

## CDMA 이동통신 시스템의 RF 설계 기법

鄭桓羽, 黃明柱, 姜宗烈, 崔誠洵, 李在亨  
大韓텔레콤 株式會社

### I. 개요

최근 CDMA 시스템은 그 이론 및 기술 구현의 진보에 힘입어 무선통신상의 무선 접속 표준으로 채택되기에 이르렀고<sup>1)</sup>, 셀룰라 이동통신 뿐만 아니라 추후 구현될 여러 형태의 이동통신 분야에도 응용될 것으로 기대되고 있다.

본고에서는 CDMA 이동통신 시스템을 구현하기

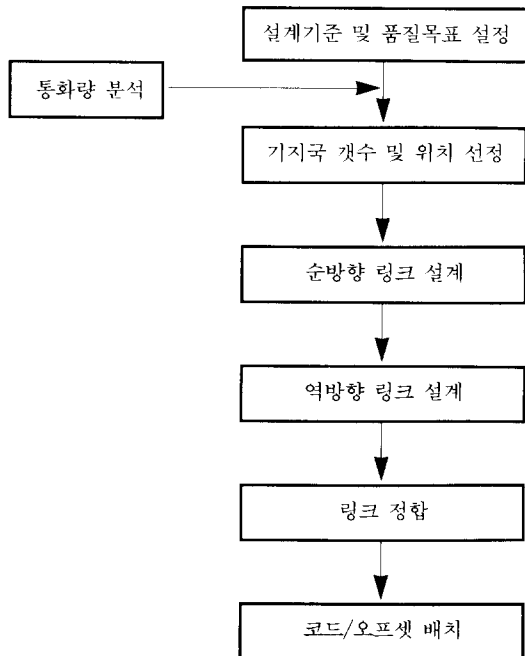


그림 1. CDMA RF 설계 흐름도

위한 망 설계에 있어서 RF 측면의 디자인 기법을 서술하고자 한다. 이 시스템은 종래의 아날로그 셀룰라 시스템과는 달리 광대역을 사용하며, 디지털 송신기법을 사용하는 시스템이기 때문에 여러가지 측면에서 기존의 아날로그 RF 설계기법과 그 근본을 달리하고 있다. 또한 고유한 다중접속 방식으로부터 야기되는 현상들은 CDMA 시스템의 RF 설계에 복잡성을 더해주고 있다.

그림 1은 CDMA RF 설계의 전체적인 흐름도를 보여주고 있다. 실제 설계에서는 이러한 수 회의 반복적인 작업을 거쳐 최적의 시스템이 구현될 수 있다. 본고의 서술에 있어서 가장 근본적인 가정 사항은 단말의 이동성이 고려되지 않았다는 것이며 일정 시점에서의 단말 즉 통화의 분포는 최번시의 정적인 평균을 기준으로 고려되었다.

Ⅱ장에는 그림 1에 표현된 각 단계의 주요 고려사항 및 기법들이 설명되어 있으며, Ⅲ장에는 이를 바탕으로 구현된 설계 프로그램을 이용한 특정지역의 설계 결과가 서술되어 있다. 그리고 Ⅳ장에는 결론 및 향후의 연구방향을 서술하였다.

### Ⅱ. CDMA RF 설계 절차

#### 1. 설계 기준

이동통신 시스템 설계에 있어서 제공하고자 하는 서비스의 품질목표와 이러한 품질목표를 만족시키기 위한 망 설계기준을 설정할 필요가 있다. 아래에서 이와 관련된 항목들과 각 항목들을 설정할 때 고려되는 요소들에 대해 고찰해 보기로 한다.

##### 1) 음성 품질

사용자가 느끼는 음성품질을 평가하는데는 여러가지 방법이 있는데 그중 유·무선 전화에서 주로 사용되는 평가척도로서 평균 의견 평점(MOS : Mean Opinion Score)이 있다. 이는 다수의 사용자를 선정하여 전화를 직접 사용하게 하거나 전화상의 음성을 녹음하여 들려주는 방법으로 통화품질을 5가지 레벨로 평가하게 하여 그 평균을 구하는 것이다.<sup>2)</sup>

2) 서비스 가능 지역 비율

서비스 대상 지역내에서 서비스가 가능한 지역의 비율로서 설계과정에서 수행되는 전파 전달 예측의 신뢰도 및 통화불능지역(dead spot)과 관련이 있다. 따라서 전파 전달 예측시 적절한 신뢰도를 얻을 수 있도록 보정해주고 기지국 배치 과정에서 통화불능지역을 가능한한 최소화 시켜야 한다.

3) 통화 완료율

사용자가 통화를 시도해서 접속이 완료되는 비율을 의미하며, 무선 구간, 이동전화 시스템의 유선구간, 공중전화망의 유선구간에서의 완료율을 종합적으로 고려하여야 한다.

4) 통화 중단율

사용자가 통화중에 원하지 않는데도 통화가 단절되는 비율로서 주로 핸드오프시에 단절되는 경우가 많고 가끔 무선구간의 장애지역이나 불통지역으로 사용자가 이동하는 경우에 발생한다. CDMA 시스템에서는 아날로그 시스템과는 달리 소프트 핸드오프(soft handoff)를 구현하고 있기 때문에 핸드오프 실패율은 보다 낮을 것으로 추정된다.

그러나 CDMA 시스템에서도 서로 다른 주파수의 채널간에는 아날로그와 마찬가지로 하드 핸드오프(hard handoff)가 일어나게 되므로 실제의 핸드오프 실패율은 복합적으로 결정된다. 현재 CDMA 시스템의 상용서비스가 되지 않고 있는 단계이므로 3)항에서의 무선구간에서의 통화완료율, 그리고 본항에서의 핸드오프 실패율을 적절히 설정하기 위해서는 컴퓨터를 통한 시뮬레이션이 활용될 수 있다.

5) 가입자당 통화량

시스템의 필요 용량을 결정하는 기본적인 요소로서 이를 결정하는데에는 가입자당 월 평균통화량, 통화 집중률, 통화형태(착, 발신)별 비율 등의 통계적 요소와 마케팅 관점에서의 영업전략 등이 고려되어 결정된다.

6) FER(Frame Error Rate)

1)항에서 설정된 통화품질과 직접적인 연관을 갖는

요소로서 vocoder의 특성과 밀접한 관계가 있다. 현재 CDMA 시스템에서는 QCELP vocoder가 사용되고 있는데 다양한 값의 FER에서 MOS 테스트를 실시하여 적절한 수준을 나타내는 FER값을 설정할 필요가 있다. 외국의 실험 예로는 1~2% 정도가 적당한 것으로 나타나고 있다.<sup>13)</sup>

7)  $E_b/N_t$

$E_b/N_t$ 는 원하는 신호의 비트당 에너지의 총 잡음 및 다른 사용자·기지국으로부터의 간섭의 총합에 대한 비율로 음성품질과 직접적인 관련을 가지고 있다. 6)항에서 설정된 FER은 무선구간을 거친후 수신단에서의 성능을 나타내는데 이를 충분히 만족 시켜 주기 위해서는 적절한  $E_b/N_t$  값을 설정할 필요가 있다. 이에 대해 외국의 관련사들에 의해 제시되는 값들은 5~14dB 정도로<sup>14) 15)</sup> 많은 편차가 있는데 적절한 값을 설정하기 위해서는 가능하다면 실제 시뮬레이션을 통하는 방법이 타당할 것이다.

8) 통화 묵음율(voice activity factor)

가입자가 실제 통화시 음성이 묵음이 되는 순간에는 송신기가 off 된다. 이는 아날로그 AMPS와는 다른 기능으로서 CDMA 시스템에서는 이러한 기능으로 인해 시스템의 전파간섭 수준을 낮추고 결과적으로 시스템의 용량을 높이는 효과를 가져온다.

외국의 실험 예로는 0.4~0.5 정도의 값을 제시하고 있다.<sup>14) 15)</sup>

9) 최대 출력

(1) 기지국 최대 출력

시스템 표준에서 기지국의 최대 출력은 제시되지 않고 제조업체에서 결정되는 사항이다. 단, 국내에서 사용될 때는 전파 사용에 관한 규제에 따라 최대 출력이 제한된다.

(2) 이동국 최대 출력

[1] 의 6.1.2.1에서 규정하고 있는 이동국의 출력은 아래와 같다.

- Class I (차량용) : 1dBW(1.25W) ~ 8dBW (6.3W)
- Class II (transportable) : -3dBW(0.5W) ~ 4dBW(2.5W)
- Class III (휴대용) : -7dBW(0.2W) ~ 0dBW (1.0W)

10) 기지국당 수용 용량

CDMA 시스템에서 가입자 수용 용량은 아래의 식 (1)에 의해 결정된다.<sup>16)</sup>



포가 기지국의 반경 및 통화품질에 직접적으로 영향을 미치므로 중요성은 더욱 크다. 따라서 통화량 분포 분석의 개략적인 방법론을 고찰해 보기로 한다.

#### 1) 대상지역의 세분화

분석대상지역을 일정한 격자점으로 분할하는데 대상지역의 통화 밀집도가 높을수록 격자점의 해상도가 높은 것이 좋다. 그러나 통화량 분석에 필요한 기초 자료를 수집하는 데는 한계가 있으므로 확보가능한 기초 자료와 대상지역의 통화 밀집도를 고려하여 적절한 해상도를 설정한다.

#### 2) 기지국별 관할 지역 추정

실제 망을 운용하는 경우 각 기지국별로 전파전달 분석을 통해 서비스 가능 지역을 추정할 수 있고 실제 망 운용 자료로부터도 각 기지국별 최번시 통화량을 알아낼 수 있다.

#### 3) 통화량 관련 독립변수 및 회귀식 추출

통화량에 영향을 주는 독립변수로는 차량 통행량, 건물 밀집도, 보행자 통행량, 거주지역별 가입자 등을 고려할 수 있는데, 이들 각 변수의 유효성과 통화량을 산출하기 위한 각 변수들간의 관계식은 아래와 같이 각 변수들의 값을 이용한 회귀분석을 통하여 얻어낼 수 있다.

(1) 각 기지국별 관할 지역내에서 각 변수들이 갖는 값들의 합을 관할 지역 면적으로 나눈값을 독립변수의 값으로 하고, 각 기지국별 통화량을 종속 변수로 한다.

(2) 회귀분석 프로그램을 이용하여 공선성(collinearity) 검증 등 제반 검증 절차를 거친 뒤 유효한 독립변수들을 가지고 각 독립변수를 하나씩 첨가하는 방식(stepwise 방식)으로 가장 높은 수정 결정계수(adjusted R-square) 값을 갖는 회귀식을 산출한다.

#### 4) 격자점별 독립변수값 설정

위에서 얻어진 회귀식에 포함되는 독립변수들의 값을 기초 자료에 의거하여 각 격자점별로 할당해 준다.

#### 5) 격자점별 통화량 가중치 할당

각 격자점별 독립변수값을 회귀식에 대입하여 얻어진 값을 각 격자점의 통화량 가중치로 설정한다.

#### 6) 실제 통화량 산출

예측되거나 집계된 대상지역의 총 통화량을 각 격자점별 통화량 가중치에 의해 할당하여 준다.

### 3. 전파 전달 분석 모델<sup>6)</sup>

효율적인 이동전화망을 설계 하기 위해서는 정확한 전파전달 손실예측이 요구되어진다. 물론 이러한 예측에 의해 설계된 망은 실제 현장에서의 측정에 의해 검증되어야 하지만 보다 정확한 예측이 가능하다면 더욱 효율적으로 망의 최적화 과정이 이루어질 것이다. 현재 국내에서는 이동전화망이 사용하고 있는 800/900MHz 대역의 전파환경에 대해 실측데이터에 의한 전파 특성 해석 모델이 개발되어 있지 않은 상태이다. 따라서 본고에서는 해외에서 개발된 해석모델을 비교 분석하고 광대역 전파의 특성을 살펴 보기로 한다.

#### 1) Okumura-Hata 모델

Okumura 모델은 150~2000MHz의 주파수 범위, 1~100Km의 거리 30~1000m 정도의 기지국 안테나 높이를 사용한 육상 이동통신에 일반적으로 적용할 수 있다. 이 모델은 일본의 동경 및 교외의 불규칙한 지형과 다양한 상황에서 행한 광범위한 전파시험의 결과에 기초하여 전파 손실 특성을 그래프로 제시한다. 따라서 동경의 건물형태가 아닌 경우 일치하지 않을 수 있다.

Okumura 모델이 그래프로 주어져 있기 때문에 컴퓨터를 이용하기가 불편하므로 Hata가 경험적인 실험식을 만들어 이용하고 있다.

#### 2) Lee 모델

Lee 모델은 1마일 접에서의 수신전력과 경로손실 기울기를 실험적으로 구하고 아래와 같은 보정인자를 사용한다.

- 기지국 안테나 높이 (표준은 30m)
- 이동체 안테나 높이 (표준은 3m)
- 송신전력 (표준은 10W)
- 기지국 안테나 이득 (표준은 6dBd)
- 이동체 안테나 이득 (표준은 0dBd)

아래의 식 (3)은 미국 필라델피아에서의 평균 전파 손실이다.

$$L = 42.3 - 20 \text{ Log} h + 36.8 \text{ Log} d \text{ (dB)} \quad (3)$$

식 (3)에서 h는 기지국 안테나의 높이, d는 기지국과 이동체 사이의 거리를 의미한다.

#### 3) TIREM 모델

TIREM은 점대점 전파 모델로서 주파수, 대기상

수, 두점 사이의 지형 단면의 특성을 고려하여 두 점 간의 전파손실을 예측한다. 또한 이 모델은 세가지 가지거리 전파 모드, 9개의 비가지 전파 모드를 설정하고 각 경우에 대해 적합한 예측 모델을 사용한다.

4) Longley-Rice 모델

이 모델은 전송경로에 대해 주파수, 편파, 경로길이, 지면으로부터의 높이, 대지 굴절률, 실효 지구반경, 기후, 대지 전도도, 대지 유전율 등의 일련의 매개변수를 정의하여 사용한다. 부가하여 실효 안테나 높이, 안테나의 지평선 거리, 지평선 각, trans-horizon 경로의 각거리, 경로의 지형 불규칙도 등 경로 매개변수도 요구된다. 상세한 지형경로 단면을 이용할 수 있으면 이로부터 경로 매개변수를 결정하여 점대점 예측을 할 수 있고, 단면을 이용할 수 없으면 경로 매개변수를 추정하여 지역 대 지역 예측을 수행한다.

5) 각 모델간의 비교

각 모델에 사용되는 주요 변수와 주요 고려사항을 <표 2>에 비교하여 나타내었다.

6) 광대역 신호의 전파 특성

광대역(1.2288 MHz) 신호라고 하더라도 기본적으로 협대역 신호의 통계적인 합이라는 관점에서 볼 때 일반적인 전파특성은 동일하다고 볼 수 있다. 그러나, 자기 상관대역(coherence bandwidth)은 광대역일수록 크므로, 지연 성분에 관한 특성은 협대역 신호와 광대역 신호에서 차이가 난다.

일반적으로 delay spread는 수 초 정도이고, 협대역(30KHz) 신호의 time resolution은 33.3 $\mu$ s, 광대역은 0.8 $\mu$ s이므로, 협대역 신호일수록 fading에 의한 영향이 크고 광대역 신호일수록 interpolation noise의 영향이 크다. 특히 CDMA 시스템에서는 RAKE 수신기를 사용하고 있으므로 interpolation noise의 영향을 줄일 수 있다.

4. 초기 기지국 갯수 및 위치 선정

이동전화망의 설계에서 기지국의 갯수 및 위치 선정은 여러가지 변수와 상황을 고려하여 여러가지 단계를 반복적으로 거치면서 수행된다. 이러한 반복적

표 2. 전파 전달 예측 모델 비교

모델명	입력매개변수								변수전파인자							출력매개변수				
	안테나 높이				지형 데이터	건물 데이터	나뭇잎 데이터	언덕 모양	거리	자유공간	완만 지구의 회절	지표면의 반사	언덕의 반사	언덕의 회절	대기의 굴절률	건물 침투	손실 편차	위치 변동	시간 페이딩	평균 전송 손실
	평균 지형	거리 레벨	실효 거리	이동 체 1-3 m																
Okumura	X	0	0	0	▲	X	▲	▲	0	0	0	X	X	▲	0	X	▲	0	X	0
Lee	X	0	▲	X	▲	X	X	▲	▲	X	X	▲	X	▲	X	X	X	X	X	0
TIREM	0	0	0	0	0	X	X	▲	0	0	0	0	X	0	X	X	▲	0	0	0
Longley-Rice 점대점	X	0	0	0	0	X	X	▲	0	0	0	0	X	▲	0	X	X	0	0	0
Longley-Rice 지역	X	0	▲	0	X	X	X	X	X	0	0	0	X	X	0	X	0	X	0	0

(0: 광범위하게 취급, ▲: 한정되게 취급, X: 취급하지 않음)

인 과정의 출발점에서는 개략적인 기지국의 갯수와 위치를 설정할 필요가 있다. 물론 이렇게 설정된 기지국 갯수와 위치는 상세설계 과정을 통해 수정된다.

### 1) 초기 기지국 갯수 설정

#### (1) 대상지역의 총 통화량에 의한 기지국 갯수 선정

대상지역에서 예상되어지는 총 통화량을 기지국당 가입자 수용 용량으로 나누어 주면 소요 기지국 갯수를 얻을 수 있다. 그러나 이러한 방법은 총 통화량이 대상지역에 균등하게 분포되어 있다고 가정할 때 유효하므로 가급적 오류를 줄이기 위해서는 대상지역을 밀집도에 따라 몇 그룹으로 구분하여 각 그룹에 해당하는 통화량을 기지국당 가입자 수용 용량으로 나누어 그룹당 기지국 갯수를 산출한다.

#### (2) 기지국 반경으로 부터의 기지국 갯수 산정

설계기준에서 얻어진 수신신호강도 임계치로부터 허용가능한 최대 경로손실을 결정하고 전파 전달 예측 모델을 사용하여 특정 경로손실을 만족하는 기지국 반경을 구하여 기지국당 서비스 면적을 구한다. 대상지역의 면적을 기지국당 서비스 면적으로 나누면 필요 기지국 갯수를 얻을 수 있다. 이때도 (1)항과 마찬가지로 그룹별로 설계기준이 틀릴 수 있으므로 이경우 그룹별로 지역을 분할하고 그룹별 필요 기지국 갯수를 산출한다.

#### (3) 초기 기지국 갯수

위의 두가지 방법으로 구한 갯수들을 그룹별로 비교하여 많은 것을 초기 기지국 갯수로 결정한다.

### 2) 초기 기지국 위치 설정

각 그룹별로 설정된 갯수 만큼의 기지국을 지형을 고려하여 위치를 설정하고 주변에 활용가능한 건물/입지가 있는지 여부를 확인하여 가능하면 이러한 건물/입지를 설정한다. 활용가능한 건물/입지 여부를 판단할때는, 입차가능성, 주변건물의 배치관계, 건물 내부의 설비 설치 및 안테나 설치 가능성, 전력공급의 용이성, 진입도로 설치 여부 등을 고려한다.

## 5. 순방향 링크 설계

순방향 링크 설계는 서비스를 제공하고자 하는 지역 내에서 기지국이 송신한 신호를 이동국이 수신하였을 때, 수신신호강도는 충분한지, 기저대역에서 복조가 가능할 정도로 충분한 신호대 간섭비를 유지하는지, 핸드오프는 원활하게 발생되는지, 예상 통화량은 잘 수용될 수 있는지 등을 분석하여 이들 조건을 만족하도록 하여야 한다. 분석과정에서 음영지역 발생으로

통화가능지역비율의 불충족, 품질목표의 불충족, 부적절한 핸드오프 등의 문제점이 발생하면, 각 설계단계에서 필요한 보정질차를 거쳐 목표치가 충족될때까지 재설계를 반복한다.

### 1) 수신신호강도 분석

이동국 안테나 앞단에서 수신되는 신호강도(RSL<sub>r</sub>)는 기지국 전력증폭기 출력(PA<sub>ts</sub>), 기지국 케이블 및 안테나 커넥터의 손실(Lf<sub>bs</sub>), 기지국 안테나 이득(G<sub>ts</sub>), 기지국 유효방사전력(ERP<sub>bs</sub>), 순방향 링크 경로손실(PL<sub>r</sub>) 등의 함수로 아래 식 (4)와 같이 표현된다.

$$RSL_r(\text{dBm}) = ERP_{bs} - PL_r = PA_{ts} - Lf_{bs} + G_{ts} - PL_r \quad (4)$$

이동국 안테나 앞단에서의 순방향 링크 수신신호강도 임계치(RSL<sub>thr</sub>)는 확산대역(W)에서의 열잡음(N<sub>th</sub>), 이동국의 잡음지수(NF<sub>ms</sub>), II.1에서 설정된 프레임 에러율(FER)을 달성하기 위한 E<sub>b</sub>/N<sub>tr</sub>, 대역 확산 이득(W/R), 이동국 안테나 이득(G<sub>ms</sub>), 이동국 안테나단 손실(Lf<sub>ms</sub>), 페이딩 마진(FM<sub>r</sub>) 등의 함수로 아래 식 (5)와 같이 표현된다.

$$RSL_{thr}(\text{dBm}) = N_{th} + NF_{ms} + E_b/N_{tr} - W/R - G_{ms} + Lf_{ms} + FM_r \quad (5)$$

기지국 안테나 끝단에서 이동국 안테나 앞단까지의 순방향 허용가능 최대 경로손실(PL<sub>rmax</sub>)은 식 (4)와 식 (5)가 같을때 이므로, 아래 식 (6)과 같이 표현된다.

$$PL_{rmax}(\text{dB}) = ERP_{bsmax} - N_{th} - NF_{ms} - E_b/N_{tr} + W/R + G_{ms} - Lf_{ms} - FM_r \quad (6)$$

허용가능한 최대 경로손실을 산출할때 추가적으로 고려하여야할 사항에는 제공하고자 하는 서비스의 종류 및 인공잡음(N<sub>m</sub>)이 있다. 제공하고자 하는 서비스가 차량전화기준인지, 길에서의 휴대전화인지, 자동차안에서의 휴대전화인지, 빌딩내에서의 휴대전화인지에 따라 빌딩 혹은 자동차에서의 투과손실(L<sub>atms</sub>)이 달라지며, 차량전화와 휴대전화의 수신 안테나 이득이 다르다. 빌딩에 의한 투과손실은 건물의 재질 및 몇번째 층에서 측정하느냐에 따라 달라질 수 있다.<sup>[6]</sup> 또한 위의 식 (6)에서는 열잡음만 고려하였으

나, 이동국이 위치하고있는 지점이 빌딩내 혹은 자동차안이고 그 지점에서의 인공잡음이 큰 경우에는  $N_t$ 를 결정하는 주 요소가 간섭이 아니라 잡음이 될 수도 있다. 인공잡음은 지역마다 다르므로<sup>[9], [10]</sup> 설계 대상 지역에서 실제로 측정된 값이 필요하며, 이 실측치도 지역내의 각 지점마다 다르기 때문에 설계 대상이 되는 지역에서의 마진( $N_{mms}$ ) 목표치를 설정하여야 한다. 따라서 허용가능한 최대 경로손실은 아래의 식 (7)과 같이 다시 정의된다.

$$PL'_{fmax}(\text{dB}) = ERP_{bsmax} - N_{th} - NF_{ms} - N_{mms} \\ - E_b/N_t + W/R + G_{ms} - L_{fms} \\ - FM_f - L_{atms} \quad (7)$$

순방향 링크에서 이동국의 파일럿 채널 (pilot channel) 수신신호강도는 식 (4)와 같이 결정되는데, 경로손실은 Ⅱ.3에서 설명된 모델중 어느 것을 적용하는가에 따라 약간씩 차이를 보이게 된다. 이 문제는 시험 기지국의 운용을 통해 측정된 값과 비교하여 적용한 모델에 적절한 보정을 취함으로써 해결하여야 한다.

적절한 격자점 크기, 섹터별 분석 반경, 기지국의 최외곽지역에서의 수신신호강도가 Ⅱ.1에서 설명한 수신신호강도 임계치 이상이 되도록 기지국 제원을 결정하여 전파전달분석 프로그램으로 각 섹터별 수신신호강도를 계산하고 이를 결합하면, 각 격자점에서의 최대 수신신호강도와 그 신호가 속하는 섹터인 최적서버(best server)를 결정할 수 있다. 만일 각 격자점에서의 수신신호강도가 Ⅱ.1에 설명된 수신신호강도 임계치보다 작은 지역이 발생하거나, 수신신호강도가 지나치게 커서 전파간섭을 증가시킬 우려가 있는 지역이 존재하는 경우와 빈번한 핸드오프를 유발하게될 불연속적인 최적서버 혹은 Ⅱ.1에서 설명된 섹터별 최대 수용가능 통화량에 비해 지나치게 작거나 큰 통화량을 수용하는 서버가 있는 경우에는, 기지국의 갯수, 위치, 안테나 높이, 안테나 이득, 유효방사전력, 하향경사각(downtilt) 등을 조정하여 적절한 수신신호강도, 적절한 섹터별 통화량, 적절한 최적서버가 얻어질때까지 반복한다.

## 2) 전파간섭 분석

수신신호강도 분석에서 얻어진 최적서버 파일럿 및 Ⅱ.2에서 설명된 통화량분포 파일을 이용하여 각 섹터가 수용해야할 기본 통화량을 산출한다. 그 이후에

3) 핸드오프 분석에서 설명할 소프트(soft) 핸드오프 및 소프트 핸드오프에 의하여 추가로 발생케되는 핸드오프 통화량을 잠정적으로 추정하고, Erlang-B 모델 및 호손율(call blocking rate) 목표치를 고려하여 기본 통화량과 핸드오프 추정 통화량을 합한 추정 총 통화량을 수용하는데 필요한 트래픽 채널의 갯수를 산정한다. 산정된 각 섹터별 추정 트래픽 채널 및 페이징 채널 (paging channel), 싱크 채널 (sync channel), 파일럿 채널 각각의 유효방사전력을 각 채널별  $E_c/I_t$ ,  $E_b/N_t$ 를 고려하여 적절한 차이를 가지도록 잠정적으로 결정하고, 이들의 합인 각 섹터별 총 유효방사전력을 추정한다. 총 유효방사전력의 추정에는 순방향 링크에서의 전력제어(power control)로 인한 이동국의 수신신호강도 감소효과도 고려하여야 한다.<sup>[11]</sup> 각 격자점에서 수신되는 모든 섹터들에서 오는 전파간섭, 잡음의 총량( $N_t$ )은, 파일럿 채널 전력( $P_t$ ), 페이징 채널 전력( $P_A$ ), 싱크 채널 전력( $P_S$ ), 총 트래픽 채널수( $N$ ), 트래픽 채널당 전력( $P_T$ ), 음성목음요소( $V$ ), 순방향 링크 전력제어에 의한 출력감소 요소( $P_c$ ), 순방향 경로손실( $PL_f$ ), 확산대역( $W$ )에서의 열잡음( $N_{th}$ ), 이동국 잡음지수( $NF_{ms}$ ), 이동국이 위치한 곳의 인공잡음 마진( $N_{mms}$ )에 대하여 아래의 식 (8)로 추정할 수 있다.

$$N_t \text{ 추정량}(\text{dBm}) = \Sigma \{ [P_t + P_A + P_S + (N^* \times P_T \\ \times V) - P_c] - PL_f \} + N_{th} + \\ NF_{ms} + N_{mms} \quad (8)$$

식 (8)에서  $\Sigma$ 는 각 섹터에 대한 합을 의미하며,  $N^*$ 은 이동국이 속한 섹터에서는 한개의 트래픽 채널을 제외됨을 의미한다.

각 격자점별로 구해진  $N_t$  추정량을 이용하여, 각 격자점에서의  $E_b/N_t$  및  $E_c/I_t$ 를 산출한다. 이들은 처리이득(processing gain :  $W/R$ ),  $P_t$ 와  $P_T$ 간 차이 외에는 유사한 아래의 식 (9)로 계산된다.

$$E_b/N_t(\text{dB}) = (P_T - PL_f) - [N_t^* - P_T] + W/R, \\ E_c/I_t(\text{dB}) = (P_T - PL_f) - (I_t^* - P_t) \quad (9)$$

식 (9)에서  $N_t^*$ ,  $I_t^*$ 는 각각 하나의 트래픽 채널, 하나의 파일럿 채널을 제외한 값을 의미한다.

이 식들로 구한 각 격자점에서의  $E_b/N_t$ ,  $E_c/I_t$  값들이 Ⅱ.1에서 설명된 방법으로 설정된 목표치를 만

족시키지 못하면, Ⅱ.4부터 다시 조정한다.

### 3) 핸드오프 분석

CDMA에서 제공되는 핸드오프에는 네 가지 종류가 있으며, 특징은 아래와 같다.

#### (1) 소프트 핸드오프

동일한 기지국에 속하는 두 섹터 사이의 경계지역에 존재하는 이동국은 두 섹터의 송신용 안테나들에서 송출되는 두개의 순방향 신호들을 결합하여 사용한다. 이때 기지국에서 송신시에는 두 섹터에서 동일한 왈시코드(Walsh code)를 사용하고, 송수신시 채널장비(channel element)는 공통으로 사용하며, 수신시에는 두 섹터의 수신용 안테나 4개에서 수신된 신호들을 결합한다. 그리고 제반 제어는 BTS(Base station Transceiver Subsystem)에서 수행된다.

#### (2) 소프트 핸드오프

인접한 기지국들의 경계지역에 위치한 이동국은 [1]의 6.2.2.1에서 규정한 최대 3개까지의 기지국들과 동시에 링크를 형성할 수 있으며, 기지국들의 송신용 안테나들에서 송출되는 여러 개의 순방향 신호들을 결합하여 사용한다. 이때 기지국에서 송신시에는 동일한 트래픽 채널 프레임 오프셋(frame offset)을 사용하고, 송수신시 채널장비는 각 기지국에서 별개로 사용되며, 수신시에는 각 기지국의 특정 섹터에서 두 개의 수신용 안테나에서 수신된 신호들을 결합하여 BSC(Base Station Controller)로 보낸다. BSC에서는 각 기지국들에서 보내진 신호를 결합하며, 제반 제어를 수행한다.

(3) 하드 핸드오프 (CDMA to CDMA hard handoff)

[1]의 6.6.6.1에서는 하드 핸드오프가 발생하는 경우를 다음과 같은 세 가지로 규정하고 있다.

- Disjoint sets of base stations
- Different frequency assignments
- Different frame offsets

첫번째 경우에 대해서는, 장비제조업체에 따라 한 MSC(Mobile Switching Center)의 관할지역을 벗어날 때와 이기종 MSC간 이동시 등으로 해석이 다르므로, 채용하는 장비의 성능에 따라 소프트 핸드오프도 가능할 것으로 예상된다. 소프트 및 소프트 핸드오프시에는 기존 통화링크를 유지하면서 새로운 통화링크를 연결하는 방식(make before break)이지만, 하드 핸드오프시에는 기존 통화링크를 끊고 새로운 통화링크를 연결하는 방식(make after break)으

로서 현재 아날로그 방식의 핸드오프와 유사하다.

(4) 아날로그로의 핸드오프 (CDMA to analog handoff)

이동국이 CDMA 서비스 지역을 벗어나 아날로그만 서비스 가능한 지역으로 이동하는 경우에 발생하는 핸드오프이며, 이 핸드오프를 지시받은 이동국은 CDMA 모드에서의 작동을 중지하고 아날로그 모드로 들어가서 아날로그 시스템으로 접속하게된다.

본고에서는 이해의 편의를 위하여 소프트 핸드오프와 소프트 핸드오프만 고려하여 설계과정을 설명하기로 한다.

소프트 및 소프트 핸드오프에 관련되는 변수에는 T\_ADD, T\_DROP, T\_COMP, T\_TDROP 등이 있으며, 이동국들의 실제 이동상황을 반영하기 위해서는 이들 변수이외에 이동국의 분포, 이동방향 및 속도, 호의 발생 및 종료 등도 반영한 시뮬레이션이 필요하다. 소프트 및 소프트 핸드오프시 인접 섹터의 파일럿 채널중에서 수신신호강도가 T\_ADD를 넘는 것이 이동국의 활성군(active set)으로 되어 핸드오프가 되고, T\_DROP이하로 떨어지면 T\_TDROP만큼의 시간지연을 둔 뒤에 활성군에서 제외되어 핸드오프가 종료되는 것이지만, 설계단계에서는 이동국들의 이동성을 배제한 정적인 상황을 대상으로 하므로 T\_TDROP등은 고려하지않고 T\_ADD와 T\_DROP만을 사용하여 핸드오프 지역을 결정한다. 따라서 본고에서는 설계시 핸드오프 지역 및 핸드오프 통화량을 결정하는 변수로 T\_ADD, T\_DROP만을 고려하는데, 두 변수는 이동국의 이동방향에 따라 사용되는 형태가 달라진다.<sup>[12]</sup>

적절한 넓이의 연속적인 핸드오프 지역이 형성되도록 각 섹터별로 최적서버, T\_ADD, T\_DROP을 조정하면,<sup>[12]</sup> 아래와 같이 세 가지로 구분되는 핸드오프 지역이 구해진다.

- 소프트 핸드오프 : 2-way, 3-way
- 소프트 핸드오프 : 2-way, 3-way
- 소프트 · 소프트 핸드오프 : 3-way

4-way 이상의 핸드오프 지역은 [1]의 6.2.2.1에 따라 무시한다.

이렇게 결정된 핸드오프 지역을 이용하여 각 섹터별로 핸드오프 통화량을 산출한다. 각 격자점의 최적서버, 각 섹터별 T\_ADD, T\_DROP, 각 격자점의 통화량, 각 격자점에서 수신되는 모든 파일럿 채널들



의 수신신호강도 등을 이용하여 섹터 A의 핸드오프 통화량을 소프트 핸드오프 및 소프트 핸드오프로 구분하여 계산한다. [14] 이때 핸드오프 지역이 지나치게 작거나 큰 경우, 불연속적인 경우, 핸드오프 통화량이 지나치게 작거나 큰 경우가 발생하면, T\_ADD, T\_DROP 등의 변수를 다시 조정하여 재설계한다.

각 섹터별로 최적서버내의 기본 통화량, 소프트 핸드오프 통화량, 소프트 핸드오프 통화량의 합을 계산하여 Erlang-B 모델 및 호손율을 이용하여 전과간섭에 기여하는 순방향 링크의 트래픽 채널수를 구한다. 재계산된 트래픽 채널수가 허용가능한 최대 채널수를 초과하면 Ⅱ.4부터 다시 반복하고, 최대 채널수를 초과하지 않는 경우에는 2)전과간섭 분석부터 다시 수행하는데 이 경우에는 2)에서 잠정적으로 가정했던 값은 무시한다. 2)~4) 과정의 반복(iteration)은 4) 핸드오프 분석에서 재계산된 섹터별 트래픽 채널수가 이전 단계에서 계산된 것과 일치할때까지 계속된다.

#### 4) 채널장비 계산

각 섹터별로 순방향 링크에서 요구되는 채널장비의 갯수를 계산한다. 파일럿, 페이징, 싱크, 트래픽 채널별로 필요한 갯수를 결정하는데, 트래픽 채널에 대해서는 기본 통화량과 소프트 핸드오프 통화량을 합하여 필요한 채널장비의 수를 계산하고 소프트 핸드오프 통화량에 대해서는 여러 섹터에 중복되어 계산되지 않도록 하여야 한다. 또한 페이징 채널장비를 계산할 때에는 이동국 착신호의 횟수등에 따른 페이징 채널의 부하 및 페이징 채널의 모드(slotted mode, non-slotted mode)를 고려하여야 한다.

### 6. 역방향 링크 설계

역방향 링크 설계는 서비스를 제공하고자하는 지역 내에서 이동국이 송신한 신호를 기지국이 수신하였을 때, 그 세기는 충분한지, 기저대역에서 복조가 가능할 정도의 신호대 간섭비를 유지하는지 등을 분석하여 설계한다. 분석과정에서 이동국 유효방사전력의 한계 및 빌딩이나 차체에서의 신호감쇄로 인한 역방향 수신신호강도 임계치의 불충족, 품질목표의 불충족 등 문제점이 발생하면, Ⅱ.4 및 Ⅱ.5에서 필요한 보정치를 거쳐 목표치가 충족될때까지 반복하여 재설계한다.

#### 1) 이동국 출력 분석

역방향 링크에서의 이동국의 출력전력은, [1]의 6.1.2.3에 규정된 개방루프 추정 (open loop

estimation) 및 폐쇄루프 보정 (closed loop correction)을 통하여 1.25ms마다 최소 0.5dB간격으로 제어된다.

#### (1) 개방루프 추정

이동국이 액세스 채널(access channel)로 기지국으로의 접속을 시도하는 경우 이동국의 평균출력전력( $P_o$ )은 이동국의 평균입력전력( $P_i$ ), 액세스 성공시가지의 액세스 횟수( $n$ )에 대하여 아래의 식 (10)으로 결정된다. 즉, 이동국은 수신한 신호의 강도에 반비례하는 출력을 송출하는 것이다.

$$P_o = -P_i - 73 + \text{NOM\_PWR} + \text{INIT\_PWR} + \text{PWR\_STEP} \times n \quad (10)$$

식 (10)에서 NOM\_PWR, INIT\_PWR, PWR\_STEP은 각각 [1]의 6.1.2.3.1에서 규정된 nominal transmit power offset, initial power offset, power increment를 의미한다.

#### (2) 폐쇄루프 보정

이동국은 역방향 트래픽 채널로의 전송을 개시한 후, 순방향 트래픽 채널로 수신한 전력제어비트(power control bit)가 0이면 1dB정도 출력을 증가시키고, 1이면 감소시킨다. 이동국이 소프트 혹은 소프트 핸드오프 상태에 있는 경우에는 2~3개의 섹터에서 보낸 전력제어비트의 값이 모두 0인 경우에만 출력을 증가시키고, 하나라도 1인 경우에는 출력을 감소시킨다.

Rayleigh 페이딩 간격은 주파수를 860MHz로 가정시 반파장인 약 17cm마다 일어난다 [2], 이동국의 속도를 60Km/h로 가정해도 역방향 링크 전력제어가 일어나는 1.25ms동안에는 이동거리가 약 2.08cm에 불과하므로, 기지국에서의 수신신호강도는 역방향 링크 전력제어에 의하여 일정하다고 가정할 수 있다.

따라서 본고에서 설명하는 설계단계에서는 이상적인 역방향 링크 전력제어가 실시된다고 가정하여 각 이동국들이 송신한 신호는 감쇄되어 동일한 신호강도로 기지국에 수신된다고 본다.

기지국 안테나 앞단에서 수신되는 신호강도(RSL<sub>r</sub>)는 이동국 전력증폭기 출력(PA<sub>ms</sub>), 이동국 내부 케이블 및 안테나 결합단의 손실(Lf<sub>ms</sub>), 이동국 안테나 이득(G<sub>ms</sub>), 이동국 유효방사전력(ERP<sub>ms</sub>), 역방향 링크 경로손실(PL<sub>r</sub>) 등의 함수로 아래 식 (11)로 표현된다.

$$RSL_r(\text{dBm}) = ERP_{ms} - PL_r = PA_{ms} - L_{fms} + G_{ms} - PL_r \quad (11)$$

기지국 안테나 앞단에서의 역방향 링크 수신신호강도 임계치( $RSL_{thr}$ )는 확산대역( $W$ )에서의 열잡음( $N_{th}$ ), 기지국의 잡음지수( $NF_{bs}$ ), 1.1에서 설정된 프레임 에러율(FER)을 달성하기 위한  $E_b/N_{tr}$  대역 확산 이득( $W/R$ ), 기지국 안테나 이득( $G_{bs}$ ), 기지국 안테나단 손실( $L_{fbs}$ ), 페이딩 마진( $FM_r$ ) 등의 합수로 아래 식 (12)로 표현된다.

$$RSL_{thr}(\text{dBm}) = N_{th} + NF_{bs} + E_b/N_{tr} - W/R - G_{bs} + L_{fbs} + FM_r \quad (12)$$

이동국 안테나 끝단에서 기지국 안테나 앞단까지의 역방향 허용가능 최대 경로손실( $PL_{rmax}$ )은 식 (11)과 식 (12)가 같을때 이므로, 아래 식 (13)으로 표현된다.

$$PL_{rmax}(\text{dB}) = ERP_{msmax} - N_{th} - NF_{bs} - E_b/N_{tr} + W/R + G_{bs} - L_{fbs} - FM_r \quad (13)$$

순방향에서와 마찬가지로 빌딩 혹은 자동차에서의 투과손실( $L_{atms}$ ), 기지국이 위치하고있는 지점의 인공 잡음 마진( $N_{mbs}$ ) 등을 추가적으로 고려하면, 허용가능한 최대 경로손실은 아래의 식 (14)로 결정된다.

$$PL'_{rmax}(\text{dB}) = ERP_{msmax} - N_{th} - NF_{bs} - N_{mbs} - E_b/N_{tr} + W/R + G_{bs} - L_{fbs} - FM_r - L_{atms} \quad (14)$$

여기에서 이동국의 최대출력( $ERP_{msmax}$ )은 [1] 의 6.1.2.1에 의하면 차량전화는 1~8dBW, 휴대전화는 -7~0dBW로 8dB의 차이가 나므로, 휴대전화 서비스를 위해서는 차량전화시보다 8dB의 마진이 추가되도록 설계하여야 한다.

역방향 링크에서의 전파간섭을 최소화할 수 있도록 경로손실, 기지국 안테나 이득 등을 고려하여 기지국에서 수신된 신호강도가 앞의 1.1에서 설명한 기지국에서의 수신신호강도 임계치( $RSL_{thr}$ )가 되도록 각 격자점에 위치한 이동국의 출력전력( $ERP_{ms}$ )을 결정한다. 만일  $ERP_{ms}$ 가  $ERP_{msmax}$ 를 초과하게 되는 경우에는,  $ERP_{ms}$ 를  $ERP_{msmax}$ 로 정한다. 즉, 기지국에

서의 거리가 어느 정도 이상으로 멀어지면 이동국의 출력전력은 이동국의 등급에 따른 최대값으로 포화가 되는 것으로 간주한다.

## 2) 역방향 전파간섭 분석

이상적인 역방향 링크의 전력제어를 가정하면, 기지국에서의 수신신호강도는 이동국의 위치에 상관없이 각 섹터마다 동일하다. 역방향 링크에서의 전파간섭( $I_{tr}$ )과 잡음의 합( $N_{tr}$ )은 각 섹터단위마다 고려하여야 할 반경내의 각 격자점에 대하여, 이동국의 분포 상황에 따라 달라지는 역방향 링크의 전파간섭을 반영하는 변수로 각 격자점별 통화량을 이용하여 계산할 수 있다. [14]

역방향 링크의  $E_b/N_{tr}$ 는 각 섹터마다 동일할 것 같으나, 이동국의 최대 유효방사전력이 포화될 수 있는 것과 핸드오프 지역에 있는 이동국은 링크 다이버시티(diversity) 이득이 생길 가능성이 있다는 [15] 것 때문에 한 섹터내에서도 다른 값을 가질수 있다.

## 3) 역방향 마진(margin) 분석

각 격자점에서 이동국에 요구되는  $ERP_{ms}$ 가 그 이동국의  $ERP_{msmax}$ 보다 작은 경우에는 역방향 링크에서의 마진이 존재한다고 볼 수 있으며, 이 마진은 역방향 링크에서의 순간적인 과도한 페이딩 혹은 감쇄가 발생하는 경우에 추가적으로 요구되는 출력전력의 상충분으로 사용될 수 있다. 역방향 링크 마진을 이용하여 이동통신사업자는 자신의 전략에 따라 지역별로 설정한 각 서비스 대상(차량전화, 휴대전화, 차량내 휴대전화, 빌딩내 휴대전화 등)의 서비스 가능지역 범위를 계산함으로써, 설정된 서비스 가능지역비율 목표의 충족여부를 분석한다.

## 4) 역방향 채널장비 계산

역방향 링크의 통화량을 기준으로 필요한 트래픽, 액세스 채널장비의 갯수를 계산한다. 액세스 채널장비를 계산할 때에는 등록방법(registration method), 호의 발생빈도 등에 따른 액세스 채널의 부하를 고려하여야 한다.

## 7. 링크 정합(link balancing)

순방향 링크의 전력제어 범위가 역방향 링크의 전력제어 범위보다 훨씬 작고 두 링크에서의 페이딩이 계속해서 변화하므로, 두 링크가 모든 지역, 모든 시간에 대해 완전히 정합을 이룰 수는 없다. 따라서 링크 정합의 대상은 각 섹터의 경계지역에 존재하는 이동국에 대해서 평균적인 정적상태를 기준으로 고려하

여야 한다.

#### 1) 서비스 가능지역 분석

각 섹터에서 제공하고자 하는 서비스 대상에 대하여 두 링크의 서비스 가능지역이 어느 정도 균형을 이루고 있는지 비교한다.

만일 어느 한쪽이 지나치게 크면, 기지국 위치, 섹터의 안테나 높이, 안테나 종류, 안테나 이득, 유효 방사전력, 하향경사각 등을 조정하여 두 링크의 서비스 가능지역이 정합을 이루도록 한다. 앞에서 설명한 식 (7)과 식 (14)를 이용하여 양 링크에서의 허용가능한 최대 경로손실을 균형있게 설정하는 것도 좋은 방법이다.

#### 2) 전파간섭 분석

두 링크의  $E_b/N_t$ 가 설정된 설계기준치를 만족하면서 한쪽 링크가 더 나은 경우가 발생할 수 있다. 이 경우에는 목표치를 만족한 경우이므로 보정이 반드시 필요한 것은 아니다. 섹터간의 경계지역에서는 두 링크의  $E_b/N_t$ 가 균형을 이루게 하는 것이 바람직하다.

#### 3) 링크 정합 방법

두 링크의 정합을 위해서 한쪽 링크를 수정하면 그 여파가 다른 링크에 미치게 된다. 따라서 링크 정합은 양쪽이 다 충족될때까지 계속되는 반복(iteration) 과정이다. 이 과정에서는 계속되는 수정/보완이 필요하며, 어떻게 최적화를 시킬 것인가에 대한 방법론이 필수적이다. 만일 이러한 방법론이 없다면 끊임없는 시행착오로 해결할 수 밖에 없으므로, 이론 및 경험을 근거로 적절한 방법론을 설정하는 것이 바람직하다.

### 8. 코드/오프셋 배치 (code/offset allocation)

CDMA 설계과정에서 필요한 코드/오프셋 배치계획에는 다음과 같은 것들이 있다.

#### 1) 왓시 코드 배치계획

CDMA 순방향 링크에서는 파일럿, 페이징, 싱크, 트래픽 채널들이 합쳐져서 하나의 CDMA 채널이 형성되고, 역방향 링크에서는 액세스 채널, 트래픽 채널들이 섞여서 하나의 CDMA 채널이 형성된다. 하나의 CDMA 채널에 포함된 여러 채널들은 고유의 왓시 코드에 의하여 변조되며, 동일한 왓시 코드를 사용하여 복조가 가능하다.

순방향 링크에서는 [1]의 7.1.3.1에 의하면 파일럿 채널에는 왓시 코드 0, 싱크 채널에는 왓시 코드 32, 페이징 채널에는 왓시 코드 1~7, 트래픽 채널

에는 왓시 코드 0을 제외한 63개 중에서 할당할 수 있다. 역방향 링크의 액세스 채널 및 트래픽 채널에는 0~63의 왓시 코드중에서 필요한 갯수만큼 할당한다.

#### 2) 파일럿 의사잡음 순서 오프셋 (pilot PN sequence offset)

이 오프셋은 이동국이 여러 섹터들에서 오는 순방향 CDMA 채널간을 구분할때 사용된다. [1]의 7.1.3.2.1에 의하면, 오프셋들간에는 최소한 64 PN Chips의 이격이 필요하므로 사용가능한 오프셋은 총  $215 \div 64 = 512$ 개이다. 마치 아날로그 시스템에서  $N=4, 7, 12, 19$  등의 주파수 재사용 패턴을 가지고 각 채널들이 재사용 되듯이, CDMA에서는 이 512개의 오프셋을 적절하게 배치하여 재사용 하여야 한다.

이동국이 파일럿 채널을 검색할때의 처리시간, 인접 섹터에서 오는 파일럿 채널의 지연된 다중경로 성분과 최적서버에서 오는 파일럿 채널을 혼동할 가능성 등을 고려하여 인접한 섹터들에서는 가능한한 이격거리가 충분한 오프셋을 사용하고, 동일한 코드간에는 충분한 이격거리를 확보하여 이동국의 오동작 및 전파간섭의 가능성을 줄여야 한다.<sup>[16]</sup>

#### 3) 트래픽 채널 프레임 오프셋 (traffic channel frame offset)

기지국과 특정 이동국의 통화를 위한 한쌍의 순방향 및 역방향 트래픽 채널은 동일한 프레임 오프셋을 가진다. 그러나 여러 트래픽 채널들간에는 각기 다른 프레임 오프셋을 가질 수 있다. [1]의 7.1.3.5.1에 의하면, 트래픽 채널은 시스템 시간 (system time) 보다 각각 0ms, 1.25ms, 2.5ms, ..., 18.75ms의 지연을 가지고 매 100번째 프레임이 시작되는 16가지의 오프셋을 가질 수 있다.

각 CDMA 채널에 대하여 적절하게 프레임 오프셋을 사용하되, 이 프레임 오프셋이 다른 경우에는 소프트 혹은 소프트 핸드오프가 불가능하고 하드 핸드오프가 일어난다는 점을 고려하여야 한다.

### Ⅲ. 특정지역 설계 및 결과

본장에서는 Ⅱ장에서 언급한 CDMA 시스템 설계 절차에 따라 대구지역에 대하여 설계를 수행한 결과를 제시하고자 한다.

특정지역 설계는 당사가 자체적으로 개발한 THT CDMA Planner를 이용하여 수행하였다. 이 설계도구는 마이크로소프트 윈도우 환경하에서 대상지역의 지형고도, 지형특성, 및 통화량 분포를 기반으로 초기 기지국 선정에서부터 링크 정합까지의 제반 절차를 수행하도록 개발되었으며, 그래픽 사용자 인터페이스를 활용한 다양한 메뉴와 화면을 제공하여 사용자가 결과를 검증하고 각종 파라미터를 수정하는 반복 작업이 용이하게 처리되므로 설계를 최단시간에 완료되도록 지원한다.

1. 가정 사항

특정지역 설계는 호의 이동성을 고려하지 않는 정적인 상태를 가정하였으며, 한개의 CDMA 채널만을 가정하여 하드 핸드오프를 고려하지 않았다. 서비스 가능지역은 산악지대를 제외한 지역에 대하여 차량전화인 경우 100%, 휴대전화의 경우는 90%가 되도록 설계하였다.

대상지역은 북위 35도 45분에서 36도까지, 동경 128도 30분에서 128도 45분까지의 대구지역으로, 이 지역은 그림 2에서 보이는 바와 같이 사방이 산으로 둘러싸인 분지 지역이다. 대상지역의 가입자는 10,

000명, 가입자당 통화량은 0.027일량, 그리고 호손율 1%로 가정하여 통화량 분포 분석을 통해 통화량 분포 자료를 산출하였다.

2. 설계결과

설계결과 섹터 기지국 7개소, 전방향 기지국 3개소 등 총 10개의 기지국이 선정되었다. 그림 3에서는 순방향 링크상의  $E_c/I_t$ 를, 그림 4에서는 순방향 링크상의  $E_b/N_t$ 를, 그림 5에서는 핸드오프 지역을, 그리고 그림 6에서는 역방향 링크상의 마진을 각각 보여주고 있다.

섹터 기지국 7개소는 통화량이 밀집된 도심지역에 위치하고 있으며 전방향 기지국 3개소는 주변의 거주지역을 그 대상으로 하고 있다. 순방향 링크상의  $E_c/I_t$ 를 보면, 대부분의 지역이 -8dB 이상이며 전체 지역으로 볼때는 -12dB이상이므로 호설정시의 링크는 양호한 것으로 판명된다. 순방향 링크상의  $E_b/N_t$ 를 보면, 대부분의 지역의 40dB이상의 높은 값을 보이고 있으며, 전체적으로 10dB이상의 양호한 값을 나타내고 있다. 핸드오프 지역은 각 기지국간의 경계를 잘 반영하고 있으므로, 소프트 및 소프트 핸드오프 처리가 무난할 것으로 판명된다. 역방향 링크상의

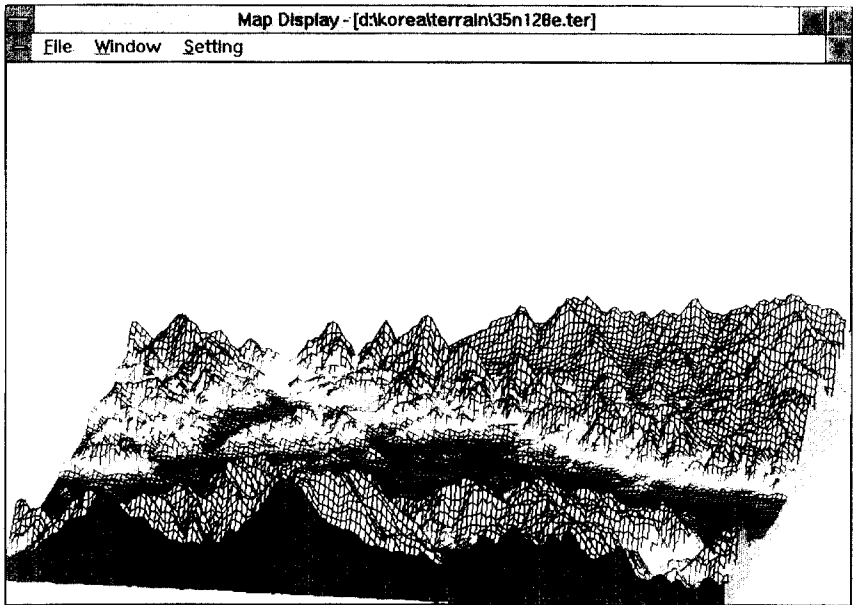


그림 2. 설계대상지역 지형도

마진을 보면, 대상지역 전체는 차량전화 서비스가 가능할 것으로 판명되며, 도심지역의 경우는 휴대전화 서비스 또한 가능할 것으로 판명된다. 전반적으로 보면, 기지국의 갯수가 10개이기 때문

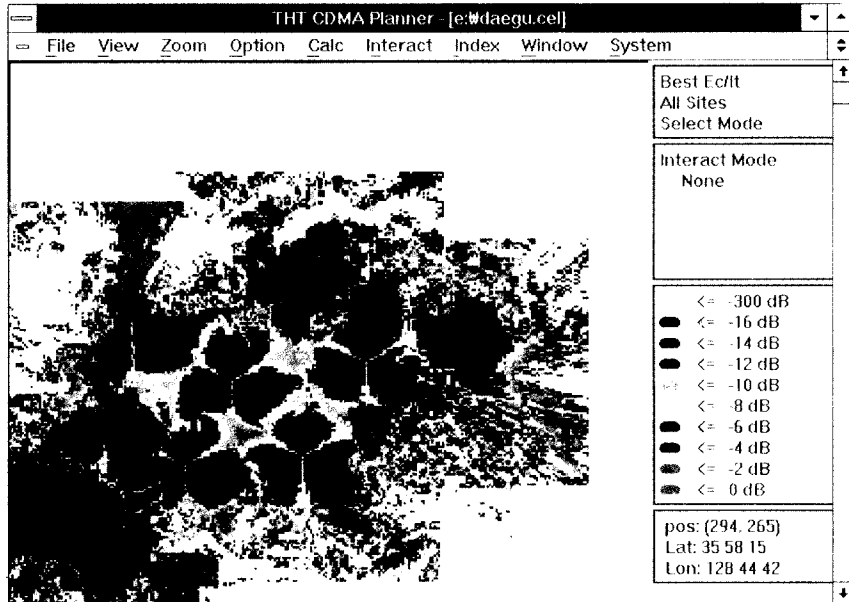


그림 3. 순방향 링크상의  $E_c/I_r$

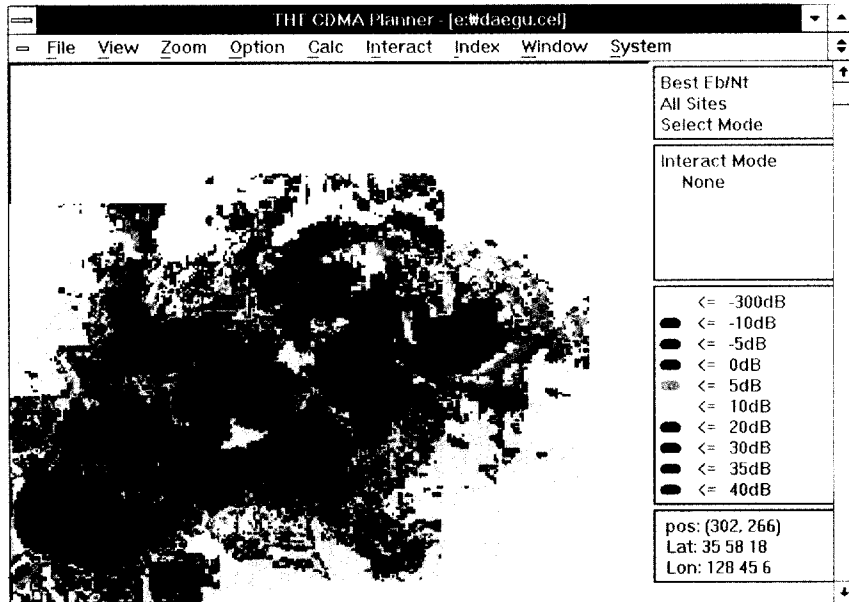


그림 4. 순방향 링크상의  $E_b/N_t$

에, 전체적인 간섭요소가 적으므로,  $E_c/I_c$  및  $E_b/N_0$  커짐에 따라 역방향 링크상의 마진이 기지국의 경계의 값이 높은 것으로 나타났으며, 기지국의 반경이 에서 다소 떨어짐을 알 수 있다.

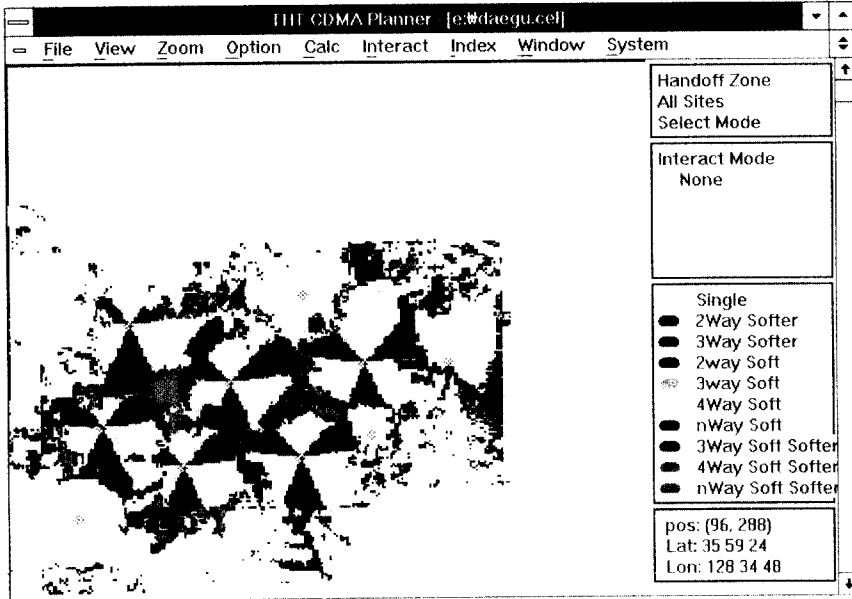


그림 5. 핸드오프 지역

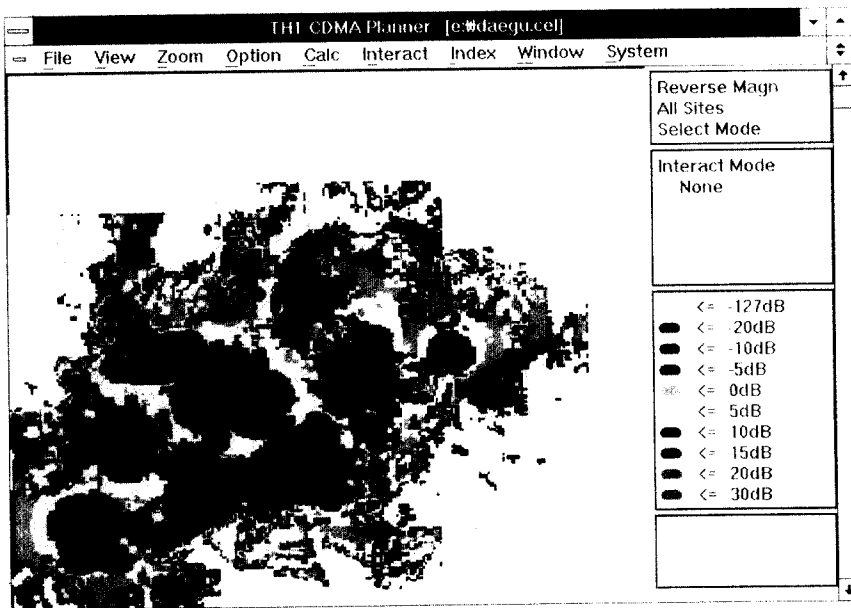



그림 6. 역방향 링크상의 마진

#### IV. 결론

신뢰있고 융통성 있는 CDMA 이동통신 시스템의 RF 설계를 위해서, 현실성 있는 통화량의 예측을 근간으로한 순방향 및 역방향 링크의 적절한 정합과 연속적이고 적절한 넓이를 갖는 핸드오프 지역의 설정이 가장 중요한 요소로 작용됨이 설명되었다.

본고에서는 정적인 통화량 분포를 가정한 정적인 상태의 RF 설계에 역점을 두었으나, 실제적인 통화량의 움직임에 따른 실시간 CDMA RF 시스템 설계는 실시간 시뮬레이션을 통한 설계법이 유효하리라 사료되며, 이에 관한 연구는 현재 진행중이다. 또한 CDMA 시스템상의 다 채널 (multiple channels)의 수용에 따른 통화량의 적절한 수용방법 및 다 채널에 따른 하드 및 소프트 핸드오프의 설정방법 또한 중요 연구과제로 남아 있다.

#### 參考文獻

- [ 1 ] TIA/EIA/IS-95, *Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System*, July 1993.
- [ 2 ] William C.Y. Lee, *Mobile Cellular Telecommunications Systems*, 1989.
- [ 3 ] 전파통신 국제 심포지엄, 연세대학교, 전파통신연구소, June 1993.
- [ 4 ] Proceeding of CDMA Digital Cellular Technology Forum, Feb. 23-24, 1993.
- [ 5 ] Result of the Field Trials, Dec. 4~5, 1991, CTIA.
- [ 6 ] IEEE Veh. Tech. Society committee on Radio Propa., "Coverage Prediction for Mobile Radio System Operating in the 800/900 MHz Frequency range", *IEEE TR. on Vech. Tech.*, vol. 37, no1, Feb. 1988.
- [ 7 ] 차세대 이동통신(CDMA)시스템, 한국무선통신 첨단기술교육원, Sep.11~12, 1991.
- [ 8 ] Raymond C.V. Macario, "How building penetration loss varies with frequency," *IEEE Veh. Tech. Soc. News*, pp. 26-27, nov. 1993.
- [ 9 ] Roger L. Freeman, *Telecommunication Transmission Handbook*, 3rd ed., John Wiley & Sons, pp. 596-597, 1991.
- [ 10 ] William C.Y. Lee, *Mobile Communications Design Fundamentals*, 1st ed., Howard W. Sams, pp. 230-234, 1986.
- [ 11 ] 최성순외 2인, "순방향 전력제어에 의한 이동국 수신신호강도 변화에 대한 연구", RF001-15-2.2, 대한텔레콤 정보통신연구소, Oct. 1992.
- [ 12 ] 황명주외 2인, "이동국의 이동방향과 핸드오프 지역의 변화에 대한 연구", RF004-5-2.1, 대한텔레콤 정보통신연구소, Dec. 1992.
- [ 13 ] 정환우외 4인, "핸드오프 통화량 계산 및 핸드오프 변수에 관한 연구", RF004-6-2.3, 대한텔레콤 정보통신연구소, May 1993.
- [ 14 ] 이재형외 4인, "역방향 링크 전력제어에 의한 역방향 링크 전파간섭에 관한 연구", RF001-21-1.2, 대한텔레콤 정보통신연구소, Mar. 1993.
- [ 15 ] Donald M. Fye, Personal Correspondence, GTE Labs, June 1993.
- [ 16 ] 강중렬외 3인, "Pilot PN Sequence Offset 배치시의 제약조건 및 최적화에 관한 연구", RF011-10-4.0, 대한텔레콤 정보통신연구소, Aug. 1993. 

筆者紹介



鄭 桓 羽  
 1961年 8月 27日生  
 1984年 2月 서울 대학교 공과대학 제어계측 공학과 학사  
 1987年 6月 美 Northwestern 大 전자공학 석사  
 1992年 6月 美 Northwestern 大 전자공학 박사

1990年 6月 ~ 1991年 10月 美 Vision Technology 社 선임연구원  
 1991年 11月 ~ 현재 대한 텔레콤 주식회사 정보통신 연구소 선임연구원

주관심 분야 : RF Engineering, Queueing system,  
 Digital communication, Network system



黃 明 柱  
 1962年 2月 15日生  
 1989年 2月 서울대학교 전자공학과 학사

1989年 7月 ~ 1990年 6月 (주)유공 정보사업추진팀원  
 1990年 6月 ~ 현재 대한텔레콤 주식회사 정보통신 연구소 전임연구원

주관심 분야 : 이동통신 무선 시스템 설계 분야



姜 宗 烈  
 1964年 10月 10日生  
 1989年 2月 서울대학교 전자공학과 학사

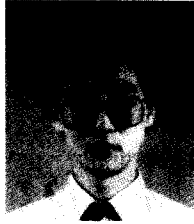
1989年 7月 ~ 1991年 6月 (주)유공 정보사업추진팀원  
 1991年 6月 ~ 현재 대한텔레콤 주식회사 정보통신 연구소 연구원

주관심 분야 : RF Design



筆者紹介
------

---



崔 誠 洵

1964年 10月 15日生

1986年 2月 한양대학교 전자통신공학과 학사

1992年 2月 서강대학교 전자계산학과 석사

1986年 1月 ~ 1989年 3月 한일개발(주) 시스템부

1992年 3月 ~ 현재 대한 텔레콤 주식회사 정보통신 연구소 전임연구원

주관심 분야 : RF Design tool 개발



李 在 亨

1968年 4月 6日生

1990年 2月 서강대 전자공학과 학사

1992年 2月 서강대 대학원 전자공학과 석사

1992年 2月 ~ 현재 대한텔레콤 주식회사 정보통신 연구소 연구원

주관심 분야 : 무선통신망 설계