나타나기도 한다. 그러므로 이러한 기준 경로손실값 이상을 갖는 단위지역이 전체 서비스 지역에 비해 소수라면 이는 매크로셀에서 수용 가능하므로, 이를 배제하여 시스템을 설계하는 것이 현실적으로 더욱 타당할 것으로 생각된다.

4.1. 서비스지역 크기( $s$ )에 의한 모의실험 결과

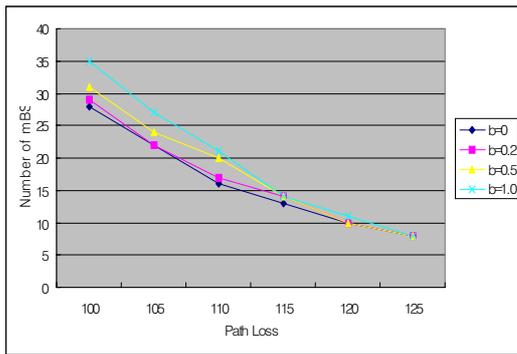
<그림 2>는 담당할 서비스 지역의 변동에 따른 mBS 수의 변화를 나타내고 있다. 즉 건물 크기(block)가 일정한 상태에서 서비스 지역 안의 거리의 수가 증가하면 서비스 영역이 늘어나게 된다. 본 모의실험의 경우, 서비스 영역이 증가하게 됨에 따라, 이를 담당할 mBS의 수는 증가하는 것을 알 수 있다.



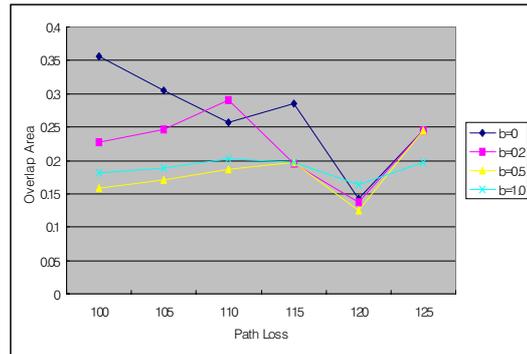
<그림 2> 서비스영역에 따른 기지국수 변동 ( $\beta=0.2, c=0.95, \delta=115\text{dB}$ )

4.2. 경로손실기준값( $\delta$ )에 대한 모의실험

<그림 3>과 <그림 4>은 경로손실기준값의 변동에 따른 mBS 수의 변동과 겹쳐지는 영역에 대한 변화를 나타낸다.



<그림 3> 경로손실의 변동에 따른 기지국 수의 증감( $s=16, c=0.95$ )

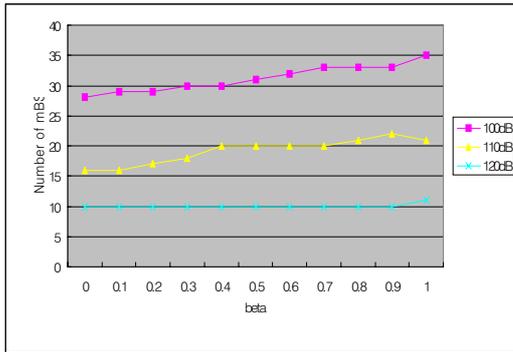


<그림 4> 경로손실의 변동에 따른 겹쳐지는 영역 증감( $s=16, c=0.95$ )

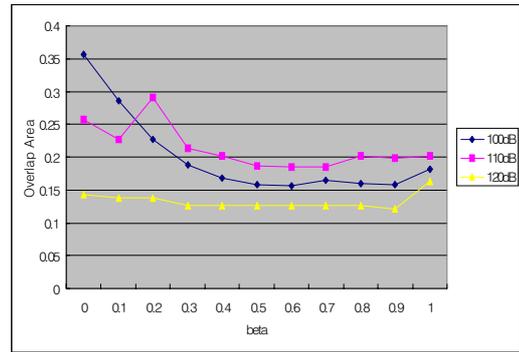
<그림 3>에서 볼 수 있듯이 경로손실 기준치가 엄격하게 적용된다면, 요구되는 mBS의 수는 증가하게 된다. 즉, CP에서 만족해야할 경로손실기준값을 줄이게 되면, 서비스 지역을 수용하기 위한 mBS의 수를 증가시켜야 한다. 그러므로 옥내환경을 고려하여 경로손실기준값을 작게 설정하면 더 많은 비용이 소요됨을 알 수 있다.

4.3.  $\beta$ 값의 변동에 대한 모의실험 결과

본 절에서는 mBS간 겹쳐지는 영역에 대한 제약의 가중치( $\beta$ )의 변동에 따른 mBS 수와 전체 지역에서 mBS간 겹쳐진 영역의 비율 변동을 설명하고 있다. 본 연구에서는 후보지들중에서 mBS를 선택하는 기준으로 경로손실영역과 겹쳐지는 영역에 대한 가중평균을 사용하므로,  $\beta$ 를 증가시키면 겹쳐지는 영역에 대한 제약을 증가시키게 된다. 이러한  $\beta$ 값에 대해 다양한 모의실험을 수행하였다.



<그림 5>  $\beta$ 의 증감에 따른 mBS 수의 변동 ( $c=0.95$ )

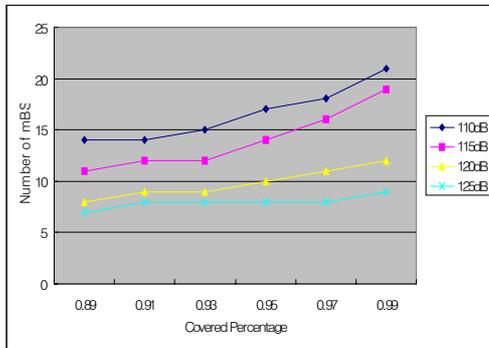


<그림 6>  $\beta$ 의 증감에 따른 겹쳐지는 영역비율 변동 ( $c=0.95$ )

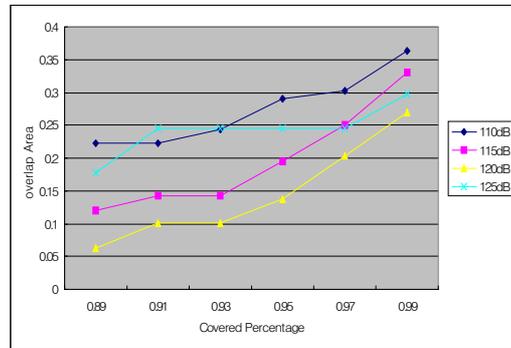
<그림 5>에서 볼 수 있듯이,  $s=16$ ,  $c=0.95$  그리고  $\alpha=1$ 이라는 가정하에서  $\beta$ 값이 증가할수록 mBS의 수가 증가함을 알 수 있다. 이는 알고리즘에서 mBS 후보지를 선택하는 기준으로 이동국과의 경로손실값과 겹쳐지는 영역에 대한 제약의 가중평균으로 둔데 기인하며, 예상한 바와 같이 겹쳐지는 영역에 대한 제약이 증가할수록 선택된 mBS의 수가 증가하는 양상을 보여주고 있다. 또한 <그림 6>은  $\beta$ 값의 변화에 의해 겹쳐지는 영역이 어느 정도 발생하는 지를 보여주고 있다. 결과에서 볼 수 있듯이  $\beta$ 값이 증가함으로써 인해 겹쳐지는 영역이 감소하는 경향을 나타내고 있다.

#### 4.4. 서비스 커버지역의 비율

<그림 7>과 <그림 8>은 서비스 지역에서 커버해야 할 단위지역의 비율에 따른 mBS 수의 변화와 겹쳐지는 영역에 관한 관계를 나타내고 있다. 즉, 전체 서비스 지역 중에서 일정 수준의 외곽지역은 경로손실기준값을 만족하지 않아도 된다는 가정한다.



<그림 7>  $c$  변동에 따른 mBS 수의 증감( $s=16$ ,  $\beta=0.2$ )



<그림 8> 서비스 커버영역 변동에 따른 중첩영역의 증감( $s=16$ ,  $\beta=0.2$ )

<그림 7>은 커버해야 할 단위지역의 비율이 증가함에 따라 설치되는 mBS의 수가 증가됨을 보여주고 있다. 또한 <그림 8>은 커버해야 할 단위지역의 비율이 증가함에 따라 겹쳐지는 영역이 증가함을 나타내고 있다. 이는 앞의 결과에서  $c$ 의 비율이 증가하면 mBS의 수가 증가한다는 결과에 기인하며, 결국 mBS 수의 증가는 겹쳐지는 영역의 증가를 가져온다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 CDMA시스템을 이용한 도심환경에서의 마이크로셀 시스템 구축을 대상으로 하였다. 마이크로셀 시스템의 경우, mBS가 갖는 특성과 주변건물이나 빌딩등과 같은 도심환경의 특수성으로 인해 가시영역을 확보하기에 상당한 어려움이 있으며, 이에 의해 음영지역이 발생할

가능성이 높다. 하지만 초기 무선망을 설계하는데 있어 음영지역으로 인한 통화호 단절은 심각한 문제이므로, 음영지역이 발생하지 않도록 시스템이 구축되어야 한다. 또한 CDMA 시스템은 소프트 핸드오프라는 특성으로 인해 겹쳐지는 영역에 의한 용량 감소를 가져오므로, 이를 무선망 설계 과정에 적절히 반영하여야 한다.

본 논문에서는 마이크로셀 시스템의 초기 무선망 구축에 관한 모형을 제시하였으며, 동시에 이에 관한 해법을 제시하였다. 다양한 모수들에 대해 모의실험을 수행하였으며, 이러한 결과들은 무선망을 구축하기 전 사전투자분석 및 무선망 설계 담당자의 의사결정에 많은 도움을 주리라 예상된다.

#### [참고문헌]

- [1] European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research Euro-Cost 231, "Urban Transmission Loss Models for Mobile Radio in the 900 and 1800 MHz Bands," Rev 2, 1991
- [2] K. S. Gilhousen, I. M. Jacobs, R. Padovani, A. J. Viterbi, L.A. Weaver, Jr. and C. E. Wheatley, "On the Capacity of a Cellular CDMA System," *IEEE Trans. on Veh. Tech.* 40 (1991) 303-312.
- [3] G. L. Siqueira, E. A. Vasquez, R.A.Gomes, C.B.Sampaio, M.A.Socorro, "Optimization of Base Station Antenna Position based on Propagation Measurements on Dense Urban Microcells," *IEEE VTC*, pp. 1133-1137, 1997
- [4] D.W Tcha, Y.S. Myung, J.H. Kwon, "Base Station Location in a Cellular CDMA System," to appear to *Telecom.. Systems*
- [5] A. M. Viterbi and A. J. Viterbi, "Erlang Capacity of a Power Controlled CDMA System," *IEEE J-SAC.* 11, 892-900, 1993
- [6] H. H. Xia and H. L. Bertoni, "Diffraction of cylindrical and plane waves by an array of absorbing half screens", *IEEE Tran. Antennas Propagation*, Vol. 40, pp.170-177, 1992
- [7] K.R. Chang, H.S. Lee, H.T. Kim, "Prediction of Path Loss in Microcelluar Environments Using Modified Ray Tracing", *IEEE VTC*, pp.76-80, 1997
- [8] Mark S. Daskin, *Network and Discrete Location*, John Wiley & Sons,1995