

전파전파 예측과 이를 이용한 PCS 무선망 설계 및 최적화 기술

박철용 · 김기욱 · 하태숙
좌정우 · 이경수

한국통신프리텔

I. 서 론

CDMA 기술을 활용하여 양질의 이동통신 서비스를 제공하기 위해서는 최적의 무선망을 구축하여 운용하여야 한다. 이를 위해서는 GIS(Geographic Information System)를 이용하여 전파전파 예측과 CDMA 분석이 이루어져야 하는데 CDMA 분석에 대한 신뢰도는 전 단계에서 수행되는 전파전파 예측의 정확도에 의해 좌우되므로 최적의 무선망 구축 및 운용을 결정하는 것은 다양한 자연 지형물과 인공 지형물이 산재한 지역을 정확하게 분석하는 전파전파 예측이라고 할 수 있다.

전파전파 예측의 문제점 및 어려움을 해결하기 위해 대략 다음과 같은 방법들이 쓰이고 있는데 첫째, 이미 알려진 전파의 특성 및 경험적 이론들을 이용한 Macro적인 접근방법, 두번째, 지형의 형태, 장애물, 주파수, 기지국간의 간섭, 안테나 Factor 등을 종합적으로 고려하여 실제 전파전파에 가장 근접하는 특정한 전파전파 예측모델을 만들어 이의 적용을 확장시켜 가는 Micro적인 접근방법, 세번째, 서비스하려는 지역내를 측정차량을 이용하여 직접 전파환경을 측정하고 분석하는 기법들이 그것이다.

전파전파 예측모델은 분석하고자 하는 주파수 대역과 셀 서비스 반경에 따라 달리 적용된다. 이동통신망은 셀 서비스 반경의 크기에 따라 Mega 셀, Macro 셀, Micro 셀, Pico 셀로 구분될 수 있다. Mega 셀은 서비스 환경이 100~500 km이고 이동체의 속도가 1000 km/h 이하인 경우로 GM-

PCS망이 여기에 속한다. Macro 셀은 서비스 반경이 35 km 이내이고 가입자 분포 밀도가 적은 경우에 적용된다. Micro 셀은 서비스 반경이 1 km 이내로 대도시와 같이 가입자 분포밀도가 높은 경우에 적용되며 단말기의 이동속도는 최대 차량속도로 제한된다. Pico 셀은 반경이 50 m 이내로 실내에서 서비스되는 경우에 적용되며 단말기의 이동속도는 사용자가 실내에서 단말기를 들고 달릴 수 있는 최대 속도로 제한된다.

일반적으로 주어진 주파수 대역에서의 이동통신망의 용량은 무선시스템에 적용된 전송기술의 스펙트럼 이용 효율(bit/Hz)과 다른 사용자 신호로부터 간섭신호의 크기에 의해 제한된다. 최적의 무선망을 구축하기 위해서는 무선시스템 설계에서 주어진 무선채널에 대해 스펙트럼 이용효율이 높은 무선전송방식을 개발하여야 하고 무선망 설계에서는 주어진 통화품질과 GOS(Grade of Service)에 대해 셀 개념을 사용하여 최적의 셀 반경과 용량을 갖도록 하여야 한다.

이동통신망을 최적으로 구축하여 운용하기 위해서는 무선망 설계에서 무선망 구축, 운용까지 적절한 품질지표 관리와 절차에 따라 업무가 수행되어야 한다. 본고에서는 무선망 설계에서 운용까지 각 단계별 품질지표와 작업내용에 대해 설명한다. 2장에서는 무선망 설계 파라미터와 설계 절차에 대해 설명한다. 3장에서는 무선망 구축을 위한 최적화 절차와 이에 사용되는 품질지표 관리에 대해 설명한다. 4장에서는 상용화 이후 운용단계에서 Cell Loading을 균등하게 유지하기 위한 방법에 대해

설명하고 5장에서는 한국통신프리텔이 CDMA 무선망 설계 및 최적화 툴로 개발한 Net-Spider에 대해 설명한다. 6장에서는 앞으로의 IMT-2000 무선망 설계 및 성능분석시스템 개발에 대한 설명으로 결론을 내린다.

II. 무선망 설계 파라미터와 설계 절차

무선망 설계는 기지국 위치를 결정하는 것으로 무선 시스템의 성능과 사양, 통화품질 요구조건과 GOS를 고려하여 최적의 셀 용량과 반경을 결정하는 것이다. 무선망 설계는 단계별로 진행되는데 우선 경제성 분석을 바탕으로 서비스 지역을 결정하고 서비스 요구조건을 고려하여 무선망 설계틀로 전체적인 서비스 영역을 예측하여 기지국을 분포시킨다. 그리고 예상 기지국에 대한 현장 실사를 바탕으로 셀 반경을 재설계함으로써 정확한 기지국 위치가 선정되고 전체 망이 구성된다. 무선망 설계가 완료되면 기지국사를 확보하여 시설물을 설치한다. 기지국사 확보가 불가능할 경우 해당 기지국의 위치를 재설계한다. 무선망 설계는 서비스 지역에 대한 경제성 평가, 무선망 설계 기준 작성, 무선망 설계, 치국, 재설계, 치국의 과정이 반복되

어 수행된다. [그림 1]은 무선망 설계 절차를 나타낸 것이다.

2-1 무선망 설계 기준

1) 서비스 영역

무선망으로 설계 이전에 경제성 분석을 통하여 단계적으로 서비스 지역을 확보하기 위한 계획을 수립하여야 한다. 즉 초기 투자비와 경제성을 판단하여 대도시, 중소도시, 농어촌, 산간도서지역과 고속도로, 국도, 지방도, 간선도로에 대한 서비스여부를 판단하여야 한다. 근본적으로 무선망으로 전 지역을 서비스한다는 것은 불가능하다. 대도시 지역에서는 가입자 증가에 따른 시설 투자 계획도 수립하여야 한다. 무선망 설계틀에서 수신신호 세기를 기준으로 서비스 지역을 다음과 같이 나눌 수 있다.

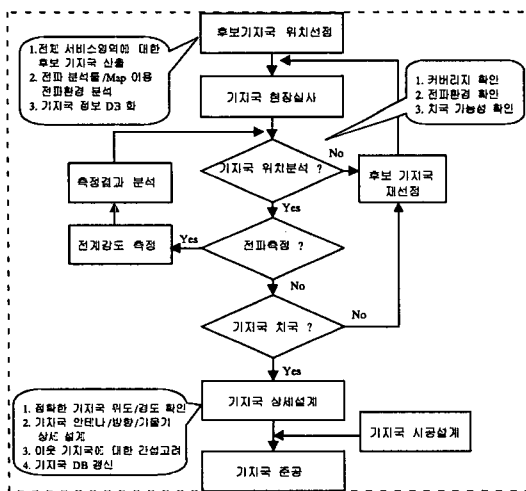
- 건물내 서비스 가능 영역
- 차량내 서비스 가능 영역
- 보행자 서비스 가능 영역
- 통화불량 영역

2) Cell Loading

서비스 지역이 결정되면 서비스 영역내 가입자 분포 밀도를 작성한다. Cell Loading X는 이론적으로 계산한 무선 시스템의 용량에 대해 구현된 무선시스템의 성능을 고려하여 결정된 기지국에 실장 가능한 가입자수의 비로 다음과 같이 정의된다.

$$X = \frac{N}{N_{max}} \times 100 (\%) \quad (1)$$

PCS망 설계에서는 50% Cell Loading을 고려하였다. 셀 반경내 예상 가입자 수는 GOS를 바탕으로 계산된다.



[그림 1] 무선망 설계 절차

3) 호 손율(GOS)

셀 용량은 Erlang 용량으로 나타낸다. CDMA 시스템의 Erlang 용량 A는 셀 수용 가입자 수 N과 GOS B가 결정되면 다음과 같이 Erlang B 모델로 계산된다.

$$B = B(A, N) = \frac{A^N / N!}{\sum_{n=0}^N A^n / n!} \quad (2)$$

여기서 $A = \lambda / \mu$ 로 평균 호 도착율 λ calls/sec에 평균 호 점유시간 $T = 1 / \mu$ 를 곱한 값이다.

4) Link Budget

기지국 시스템과 단말기에 대한 상세 규격이 결정되면 GOS, Cell Loading X를 고려하여 통화품질을 만족하는 셀 반경을 계산하여야 한다. 이를 위해 <표 1>의 예와 같이 송수신링크의 Link Budget을 계산하여야 한다.

<표 1> Link Budget

Up-link budget	(dBm)	Down-link budget	(dBm)
MS power	33	Tx Power	37
		Combiner Loss	0
		Cable Loss	3
MS Antenna Gain(dBi)	0	Antenna Gain(dBi)	18
Body Loss	0		
Path Loss	149	Path Loss	149
Fading Margin	5	Fading Margin	5
		Body Loss	0
BS Antenna Gain(dBi)	18	MS Antenna Gain(dBi)	0
Duplex Loss	1		
Cable Loss	3		
Diversity Gain	3		
BS Receiver Sensitivity	-104	MS receiver Sensitivity	-102

CDMA 시스템은 간섭신호에 의해 용량이 제한되므로 역방향 전력제어가 완벽하다는 가정을 하면 통화품질을 만족하는 $(E_b/N_o)_{req}$ 에 대한 역방향링크의 가입자 수는 다음과 같이 계산된다^[3].

$$N = 1 + \frac{G_p}{(E_b/N_o)_{req}} \frac{F}{v} - \frac{\sigma_s^2}{\sigma_w^2} \quad (3)$$

여기서 G_p 는 확산이득, v 는 평균 음성활동율, σ_s^2 는 신호의 평균전력, σ_w^2 는 잡음신호의 평균전력, F는 CDMA 재사용율로 다음과 같이 정의된다.

$$F = \frac{\text{셀 반경내 가입자로부터 간섭신호 전력}}{\text{망내 가입자로부터 간섭신호 전력}} \quad (4)$$

CDMA 시스템의 무선망에 대한 Link Budget에는 섹터당 수용 가입자 수를 계산하기위해 식 (3)에서 정의된 파라미터의 값을 결정하여야 한다.

5) FA, 섹터 수

기지국의 최대 가입자 수는 $N_a = FA \times N$ 이 된다. 셀 반경내 트래픽 분포 밀도에 의해 계산되는 예상 가입자 수와 GOS에 따라 요구되는 FA(Frequency Alignment)와 섹터수가 결정된다.

6) 소프트 핸드오프 영역

셀 외곽의 가입자는 소프트 핸드오프에 의해 여러 기지국으로부터 같은 신호를 수신받아 Diversity 이득을 얻기 때문에 셀 반경이 확대되고 호 완료율이 높아진다. 그러나 하나의 호가 여러개의 트래픽 채널을 점유하기 때문에 셀 용량을 감소시킨다. GOS에 따라 셀 반경, 용량, 호 완료율을 고려하여 소프트 핸드 오프 영역을 적절히 선택하여야 한다.

7) 시스템 파라미터 초기 설정 값

CDMA 시스템의 셀 반경과 용량에 관련된 순방향 채널에 대한 출력전력 할당 비율, 액세스 파라미터, 전력제어 파라미터, 핸드오프 파라미터에 대한 초기값을 적절하게 설정하여야 한다. 특히, 순방향 링크를 구성하는 파일럿 동기, 페이징 채널의 오버헤드 채널과, 트래픽 채널에 대한 전력 할당 비율은 셀 반경, 통화품질에 큰 영향을 주기 때문

에 신중히 결정하여야 한다.

8) 안테나 타입

셀의 지역별 특성과 여건에 따라 안테나 타입을 적절하게 선택하여야 한다.

○빔폭

- 전방향 안테나

전방향 안테나는 이득이 낮기 때문에 셀반경이 작은 지역에 적합하다. 즉, 트래픽 밀도가 낮은 소규모 시나 산악지역에 적합하다.

- 섹터 안테나

도심지역의 트래픽 밀도가 높은 지역에 사용하며 전기적 다운틸트와 기계적 틸트를 사용하여 셀 반경을 조정한다.

○이득(dBi)

○틸트

2-2 무선망 설계 시스템

무선망 설계 시스템은 GIS를 기반으로 전파전파 예측 모델로 기지국과 단말기간 경로손실을 예측하는 엔지니어링 툴이다. 경로손실을 충분한 정확도를 갖고 예측하기 위해서는 측정데이터를 수집하여 모델을 보정하여야 한다.

2-2-1 전파전파모델

전파전파 예측모델을 크게 이론적인 모델, 통계적인 모델, 두 모델을 결합한 Hybrid 모델로 구분할 수 있다. 자유공간에서 신호의 세기가 거리와 주파수에 반비례하여 감소하는 자유공간 모델과 직접파와 하나의 반사파를 고려한 Two Ray 모델이 대표적인 이론적인 모델이고, 도쿄의 도심, 준도심 및 개활지에서 VHF와 UHF 주파수대에서 거리와 주파수에 따른 평균 수신신호의 세기를 측

정하여 모델링한 Okumura-Hata 모델은 대표적인 통계모델이다.

이동통신망 설계에 일반적으로 사용되는 Okumura-Hata, 모델은 기본적으로 평편한 지형($h < 20m$)에 비교적 높은 위치(30m~200m)에 기지국 안테나가 있다는 가정하에 만들어진 모델이다. 따라서 기본적으로 지형의 굴곡에 의한 영향을 보정해 주어야 실제로 사용할 수 있는 전파전파 예측 모델로서의 기능을 할 수 있다.

Okumura-Hata 모델은 지형 및 회절(Diffraction)의 영향을 고려하지 않고 있으므로 한국 지형에 맞는 L_c 값을 선정해 보정하여야 하는 문제점을 지니고 있으며 각 클러티의 L_c 값을 직접 측정에 의해 구한다. 또한 DTM(Digital Terrain Map) 데이터에서 가시지역에 존재하는 지형의 경사에서의 전파손실은 Lee의 Effective Antenna Height 모델을 적용하여 계산되며 비가시 지역인 경우에는 적절한 Diffraction 모델에 의해 장애물에 의한 회절의 영향을 고려하여야 한다.

실질적으로 전파전파 예측모델을 적용할 때는 지형의 특성에 따라 서로 다른 전파전파 예측모델을 사용할 수 있다.

2-2-2 전파전파 모델 보정 절차

모델 보정의 목적은 한국지형에 맞는 전파전파 예측모델을 만드는 것이다. 다양한 지형과 클러티에 대해 CW(Continuous Wave)로 경로손실을 측정하여 수집한 데이터로 전파전파 예측모델을 보정한다. 보정절차는 데이터 수집, 수집 데이터 정리, 모델 보정, 보정된 모델 검증 절차로 이루어진다.

(1) 데이터 수집

전계강도 측정기로 데이터를 수집하는데 있어 측정할 지역과 경로는 모든 클러티와 지형성이 반영될 수 있도록 하고 측정 길이는 100~200 km 정

도로 한다. 예를 들어, 서울의 경우 Dense Urban, Urban에서 Suburban 도심외곽까지 측정하고 교외 지역의 경우 Semi-open, Open, Rice-field와 Forest 을 포함하여 측정한다.

(2) 측정 데이터 처리

○데이터 형식 변환

측정한 데이터를 전파해석 틀에서 요구하는 형식 파일로 전환한다.

○측정 데이터 필터링

측정 데이터 자체에 포함된 오차를 제거하고 사용자가 원하는 데이터를 수집하기 위하여 처리하는 절차로서 필터링의 정밀도에 따라 전파전파 예측모델 보정의 정확도가 좌우된다. 우선 거리에 따른 필터링을 하여 전파전파 예측모델의 유효거리 내의 데이터를 수집한다. 신호의 세기에 따라 필터링 하여 fast fading을 겪은 신호를 제외한다. fast fading은 Link Budget에서 fading margin으로 고려하므로 전파전파 예측모델에서는 고려하지 않으며 클러터에 의한 shadow fading은 상기한 L_c 로 고려된다. 제한구역 내의 데이터는 필터링을 하여 제외한다. 예를 들어 터널에서 측정된 데이터라든가 클러터의 경계부분에서의 데이터는 필터링하여 제외한다. 위와 같이 하여 일단 유효한 데이터를 수집한 후 다시 클러터 별로 필터링을 하여 클러터의 L_c 보정을 위하여 사용하고 가시 및 비가시 지역별로 필터링을 하여 Effective Antenna Height 모델과 Diffraction 모델 보정에 사용한다.

(3) 기지국 정보

보정은 실제 측정치와 틀의 전계강도 세기 편차를 줄이는 과정이다. 따라서 측정 데이터를 읽어 들여 분석하기 전에 비교할 기지국 위치, ERP, 안테나 형식, 높이, 방향, 이득, 기울기 등을 측정환경과 동일하게 설정해야 측정데이터와 틀에서의 올바른 비교치를 얻을 수 있다.

(4) 모델 보정 절차

모델의 정확도는 측정치와 예측치의 오류에 대한 평균값과 표준편차로 나타낸다. 예를 들어, Okumura-Hata 모델의 보정을 위해서는 상수 $C1 \sim C5$ 를 다음과 같이 정의하고 보정 방법을 찾는다.

$$L = 69.55 + C_1 \log f - C_2 \log H_b - a_m(H_m) + (C_3 - C_4 \log H_b) \log d(dB) + C_5 + L_c \quad (5)$$

여기서

$$\begin{aligned} a_m(H_m) &: \text{이동국 안테나 높이 보정계수} \\ H_b &: \text{기지국안테나높이(m)} \quad 30 \sim 200(\text{m}) \\ H_m &: \text{이동국안테나높이(m)} \quad 1 \sim 10(\text{m}) \\ d &: \text{기지국과 이동국 사이의 거리(km)} \\ & \quad 1 \sim 20(\text{km}) \\ L_c &: \text{클러터에 따른 보정계수} \end{aligned}$$

이다. $C1 \sim C5$ 를 보정하기 위해 식 (5)를 다음과 같이 표현한다.

$$L = A + B \log(d) \quad (6)$$

위식에서는 경로손실 L 은 $\log(d)$ 의 일차함수로 기울기와 절편을 구함으로써 A 와 B 를 구할 수 있다. A 와 B 는 식 (5)로부터 다음과 같이 표현된다.

$$A = 69.55 + C_1 \log f - C_2 \log H_b - a_m(H_m) + C_5 + L_c \quad (7)$$

$$B = C_3 - C_4 \log H_b \quad (8)$$

위의 식으로부터 $C1 \sim C5$ 의 값을 보정하고 식 (5)를 보정하여 기지국과 단말기간 경로손실을 계산할 수 있다. 경로손실의 측정치에 대한 예측치의 오류 $e = L - \hat{L}$ 의 평균과 표준편차의 평균은

-0.5 dB에서 0.5 dB사이의 값을 만족해야 하고 표준 편차는 6 dB에서 10 dB사이의 값을 만족하여야 한다. 일반적으로 표준편차에서 허용되는 최대 값은 Link Budget에서의 fading margin값으로 정한다. 또한 클러터별 가시 비가시 지역별로 필터링한 데이터로 각 모델을 보정한다.

2-2-3 GIS 데이터

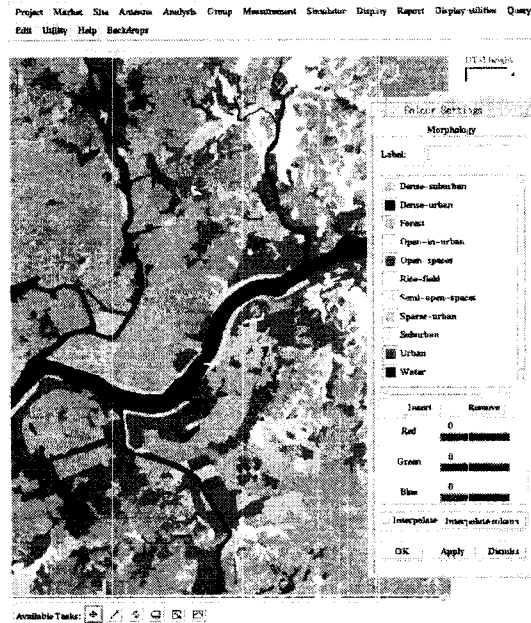
전파해석을 위해서는 [그림 2]와 같이 GIS 데이터를 구축하여야 한다. DTM 데이터와 클러터 데이터의 정확도는 경로손실 예측치의 정확도에 큰 영향을 준다. 행정계와 도로 데이터는 트래픽 분포 모델에 사용된다.

- DTM 데이터
- 클러터 데이터
- 벡터 도로 데이터
- 행정경계 폴리곤 데이터

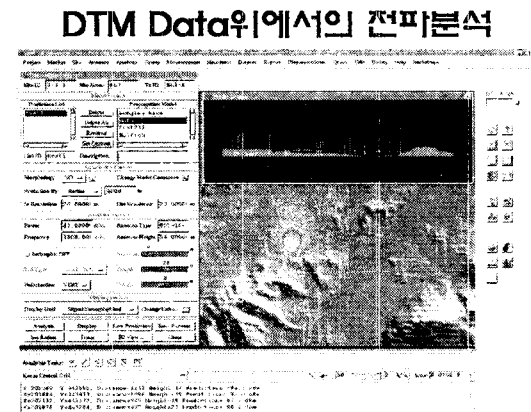
2-3 CDMA 분석

이동통신망에서 셀이 반경은 서비스에서 요구하는 품질 지표를 만족하면서 기지국과 단말기간 통신이 가능한 지역으로 정의된다. 셀용량은 적절한 서비스 품질을 유지하면서 동시에 수용할 수 있는 가입자 수(Erlang)로 정의된다. 셀 용량이 결정되면 다른 사용자로 인한 간섭신호 전력이 결정되므로 주어진 품질 지표에 따라 셀 반경을 결정할 수 있다.

CDMA 시스템의 무선망 설계를 위해서는 주어진 셀 용량과 시스템 설계 사양을 포함하는 Link Budget에 대해 셀 반경에 영향을 주는 핸드 오프, 전력제어 등의 시스템 파라미터를 고려하여 최적의 셀 반경을 예측할 수 있는 CDMA 분석 툴이 필요하다. 분석 툴에서는 순방향 링크와 역방향 링크에 대해 셀 반경을 예측하고 그 결과를 바탕으로



(a)클러터 데이터



(b) DTM 위에서 전파해석 결과

[그림 2] 클러터와 DTM 데이터를 사용한 전파해석

로 링크 균형을 검증할 수 있어야 한다.

CDMA 분석 툴에는 Link Budget, 가입자 분포 밀도, 전파 해석 결과를 바탕으로 서비스 영역 기준치에 따라 서비스 가능 영역 차량 서비스 가능 영역, 보행자 서비스 가능 영역과 통화불량 지역으로 나누어 분석된다. 분석 결과를 바탕으로 소프트

/소프트/하드 핸드오프 영역 분석, Best PN영역 분석, PN Pollution 영역 분석 등을 할 수 있다. 분석 결과 셀 반경이 결정되면 간섭신호를 계산하여 최적의 용량이 되도록 기지국(또는 섹터의 방향)의 위치, 타워의 높이, 안테나 틸드 등이 결정된다.

2-4 치국과 무선망 재설계

무선망 설계가 완료되면 기지국사를 확보하여 시설하여야 한다. 기지국사 확보가 불가능 할 경우 무선망 재설계 과정을 거쳐 재치국을 실시한다. 치국 과정에서는 주위 잡음신호에 의해 셀 반경과 용량이 제한되는 것을 막기 위해 사용주파수 대역 내 배경잡음 신호의 스펙트럼 밀도를 측정하여야 한다. 측정값이 기준 값 이상이면 원인을 분석한 후 조치하여야 한다. 특히, AMPS 기지국으로부터 간섭신호는 30 kHz 대역 신호에 의한 Jamming 신호로 작용하므로 주의하여야 한다.

치국, 시설 단계부터는 각 기지국의 현장에서 이루어지는 진행 상황을 파악하여야 한다. 이를 위해 작업 일정 관리를 위한 데이터 베이스시스템이 필요하다. 시스템에서 관리하여야 할 주요 관리 항목은 기지국 ID, 주소, 위치, 배경잡음 측정, 치국, 재설계, 시설 상황 등이다. 또한 시설에 필요한 안테나 정보를 포함하여야 한다. 일정관리 시스템은 전체 일정관리를 위해 시설 이후 최적화, 운용 단계에서도 같이 사용되어야 한다.

Ⅲ. 무선망 품질지표와 최적화 절차

최적화는 유, 무선망 설계에 따라 시설한 시스템(BTS, BSC, PCX, HLR 등)을 대상으로 사용자가 호를 설정하고, 특정지역을 이동, 또는 정지된 상태에서 통화를 지속적으로 유지할 수 있도록 관련 파라미터를 조정하여 최상의 통화 품질을 유지하며 무선망 설계에서 예측한 셀 반경내에서 통화가 가능한 상태로 시스템의 장애없이 통화를 완료할

수 있도록 시스템 및 환경을 조성하는 일련의 과정을 말한다. 이를 위해서는 막대한 인력과 장비가 투입되어야 하므로 최적화를 위한 조직을 효율적으로 구성하여야 하고 품질지표 관리를 위한 측정 장비와 측정데이터 분석 툴을 준비하여야 한다.

3-1 최적화 수행 절차

최적화는 최적화 준비, 기지국 기본시험, 클러스터 단위 최적화, PCX 단위 최적화, 용량 최적화 등으로 나누어 수행될 수 있다.

3-1-1 최적화 준비단계

준비단계에서 최적화 수행을 위한 조직 구성, 인력 배치, 조직한 업무 분담을 하여야 한다. 일반적으로 최적화 수행을 위한 조직은 주관팀, 현장 측정팀, 치국 및 시설팀, 운용팀, 시스템 공급사로 나누어 진다.

(1) 팀구성 및 업무 분장

○시스템 공급사

최적화 기간 동안 시스템 상태를 확인하고 이상 상태, 기능 추가 및 보완 문제가 발생할 때 운용팀과 같이 문제점을 분석하여 해결하는 업무를 수행한다.

○치국, 시설팀

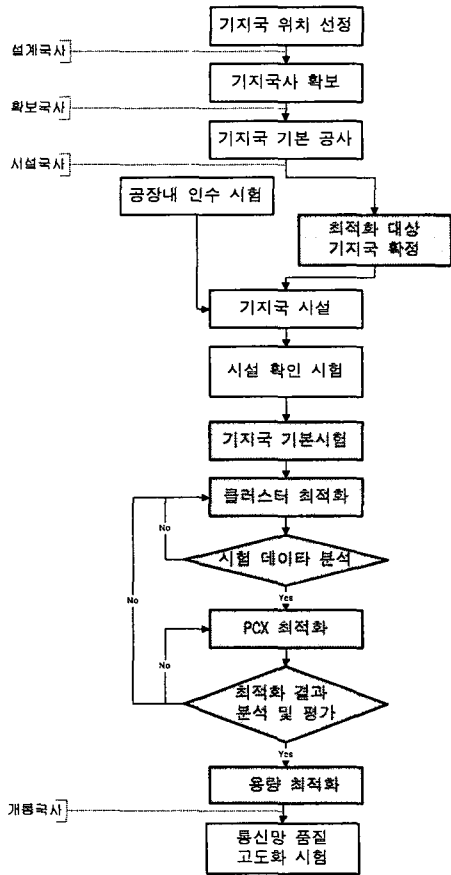
기지국 기본시험(기지국 설치 상태, 안테나 정보)을 주관하고 시험결과를 평가한다. 필요시 무선망 설계팀에 기지국 재설계를 의뢰하고 설계 데이터에 따라 재치국 업무를 수행한다.

○현장 측정팀

차량, 장비, 단말기 등을 사용하여 주어진 측정 루트에 대한 측정 업무를 수행한다. 측정 루트에 대한 검토에 참여한다.

○측정 데이터 분석, 무선망 설계팀

최적화 주관팀으로 현장 측정팀으로부터 수집한



[그림 3] 무선망 최적화 수행 절차

데이터를 무선망 설계 데이터와 비교 분석하여 품질 지표로 최적화 결과를 관리한다. 측정 데이터 분석과정에서 발견되는 문제점을 해결하기 위한 방안을 제시하고 조치를 취한다. 필요시 시스템 공급사와 분석업무를 공동으로 수행한다. 치국, 시설팀으로부터 문제 기지국이 통보되면 현장확인후 재설계를 수행한다. 이 과정에서 무선망 설계틀과 측정 데이터 분석틀의 모델 보정이 이루어진다.

(2) 데이터 준비 사항

무선망 최적화에 필요한 기초 데이터를 준비하여야 한다. 분석 데이터를 검토하고 통화불량, PN Pollution 예상 지역을 사전에 파악하고 있어야 한다.

○망 설계 데이터

- 안테나 높이, 이득, 방향각, 틸트
- 기지국 섹터별 서비스 영역 분석 데이터
- 클러스터별 분석 데이터
- 클러스터별 서비스 영역 분석 데이터
- 클러스터별 Most Likely Server
- 기지국 섹터의 PN 옵션, Neighborhood PN List

○측정 루트

○문제 기지국 조치 방안

(3) 측정장비와 분석 틀 준비 사항

최적화를 위한 측정장비와 분석 틀을 준비하고 품질지표 관리를 위한 일련의 업무 절차를 확정하여야 한다.

- 측정차량, 측정장비, 단말기, 백업장비 등
- 측정 데이터 분석 틀, 무선망 설계 틀
- 최적화 일정관리 데이터베이스 시스템

3-1-2 단일 셀 최적화

단일 셀 최적화는 기본적으로 기지국 시설과 안테나 시설이 유,무선망 설계 데이터와 일치하도록 조정 작업을 수행하는 것이다. 시설 상황이 확인되면 기지국 기능 시험, 기본호 시험, 소프트 핸드오프 영역을 확인하기 위한 시험을 수행한다.

○배경 잡음 측정

이 과정은 기지국사의 주변환경으로부터 발생하는 간섭전파 신호, AMPS, DCS, 타 PCS사업자 망으로부터 유기되는 간섭신호의 크기를 측정하여 배경잡음 원을 추적하여 필요한 조치를 수행한다.

○기지국 기능시험

기지국 기능시험은 기지국의 기본 기능 및 운용성을 보장하기 위한 것이다. 기지국 설치가 완료되면 주요 하드웨어와 소프트웨어에 대한 기능점검을 수행하고 호처리 시험을 통해 통신망 구성상태

를 확인한다. 기지국 기능시험에서는 다음과 같은 기능을 확인한다.

- 호 시험(L→M, M→L, M→M)
- 기지국 셀 반경 확인
- 소프트 핸드오프 영역 확인

3-1-3 클러스터 최적화

클러스터 최적화에서는 보통 10~16개의 인접 기지국으로 클러스터를 구성하여 무부하 상태와 부하상태에서 측정 장비를 사용하여 데이터를 수집하여 분석 및 평가 작업을 수행한다.

○무부하 상태 시험

기지국 기본시험이 완료된 기지국을 대상으로 클러스터를 구성하여 호 시험과 서비스 영역 확인 시험을 수행한다. 무부하 상태에서는 다음과 같은 항목에 대해 데이터를 측정하고 분석한다.

- 시스템 용량 측정
 - 호 설정시간 측정
 - 전력제어 기능 확인
 - 송수신 링크 균형 최적화
- 호 품질 측정
 - 호 완료/ 호 소통율
 - 무선구간 블로킹율
 - 소프트/소프트/하드 핸드오프 성공률
- 서비스 영역 확인
 - 통화불량 영역
 - 소프트/소프트/하드 핸드오프 영역
 - 서비스 영역에서 FER 최적화

측정 데이터를 분석하여 호 절단, 시스템 액세스 실패, 통화품질 저하, 통화불량 지역 등의 문제점이 발생하면 필요한 조치를 수행하여야 한다.

○부하 상태 시험

CDMA시스템은 가입자 수가 증가함에 따라 간

섭신호에 의해 셀 반경이 줄어든다. 순방향 링크에 대해서는 OCNS로 부하를 가하여 무부하상태에서 확인한 셀 반경의 변화를 확인한다. 역방향 링크에 대한 부하시험은 용량 시험에서 특정 기지국을 대상으로 수행한다.

3-1-4 PCX 단위 최적화

PCX에 속한 클러스터에 대한 최적화가 완료되면 클러스터간 소프트/하드 핸드오프 호 성공률과 소프트/하드 핸드오프 영역을 확인한다. PCX 단위 최적화가 완료되면 PCX간 핸드오프 호 성공률과 핸드오프 영역을 확인한다. 특히, PCX 간 하드핸드오프로 호 처리되거나 FA간 하드 핸드오프로 호 처리될 때 호 완료율을 확인하고 필요시 적절한 조치를 취하여야 한다.

3-1-5 용량 최적화

용량시험에서는 무선망 최적화를 완료하기 위해 그림 4의 6C 품질지표에 대한 확인 시험이 이루어진다.

(1) 측정데이터

용량시험은 셀이 수용할 수 있는 가입자 수를 가입자 분포 밀도에 따라 셀 반경내에 분포시켜 6C파라미터에 대한 측정과 분석으로 이루어진다.

- 기지국 용량 시험
 - 가입자 수(Erlangs)/Sector
 - 가입자 수(Erlangs)/BTS
- 가입자수 증가에 따른 셀 반경 확인
 - RSSI, Ec/Io, 단말기 출력 전력, Tx Gain Adjust, 순방향 채널 FER
 - 역방향 채널 FER, 역방향 전력제어 기능 확인((Eb/No)req, (Eb/No)mea, 차량속도)
- 시스템 파라미터 최적화
 - 기지국 출력전력

- 오버헤드(파일럿, 동기, 페이징), 트래픽 채널 전력 할당
- 전력제어 파라미터
- 핸드오프 파라미터
- 액세스 파라미터

(2) 용량 시험 절차

- 셀용량 확인
 - 인접셀에 부하를 가하지 않고 N Erlangs/sector가 가능한지 순차적으로 호를 증가시키면서 확인한다.
 - 불가능한 경우 원인을 분석하여 해당 사항(시스템 파라미터 변경 포함)을 조치한 이후 재시험을 실시한다.
- 기지국 용량 시험
 - 인접셀과 부하를 가한 상태에서 N Erlangs/sector가 가능한지 확인하고 Nmax Erlangs/sector까지 호를 순차적으로 증가시키면서 필요한 데이터를 수집한다.
- Cell Loading에 의한 셀 반경 확인
 - 인접 셀에 부하를 가한 상태에서 호를 순차적으로 증가시키면서 데이터를 수집하여 셀 반경 변화를 확인한다.
- 측정 루트 확정
 - 단계별로 데이터를 수집하기 위해 적절한 측정루트를 선택하여야 한다.

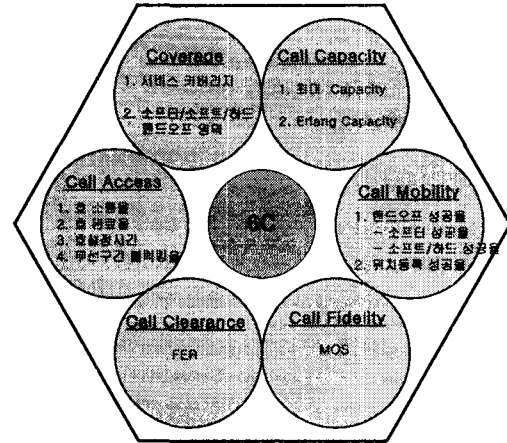
3-2 품질 관리 지표

CDMA시스템의 무선망 품질 지표는 [그림 4]와 같이 6C파라미터로 관리할 수 있다.

3-2-1 Coverage

(1) 정의

셀 서비스 반경은 주어진 셀용량에서 요구되는 통화품질과 GOS가 보장되면서 기지국과 단말기간



[그림 4] 6C 품질 개념도

통화가 가능한 지역으로 정의된다. 셀 반경에 대한 기준치는 무선망 설계 이전에 확정된다. 최적화 과정에서는 셀 반경이 무선망 설계치와 일치되도록 필요한 조치가 이루어진다.

- 서비스 영역 최적화
- 소프트 핸드오프 영역 최적화
 - 3-way 소프트 핸드오프 영역
 - 2-way 소프트 핸드오프 영역
 - 2-way 소프트 & 소프트 핸드오프 영역
- 송수신 링크균형 확보
- FER 최적화

(2) 측정 데이터

셀 반경을 확인하기 위해 현장에서 다음과 같은 파라미터를 측정한다.

- RSSI
- Ec/Io
- 순방향 트래픽 채널 FER

역방향 링크의 셀 반경은 단말기 출력전력을 이용하여 계산하고 링크 균형 정도를 확인하기 위해 TxGainAdjust와 역방향 링크에서 측정한 (Eb/No) req와 FER를 사용한다.

(3) 문제점 해결 방법

현장에서 수집한 측정 데이터를 분석하여 그 결과를 무선망 설계 데이터와 비교 분석하여 문제점 해결 방안을 도출한다. 일반적으로 셀 반경의 조정은 안테나 파라미터를 조정함으로써 이루어진다. 그러나 안테나 파라미터 조정은 간섭신호로 인해 인접 셀의 서비스 반경과 용량에 영향을 주기 때문에 충분히 검토한 후 시행되어야 한다.

○안테나 파라미터 조정

-출력전력

통화불량 지역 제거, 핸드오프 영역 조정, 링크 균형 확보를 위해 출력전력을 조정한다.

-방위각

안테나 정면에 방해물이 있거나 전파 손실이 작은 클러터가 존재하여 타 지역에 간섭신호로 작용할 경우 방위각으로 조정한다.

-틸트

높은 건물에 의한 통화불량 지역 해소, 소프트 핸드오프 조정, 타 기지국으로 간섭신호를 억제할 경우 틸트로 조정한다.

○핸드오프 파라미터 조정

-Neighborhood List

-T_ADD, T_DROP, T_COMP, T_TDROP

3-2-2 Call Capacity

(1) 정의

셀 용량은 기지국 섹터가 수용할 수 있는 가입자 수에 대한 Erlang 용량으로 정의된다. 즉, 인접 셀로부터 간섭신호가 존재하는 상황에서 통화품질과 GOS를 만족하면서 동시에 통화할 수 있는 가입자 수로 정의된다. 셀 용량 최적화 과정에서는 다음과 같은 항목에 대한 최적화가 이루어진다.

○셀 반경과 용량 최적화

○전력제어 최적화

○링크 균형 확보

○소프트/하드 핸드오프 영역 최적화

(2) 측정 데이터

셀용량은 용량시험에서 실 가입자를 인가하여 측정한다. 다른 최적화 과정에서는 셀 반경과 용량 관계를 고려하여 측정된 데이터를 분석한다.

3-2-3 Call Access

호 접속은 주어진 셀 반경과 용량에서 호 접속 시간과 주어진 통화품질, GOS를 만족하는 호 통계를 얻기 위해서는 L->M, M->L, M->M호의 발생 비율을 결정하여 이에 따라 호를 발생시켜야 한다.

○호 품질

-호 완료율

완료율 = (완료호 수/시도호 수) × 100(%)

-호 실패율

착신 실패율 = (착신실패호 수/L → M 시도호 수) × 100(%)

발신 실패율 = (발신실패호 수/M → L 시도호 수) × 100(%)

-호 Drop율

Drop율 = (Drop호 수/시도호 수)

○호 설정시간

3-2-4 Call Mobility

(1) 정의

Call Mobility는 주어진 셀 반경과 용량에서 가입자 이동성을 보장하기 위한 항목으로 핸드오프 성공률과 위치 등록 성공률로 정의된다.

○소프트/소프트/하드 핸드오프 성공률

○위치 등록 성공률

(2) 측정 파라미터

셀 반경 외곽지역에서 호 시험 데이터를 분석하여 호 통계 데이터를 얻는다. 핸드오프 기능을 확인하기 위해 섹터간, 동일 BSC내, BSC 간, PCX간 핸드오프 호로 나누어 데이터를 수집하여 분석한다. 또한, FA간 핸드오프 지역에서 호 통계는 별도로 수집하여 분석한다. 위치등록 성공률은 망에서 허용하는 위치등록 방식에 따라 시험환경을 구성하여 측정한다.

3-2-5 Call Clearance

(1) 정의

Call Clearance는 주어진 셀 반경과 용량에서 송수신 링크로 전달되는 사용자 데이터의 신뢰성을 보장하기 위한 항목으로 FER로 정의 된다. FER은 차량속도와 E_b/N_0 의 함수로 표현되며 전력제어와 핸드오프에 기능에 의해 영향을 받는다.

(2) 측정 파라미터

순방향 트래픽 채널의 FER은 호 통계 데이터와 같이 측정된다. 역방향 트래픽 채널의 FER은 차량속도와 역방향 전력제어를 위해 계산된 E_b/N_0 값으로 측정된다. 측정 데이터를 바탕으로 역방향 트래픽 채널에 대해서는 $FER = f(E_b/N_0, v)$ 로 표현할 수 있다.

3-2-6 Call Fidelity

(1) 정의

Call Fidelity는 통화중 사용자가 느끼는 품질을 나타내는 항목으로 MOS(Mean Opinion Score)로 정의한다.

(2) 측정 데이터

호 통계를 분석하기 위한 데이터를 수집할 때 통화 내용을 녹음하여 분석하여야 한다. 현실적으

로 현장에서 측정과 평가가 용이하지 않다. 측정장비로 평가하기 위해 음성인식 기능을 사용한 측정 방식이 제안되어 있다.

IV. 시스템 운용에서 Cell Loading 최적화

무선망 설계 기준과 분석 데이터를 기반으로한 무선망 최적화가 완료되면 상용서비스가 시작된다. 서비스가 진행됨에 따라 가입자가 증가하여 Cell Loading이 부가되기 시작한다. 이상적인 경우 무선망 설계에서 가정한 트래픽 분포 모델에 따라 가입자가 분포한다면 최적의 셀 반경과 용량을 얻게 된다. 그러나 불행하게도 실 가입자에 의한 Cell Loading이 무선망 설계치에 대해 다르게 나타나고 동일셀내에서 가입자 분포 밀도도 무선망 설계에 사용한 가입자 분포 예측치와는 다르게 나타난다. Cell Loading과 가입자 분포 모델이 변경되면 셀 반경, 용량, 핸드오프 영역 등이 달라진다. 가입자 증가에 따라 변화되는 무선망 환경에 적절히 대응하면서 무선망을 최적의 상태로 운용하기 위해서는 무선망 설계, 최적화 과정에서 수집한 측정 데이터의 분석 결과 등을 종합적으로 분석할 수 있는 엔지니어링 툴과 업무 절차가 필요하다.

상용 서비스가 시행되면 망운용시스템(NMS: Network Management System)으로부터 호 통계 데이터와 트래픽 데이터를 수집한다. 이 때 수집되는 트래픽 데이터에는 각 기지국 섹터에 대해 시간대 별로 기지국 ID, FA 개수, 총 시도호수, 평균 통화시간, 호 완료율 등이 포함된다. 먼저 데이터에 대한 신뢰도를 확보하기 위하여 평균통화시간이 30초보다 작거나 호 완료율이 50%보다 작은 섹터의 데이터는 제외한다. 수집된 데이터로부터 섹터당 용량(Erlangs/sector)을 구하기 위해 다음과 같은 파라미터를 정의하여 계산한다.

○BHCA(Busy Hour Call Attempt)

일주일 동안 섹터의 트래픽 데이터 중 BHCA

○MBHCA(Mean BHCA)

일주일 동안의 시간대별 평균 일량 중 최고치

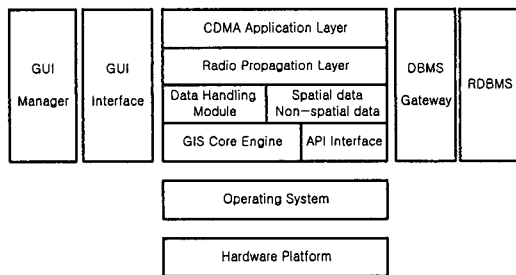
○MCA(Mean Call Attempt)

일주일 동안 시간대별 평균 일량치

위와 같은 분석 결과를 바탕으로 섹터별로 가입자 분포 모델을 보정하고 가입자 증가치를 예측한다. 이와같은 분석을 바탕으로 무선망 설계 툴을 사용하여 셀 반경 변화를 예측하여 측정 데이터의 분석 결과를 바탕으로 보정한 후 기지국 시스템 사양을 변경하거나 안테나 파라미터를 변경한다. 필요에 따라서는 기지국을 추가하거나 재배치하여 Cell Loading이 균등하게 되도록 한다. 분석 결과 경제성이 없다고 판정되는 기지국에 대해서는 μ -BTS로 교체하거나 증계기를 사용하여 서비스 영역을 확보한다.

V. CDMA 무선망 설계 및 성능 분석 툴

한국통신프리텔은 KTF-iPCS 망의 설계, 최적화, 최적의 Cell Loading을 확보하기 위한 엔지니어링 툴로 Net-Spider를 개발하여 운용하고 있다. [그림 5]는 Net-Spider의 시스템 구성도를 나타낸 것이다.



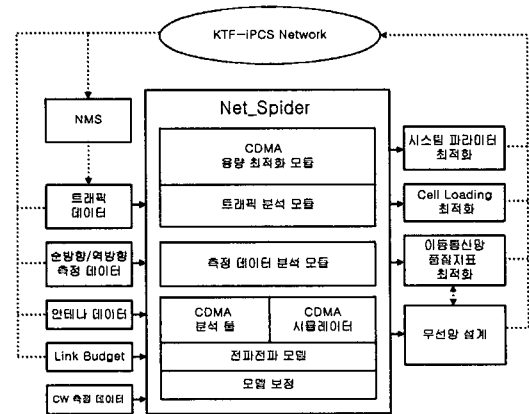
[그림 5] Net-Spider 시스템 구성도

GIS Backborn 시스템은 핵심 엔진(Core Engine)계층과 응용 데이터 계층으로 나누어진다. 핵심 엔진 계층은 사용자가 새로운 개발 환경에 유

연하게 대처할 수 있도록 표준 컴파일러 방식이나 API(Application Programming Interface)로 외부에서 만들어진 프로그램의 등록 기능을 제공하거나 외부 프로세서와 인터페이스 기능을 제공한다. 또한 분석에 필요한 방대한 양의 지형, 도로, 시설물 데이터 등을 효율적으로 관리하기 위하여 일반 RDBMS와의 연동 기능을 제공한다.

응용 데이터 계층은 지형, 도로, 건물, Morphology 데이터 등 전파 해석에 필요한 데이터, Scanned-Raster 지도(일반지도, 항공촬영, 위성촬영) 데이터, 전파분석 결과 데이터의 분석 데이터를 바탕으로 예측한 CDMA분석 데이터 PCS망의 교환기, 기지국, 안테나 등의 시설물 데이터를 서로 유기적으로 결합하여 최적의 상태로 관리한다.

CDMA 무선망 설계 및 성능 분석 툴로 개발한 Net-Spider의 기능 블록과 입출력 데이터 관계는 [그림 6]과 같다.



[그림 6] Net-Spider 기능 모듈 구성도

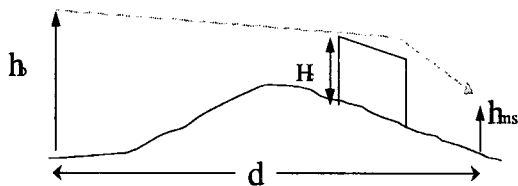
Net-Spider는 전파전파 예측모델, CDMA 시뮬레이터, 트래픽 분석 모듈과 용량분석 모듈로 구성된다. Net-Spider는 무선망 설계, 최적화, 운용에서 사용되는 엔지니어링 툴로 각 단계별로 사용자가 측정된 데이터를 사용하여 모델을 보정할 수 있는 기능을 포함하고 있다.

5-1 전파전파 예측 모델과 보정 절차

5-1-1 전파전파 모델

[그림 2]는 Net-Spider에서 전파 분석 결과의 예를 나타낸 것이다. Net-Spider에는 전파전파 예측모델로 Longley Rice, Okumura Hata, Cost231 Hata, Walfish Ikegami 모델 등이 구현되어 있다. 기본적으로 오쿠무라하타 모델은 매크로셀을 설계하기 위한 모델이다. 최근에 셀룰러 가입자가 폭발적으로 증가하여 도시 지역에 마이크로셀 구축이 불가피하게 되었다.

현재 개발되어 있는 마이크로 셀의 전파전파 모델을 살펴보면, 크게 Walfish-Ikegami모델과 Ray Tracing을 이용한 모델로 나누어 볼 수 있다. Walfish-Ikegami모델을 살펴보면, 전파전파 특성을 계산하기 위해서는 필요한 데이터로 각 지역에 대한 특성으로, 평균 빌딩 높이, 빌딩간 간격 등 비교적 상세한 데이터 베이스를 필요로 한다. 그러나 현실적으로 지역에 대해 이렇게 상세한 지역특성 데이터 베이스를 구축하기도 어렵고, 또한 시스템의 성능상 너무 많은 데이터를 처리해야 하는 문제로 인하여 실제로 사용하기에 곤란한 점이 있다. Ray 모델도 역시 각각의 건물에 대한 상세한 평면 모양이 필요하다는 점에서 마찬가지로의 제한 요소가 존재한다. 이러한 데이터에 대한 제한 요소를 최소화하면서 마이크로셀에서의 전파전파 특성을 빠르고 정확하게 예측할 수 있는 모델로 Clutter-Diffraction 모델을 구현하였다.



[그림 7] Clutter-Diffraction 모델

Clutter-Diffraction 모델은 기본적으로 기존에 존재하는 Okumura-Hata 모델에서 각각의 지역에 클러터를 정의하고, [그림 7]에서 보여주는 바와 같이 클러터 평균 높이를 정의하고, 지형의 고도에 클러터 평균 높이를 더하여, Diffraction으로 계산하도록 모델을 개선하였다. 이 모델은 기본적으로 기존에 정의된 클러터에 평균 높이만을 추가하여 사용할 수 있으며, 계산시간도 Okumura-Hata 모델에 비해 거의 차이가 나지 않아 실제적으로 사용할 수 있는 전파전파 모델이다.

5-1-2 모델 보정

Net-Spider에서는 모델 보정을 위하여 측정 데이터에 대한 다양하고, 강력한 측정 데이터 필터링 기능을 제공하고 있다. Net-Spider는 GIS를 기반으로 개발되어 있기 때문에, 이 GIS를 이용하여 구현된 측정 데이터 필터링 기능은 다음과 같다.

- 지역특성에 따른 측정 데이터를 분류
- 불필요한 데이터(터널에서 측정된 데이터, 측정기의 최소 수신레벨 이하의 데이터 등) 제거
- 가시거리에 존재하는 데이터와 비가시 거리에 존재하는 데이터 필터링
- 특정 행정구역에 존재하는 측정데이터 필터링
- 사용자가 정의한 지역에 존재하는 데이터 필터링
- 측정 시간대별로 측정 데이터를 필터링

Net-Spider에서 구현되어 있는 측정데이터 필터링 기능은 무선 엔지니어가 다양한 접근 방법으로 측정 데이터를 분석함으로써, 지역 특성에 따른 전파전파 특성을 가급적 정확하게 이해할 수 있도록 지원하고, 구현된 전파전파 모델별로 필터링된 데이터를 이용하여 측정데이터와 예측된 데이터의 오차를 최소화 할 수 있는 보정 계수를 계산하여 제시하는 기능, 즉 구현된 전파전파 특성 예측모델

과 각 모델별로 적합한 보정 모듈을 동시에 구현 하므로써, 적절하게 전파전파 특성 예측 모델을 보정할 수 있도록 지원하고 있다. 또한 부가적으로 다양한 측정기기로부터 측정데이터를 Import 할 수 있는 기능과, 필터링 된 측정데이터를 Export 할 수 있는 기능을 제공하고 있다.

5-2 CDMA 분석 모듈

CDMA분석 모듈은 보정된 전파해석 데이터를 사용하여 셀 반경과 용량을 예측하기 위한 분석 툴로 사용된다. CDMA 무선망 셀 반경은 순방향과 역방향 링크의 셀 반경을 나누어 해석하고 이후에 Link 균형을 확보함으로써 분석이 완료된다.

5-2-1 순방향 링크의 셀 반경 분석

CDMA 시스템 순방향 링크의 셀 반경은 1.25 MHz 대역내 수신신호의 전력 스펙트럼 밀도에 대한 파일럿 채널의 칩당 평균전력의 비로 정의되는 E_c/I_o 로 결정된다. Net-Spider에서는 각 섹터로부터 전파해석 데이터와 채널별 전력 배분 비율을 바탕으로 E_c/I_o 를 계산한다. 셀 반경은 계산한 E_c/I_o 를 시스템 요구조건 (E_c/I_o)req와 비교하여 결정한다. 소프트 핸드오프 영역에서는 Diversity 이득을 고려하여 (E_c/I_o)_{HO}를 계산한다. 이론적으로 소프트 핸드 방식을 사용할 경우 하드 핸드오프 방식에 대해 셀 반경을 2.5배 확대시킬 수 있다 [3]

CDMA 분석 툴에서는 무선망 설계를 위한 Link Budget, (E_c/I_o)req, 채널별 출력 전력 배분이 결정되면 셀 반경 이외에 소프트/소프트, 핸드오프 영역, PN Pollution 영역 등의 분석 결과를 보고서 및 지도로 출력할 수 있다.

순방향 링크의 셀 서비스 지역을 빌딩 서비스 가능 영역, 차량 서비스 가능 영역, 보행자 서비스 가능 영역, 통화불량 지역으로 나누기 위해 수신

신호세기(RSSI: Received Signal Strength Indicator)를 계산하여야 한다. RSSI는 1.25 MHz CDMA분석툴에서는 모든 기지국으로부터 신호와 가우션 잡음 신호 전력의 합으로 계산한다. 계산 결과를 바탕으로 서비스 영역을 분석하여 보고서 파일과 지도로 출력할 수 있다.

5-2-2 역방향 링크의 셀 반경 분석

IS-95A CDMA시스템에서 역방향 링크의 셀 반경은 트래픽 채널에서 요구하는 통화품질(FER)에 따라 요구되는 (E_b/N_t)req에 의해 정의된다. E_b/N_t 는 대역내 수신신호중 트래픽 채널을 제외한 신호의 전력 스펙트럼 밀도에 대한 정보 비트당 전력의 비로 정의된다.

CDMA분석 툴에서는 IF 출력단에서 E_b/N_t 를 규정한다. FER를 결정하는 기저대역 후단에서 E_b/N_t 를 계산하기 위해서는 안테나의 공간 다이버시티 이득, Rake 수신기에 의한 이득, 채널 부호화 이득 등을 추가하여야 한다.

CDMA 분석 툴에서는 역방향 전력제어가 완벽하다고 가정하여 단말기의 최대 출력전력과 Cell Loading X에 의해 최대 셀 반경을 계산한다^[4]. 핸드오프 영역에서는 순방향 링크와 같이 Diversity 이득을 고려한다.

순방향 링크와 역방향 링크의 셀 반경이 결정되면 링크 균형을 확보하기 위한 작업을 수행한다.

5-3 CDMA 시뮬레이터

CDMA시뮬레이터는 가입자 분포 모델을 바탕으로 IS-95A의 호처리 절차에 따라 액세스, 전력제어, 핸드오프 등의 기능에 대한 시뮬레이션 기능을 수행한다. 시뮬레이터에 사용되는 무선 채널을 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P_{1,n}(r) = L(r) + \sigma(1) + h(n) \quad (9)$$

여기서 $L(r)$ 은 경로손실, $\sigma(n)$ 은 Log-normal 분포를 갖는 섀도우 페이딩 손실, $h(n)$ 은 다중 경로 페이딩 신호를 나타낸 것이다. 위 식에서 인덱스 n 은 PN 칩주기, 1은 전력제어 비트의 주기 1.25 msec를 나타낸다.

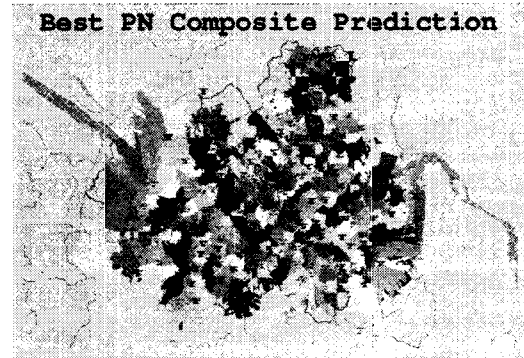
Net-Spider에서는 전파해석 결과와 CDMA분석 결과를 바탕으로 1.25 msec로 업데이트되는 Dynamic CDMA 시뮬레이터와 가입자 분포에 따라 분석하는 Quasi-static CDMA 시뮬레이터가 있다. CDMA 시뮬레이터에서 전파손실은 전파해석 모듈로부터 사용하고 셀 반경은 CDMA 분석 모듈에서 예측한 결과를 사용한다. CDMA 시뮬레이터는 트래픽 데이터, 차량속도의 함수로 셀 반경, 용량, 성능 등을 예측하기 위한 툴이다.

5-4 측정 데이터 분석 모듈

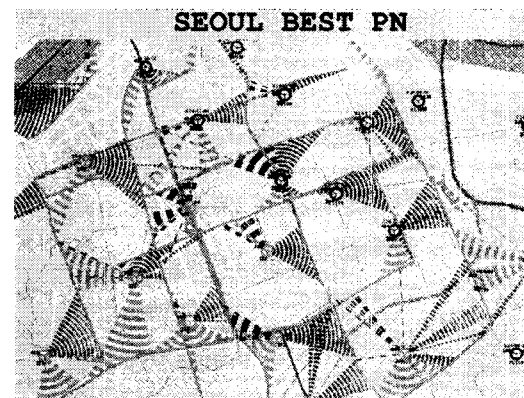
측정 데이터 분석 모듈은 최적화 과정에서 측정된 데이터를 4절에서 설명한 품질지표로 분석한다. Net-Spider는 DM을 사용하여 측정된 순방향 채널 데이터와 DCP, SMAP을 사용하여 측정된 역방향 데이터를 사용하여 6C 품질 지표를 분석한다.

최적화 과정에서는 무선망 설계 데이터와 측정 데이터를 동일한 품질 지표로 관리하여 안테나 파라미터의 변경에 따른 셀 반경과 용량 변화를 예측할 수 있어야 한다. CDMA 분석 툴에서는 측정 데이터를 사용하여 커버리지 분석, 핸드오프 분석 데이터를 보정할 수 있는 기능을 제공하고 있다. [그림 8(a)]는 CDMA 분석 툴에서 예측한 셀 서비스 영역을 측정 데이터로 보정한 후 나타낸 것이다. [그림 8(b)]는 측정 데이터 분석 툴에서 Best-PN을 도식적으로 나타낸 것이다.

5-5 트래픽 분석 모델



(a) 측정 데이터를 이용한 Best Ec/Io 보정 데이터

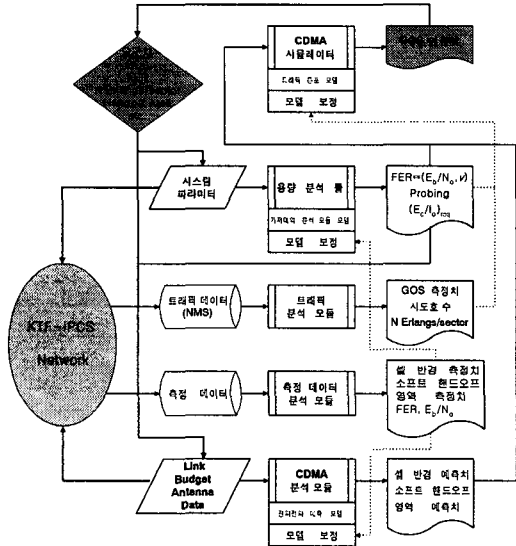


(b) 측정 데이터를 이용한 Best Ec/Io 분석 데이터

[그림 8] Best PN 지도

트래픽 분석의 목적은 NMS에서 수집한 호통계와 트래픽 데이터로부터 각 섹터의 부하 상태를 확인하고 무선망에서 요구하는 GOS를 초과하는 섹터에 대한 처리 방안을 마련하는 것이다. 아울러, 향후 트래픽 상황을 예측하고 예상되는 문제점에 대한 해결 방법을 찾아야 한다.

Net-Spider에서는 [그림 9]와 같이 KTF-iPCS에서 수집한 트래픽 데이터로부터 GOS를 계산한다. GOS를 초과하는 문제의 섹터에 대해 Link Budget, 안테나 정보, 시스템 파라미터를 조정 후 분석툴을 사용하여 GOS를 예측한다. 분석결과를 바탕으로 안테나 조정, 시스템 파라미터 변경, 기지국 섹터의 추가 및 재배치 등의 적절한 작업을



[그림 9] 트래픽 분석 흐름도

- 시도호 수
- 완료호 수
- 실패호 수
- 평균 호 점유 시간

트래픽 분석에 사용되는 CDMA 분석, CDMA시뮬레이터, 측정데이터 분석 모듈의 분석결과는 다음과 같다.

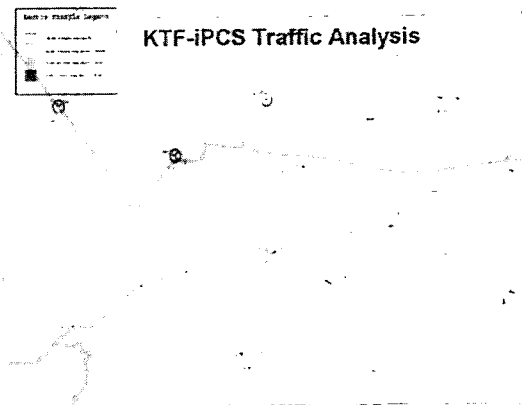
- 셀 반경, 용량
- 가입자 분포 데이터
- FER, (E_b/N_0)
- 소프트 핸드오프 영역
- 측정된 GOS

VI. 결 론

지금까지 최적의 CDMA 무선망을 구축하여 운용하기 위한 무선망 설계, 최적화, 운용 단계에서 요구되는 품질지표 업무 처리 절차에 대해 설명하였다. 각 단계 별로 업무를 효율적으로 처리하기 위해서는 RF 엔지니어가 쉽게 모델을 보정하면서 사용할 수 있는 분석 툴이 요구된다. 한국통신프리텔은 CDMA 무선망 설계 및 성능분석 기능을 수행하는 Net-Spider를 개발/상용화를 하여 사용하고 있다.

상용화 이후 국내외적으로 2002년 상용화를 목표로 표준 규격 작성을 위한 시험 시스템(TestBed)이 구현되고 있는 IMT-2000을 위한 무선망 설계 및 성능 분석 툴로 Net-Spider'2000을 개발할 계획이다. 현재 동기식 광대역 CDMA 방식에 대한 무선 접속방식의 성능 분석을 위한 방법을 검토하고 다중 셀 구조에서 셀 반경 및 용량을 산출하기 위한 모델에 대해 검토하고 있다. 또한 Backward Compatibility 지원을 위한 무선망 설계 툴 기능에 대한 검토도 수행하고 있다.

CDMA 무선망 설계 및 성능분석 툴은 사용자인 RF 엔지니어에게 CDMA 무선망 설계에서 운용가



[그림 10] 트래픽 분석 지도

수행한다. 무선망에 대한 조정 작업이 완료되면 측정 장비를 사용하여 무선망 품질을 측정하여 분석하여 예측치와 비교 평가한다. 이 과정에서 분석 툴의 모델보정을 수행한다.

Net-Spider에서 사용하는 트래픽 파라미터는 다음과 같다.

- 현재 GOS
- 원하는 GOS
- 채널 실장수
- 최대 채널 실장수

지 각 단계에서 설정한 품질기준에 따라 무선망을 최적화하는 도구로 제공된다. Net-Spider 개발에서도 틀에서 예측한 결과와 현장에서 측정한 데이터를 비교 분석하여 모델을 보정함으로써 좀 더 정확한 예측 결과를 RF 엔지니어에게 제공할 수 있도록 하고 있다.

결론적으로 CDMA 무선망을 최적의 상태로 운용하기 위해서는 가입자 분포 상황에 따라 시스템 사양 변경, 안테나 정보 변경, 기지국 추가 및 재배치, 중계기 추가 등 필요한 사항을 적절하게 판단하여 시행할 수 있는 엔지니어와 엔지니어링 틀이 요구된다.

Net-Spider homepage address:

<http://netspider.pcs016.co.kr>

참 고 문 헌

[1] D. Parsons, "The Mobile Radio Propagation Channel, Wiley, 1992.
 [2] IEEE VT Soc. Committee on Radio Propa-

gation, "Coverage Prediction for Mobile Radio Systems Operating in the 800/900 MHz Frequency Range", *IEEE Trans. on VT*, vol. 27, no. 1 pp. 3-44, Feb. 1988.

[3] A. J Viterbi, *CDMA Principles of Spread Spectrum Communication*, Addison Wesley, 1995.
 [4] Qualcomm, *The CDMA Network Engineering Handbook*, March 1, 1993.
 [5] S. W Wang and I. Wang. "Simulation Result on CDMA Forward Link System Capacity", *Wireless and Mobile Commun.*, edited by J. M. Holtzman and D.j Goodman, Kap, 1994.
 [6] R. Padovani. "The Capacity of CDMA Cellular : Reverse Link Field Test Results", *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, 1994.
 [7] G. Labeledz, et. al, "Predicting Real World Performance for Key Parameters in a CDMA Cellular System"

≡필자소개≡

이 경 수

현, 한국통신프리텔 기술개발 담당이사
 전, 한국통신 무선연구소 시스템 개발팀장

하 태 숙

현, 한국통신프리텔 최적화팀장
 전, 한국통신 연구개발원

좌 정 우

현, 한국통신프리텔 개발계획팀장
 전, 한국통신 무선연구소 광대역무선연구팀

김 기 욱

현, 한국통신프리텔 개발계획팀
 전, 한국통신 위성사업본부 위성통신 연구실

박 철 용

현, 한국통신프리텔 개발계획팀