

主 題

CDMA 성능분석 기술을 이용한 PCS 무선망 설계

한국통신프리텔 좌정우, 하태숙, 안태효, 오성목, 이경수, 홍원표

I. 서 론

주어진 주파수 대역에서 이동통신망의 용량은 무선시스템에 적용된 전송기술의 스펙트럼 이용 효율(bits/Hz)과 다른 사용자 신호로부터 간섭신호의 크기에 의해 제한된다. 최적의 무선망을 구축하기 위해서는 무선시스템 설계에서 주어진 무선채널에 대해 스펙트럼 이용효율이 높은 무선전송방식이 선정되어야 하며, 무선망 설계에서는 선정된 무선전송 방식의 특성에 맞추어, 가입자에게 최상의 통화품질과 GOS(Grade of Service)을 제공하기 위하여 적절한 크기의 셀을 이용하여 기지국을 배치하여야 한다.

이동통신망은 셀 서비스 반경의 크기에 따라 Mega 셀, Macro 셀, Micro 셀, Pico 셀로 구분될 수 있다. Mega 셀은 서비스 반경이 100~500km이고 이동체의 속도가 1000km/h 이하인 경우로 GMPCS 망이 여기에 속한다. Macro 셀은 서비스 반경이 35km 이내이고 가입자 분포 밀도가 적은

경우에 적용된다. Micro 셀은 서비스 반경이 1km 이내로 대도시와 같이 가입자 분포 밀도가 높은 경우에 효과적으로 적용될수 있다. 또한, Pico 셀은 반경이 50m 이내로 실내에서 서비스되는 경우에 적용할수 있으며, 트래픽 고 밀집 지역에 효과적이다. 단말기(또는 이동체)의 이동속도로 인해 무선채널에 Doppler 주파수에 영향을 받는 페이딩이 발생한다. 페이딩을 대응하기 위한 무선전송기술의 성능은 Doppler 주파수에 큰 영향을 받으므로 무선전송시스템 설계시 이동체 속도를 제한하여야 한다. 예를 들어, IS-95A CDMA 시스템에서는 보행자 서비스에서 발생하는 낮은 Doppler 주파수의 페이딩은 전력제어 방식으로 극복하고 고속의 차량 서비스에서 발생하는 100Hz 이상의 높은 Doppler 주파수의 페이딩은 인터리버 블록을 사용하여 이동체의 속도한계를 극복하였다.

97년 10월부터 상용 서비스하고 있는 PCS 망은 가입자 분포 밀도에 따라 셀을 구성하였다. 가입자 분포 밀도가 높은 대도시 지역에서는 Micro 셀로 구성하고 상대적으로 가입자 분포 밀도가 낮은 농

어촌 지역에서는 Macro 셀로 구성하였다. 또한, 가입자 분포 밀도가 아주 낮아 경제성이 없는 지역은 중계기를 사용하여 셀을 구성하였다. 현재, 한국통신프리텔은 급격한 가입자 증가에 대응하여 장기적인 지역별 트래픽 예측과 실 트래픽을 분석하여 Cell Loading이 지역적, 시간적으로 균등하도록 기지국의 병합, 분할과 안테나 및 시스템 파라미터 재조정 작업을 수행하고 있다.

이동통신망을 최적으로 구축하여 운용하기 위해서는 무선망 설계에서 무선망 구축, 운용까지 적절한 품질지표를 수립하고 조정하여 통신망의 트래픽 지향성 높은 수준으로 유지하도록 관리되어야 한다. 본 논문은 무선망 설계에서 운용까지 각 단계별 품질지표를 정의하고 품질 지표와 밀접한 관계가 있는 무선망 설계 기준, 최적화 절차 및 평가 지표에 대하여 전반적으로 논의하고자, 2장에서는 무선망 설계 파라미터와 설계 절차에 대하여, 3장에서는 무선망 구축을 위한 최적화 절차와 이에 사용되는 품질지표 관리에 대하여, 4장에서는 상용화 이후 운용단계에서 Cell Loading을 균등하게 유지하기 위한 방법에 대하여, 5장에서는 한국통신프리텔이 CDMA 무선망 설계, 최적화 지원 및 성능평가 시스템으로 개발한 Net-spider에 대해 설명한다. 6장에서는 앞으로 IMT-2000 무선망 설계 및 성능분석시스템 개발에 대한 방향을 제시함으로써 결론을 내린다.

지역에 대한 현장 실사를 바탕으로 셀 반경을 재설계함으로써 정확한 기지국 위치가 선정되고 전체망이 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 반복되어 수행된다. 그림 1은 무선망 설계 절차를 나타낸 것이다

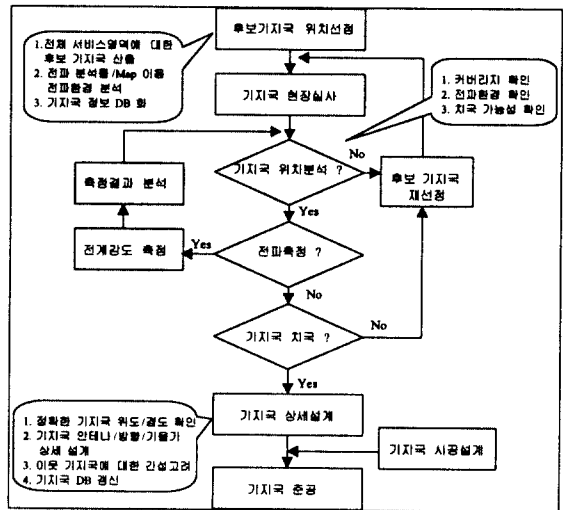


그림 1. 무선망 설계 절차

2. 무선망 설계 파라미터와 설계 절차

무선망 설계는 기지국 위치를 결정하는 것으로 예상 트래픽 분포상에서, 무선 시스템의 성능과 사양, 통화품질 요구조건과 GOS를 고려하여 최적의 셀 중심점과 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 기

1) 무선망 설계 기준

(1) 서비스 영역

무선망 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 서비스 여부를 판단하여야 한다. 이동무선망을 이용하여 전 지역 동일 서비스등급으로 서비스하는 것은 비 경제적

이다. 따라서, 대도시 상업지구 및 주요 서비스 지역에서는 건물내 서비스가 가능하도록 설계하고 가입자 증가에 따른 시설 투자 계획도 수립하여야 한다. 또한, 고속도로와 접도 지역에서는 차량 서비스가 가능하도록 설계하며, 농어촌 지역 및 주요 산악 지역은 보행자 서비스 가능 지역으로 구분 설계한다. 일반적으로 무선망 설계에서 수신신호 세기를 기준한 서비스 지역은 다음과 같이 구분할 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 무선 시스템의 성능을 고려하여 결정된 기지국에 실장 가능한 가입자수의 비로 다음과 같이 정의된다.

PCS 망 설계에서는 50% Cell Loading을 고려하

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

였다. 셀 반경내 예상 가입자 수는 GOS를 바탕으로 계산된다.

(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 B모델로 계산된다.

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

여기서 $A = \lambda / \mu$ 로 평균 호 도착율 λ calls/sec

에 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 1의 예와 같이 송수신링크의 Link Budget을 계산하여야 한다.

〈표1〉 Link Budget

Up-link budget	(dBm)	Up-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 가정을하면 통화품질을 만족하는 $(E_b/N_o)_{req}$ 에 대한 역방향 링크의 가입자 수는 다음과 같이 계산된다[3].

여기서 G_o 는 확산이득, ν 는 평균 음성 활동율,

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

σ_s^2 는 신호의 평균전력, σ_w^2 는 잡음신호의 평균전력, F는 CDMA 재사용율로 다음과 같이 정의된다.

$$F = \frac{\text{셀 반경내 가입자로부터 간섭신호 전력}}{\text{망내 가입자로부터 간섭신호 전력}} \tag{4}$$

CDMA 시스템의 무선망에 대한 Link Budget에는 섹터당 수용 가입자 수를 계산하기 위해 식 (3)

에서 정의된 파라미터의 값을 결정하여야 한다.

(5) FA, 섹터 수

기지국의 최대 가입자 수는 $N_a = FA * \text{섹터} * N$ 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 핸드오프 영역비를 적절히 설정하여 하며, 이는 CDMA 무선망 총 용량을 결정하는 중요한 지표가 된다.

(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 초기 값을 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 때문에 신중히 결정하여야 한다.

(8) 안테나 타입

셀의 지역별 특성과 여건에 따라 안테나 타입을 적절하게 선택하여야 한다.

· 빔폭

- 전방향 안테나

전방향 안테나는 이득이 낮기 때문에 셀 반경이 작은 지역에 적합하다. 즉, 트래픽 밀도 낮은 소규모 시나 산악지역에 적합하다.

- 섹터 안테나

트래픽 밀도가 높은 도심 지역에 사용하며 설계한다. 특히, 트래픽 밀집 지역의 셀 중심은 CDMA 무선 구간의 한계 용량에 영향을 큰 영향을 있으므로 가능한한 트래픽 중심에 배치시켜 무선 구간 지역적 한계 용량을 극대화 시킨다.

· 이득(dBi)

- PCS대역은 DCS 대역에 비하여, 전파 손실이 크므로, 이를 보상하기 위하여 링크 버짓상의 안테나 이득이 DCS 보다 일반적으로 높다. 그러나, PCS대역의 파장이 DCS 대역에 비하여 상대적으로 짧으므로 안테나 설계에 있어서의 공학적인 제한점이 적어 유사한 크기의 안테나 시스템으로 6dB 이상의 추가적인 이득이 가능하다.

· 틸트

전기적 다운틸트와 기계적 틸트를 사용한다. 특히 도심 지역의 간섭 예상 지역에서는 전기적 틸트를 적극 활용하여 섹터간 및 셀간 간섭 지역을 효과적으로 통제할 수 있다.

2) 무선망 설계 시스템

무선망 설계 시스템은 GIS를 기반으로 전파전파 예측 모델로 기지국과 단말기간 경로손실을 예측하는 엔지니어링 툴이다. 경로손실을 충분한 정확도를 갖고 예측하기 위해서는 측정 데이터를 수집 분석하여 전파 전파 모델을 보정하여야 한다.

(1) 전파전파 모델

전파전파 예측 모델을 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 개발지에서 VHF와 UHF 주파수대에서 거

리와 주파수에 따른 평균 수신신호의 세기를 측정하여 모델링한 Okumura-Hata 모델은 대표적인 통계 모델이다.

이동통신망 설계에 일반적으로 사용되는 Okumura-Hata 모델은 기본적으로 평편한 지형 ($\Delta h < 20m$)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 특성 예측 모델로서 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 있다. DTM(Digital Terrain Map) 데이터에서 가시거리에 존재하는 지형의 경사에서 전파 손실은 Lee의 안테나 Effective Height 모델을 적용하여 계산된다.

실질적으로 전파전파 모델을 적용할 때는 지형의 특성에 따라 서로 다른 전파전파 모델을 사용할 수 있다. 또한, Diffraction 모델과 클러터에 대한 보정 값을 모델링 과정에서 구해야 한다.

(2) 전파전파 모델 보정 절차

모델 보정의 목적은 한국 지형에 맞는 전파전파 예측 모델을 만드는 것이다. 다양한 지형과 클러터에 대해 CW(Continuous Wave)로 경로손실을 측정하여 수집한 데이터로 전파모델을 보정한다. 보정 절차는 데이터 수집, 수집 데이터 처리, 모델 보정, 보정된 모델 검증 절차로 이루어진다.

가 데이터 수집

전계강도 측정기로 데이터를 수집하는데 있어 측정할 지역과 경로는 모든 클러터와 지형성이 반영될 수 있도록 하고 측정 데이터는 전파 모델의 보정계수를 통계적 오차내에서 보정할 수 있도록 충분히 수집되어야 한다. 예를 들어, 서울의 경우 Dense Urban, Urban에서 Suburban 도심외곽까지 측정하고 교외지역의 경우 Semi-open, Open, Rice-

fields와 Forest을 포함하여 측정한다.

나 측정 데이터 처리

· 데이터 형식 변환

측정한 데이터를 전파해석 툴에서 요구하는 형식 파일로 변환한다

· 측정 데이터 필터링

측정 데이터 자체에 포함된 오차를 제거하고 사용자가 원하는 데이터를 수집하기 위하여 처리하는 절차이다. 우선 거리에 따른 필터링은 너무 먼 거리에 있는 데이터를 함께 분석하면 오류 데이터가 포함될 우려가 있으므로 일정 범위를 지정하여 그 이외의 데이터를 제거한다. 신호의 세기에 따라 데이터를 걸러낼 필요가 있다. 예를 들어, 터널에서 측정된 데이터라든가 측정기의 최소 수신 레벨이하의 데이터는 잡음으로 간주하여 필터링한다. 또한 클러터 별 필터링은 클러터 보정을 위하여 사용된다.

다. 기지국 정보

보정은 실제 측정치와 툴의 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 측정 데이터와 툴에서의 올바른 비교치를 얻을 수 있다.

라. 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.

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

여기서

- $a_m(H_m)$: 이동국 안테나 높이 보정계수
- H_b : 기지국 안테나 높이 (m) 30~200 (m)
- H_m : 이동국 안테나 높이 (m) 1~10 (m)
- d : 기지국과 이동국 사이의 거리 (km) 1~20 (km)
- L_c : 클러터에 따른 보정계수

이다. C1~C5를 보정하기 위해 식 (5)를 다음과 같이 표현한다.

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

위 식에서는 경로손실 L은 log(d)의 일차함수로 기울기와 절편을 구함으로써 A와 B를 구할 수 있다. A와 B는 식 (5)로부터 다음과 같이 표현된다.

$$A = C_1 + C_2 \log f - C_3 \log H_b + a_m(H_m) + L_c \quad (7)$$

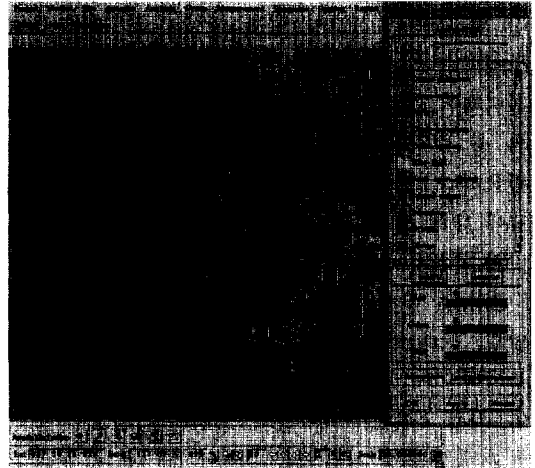
$$B = C_4 - C_5 \log H_b \quad (8)$$

위의 식으로부터 C1~C5의 값을 보정하고 식 (5)에 보정 값을 적용하여 기지국과 단말기간 경로손실을 계산할 수 있다. 경로손실의 측정치에 대한 예측치의 오류 $e = L - \hat{L}$ 의 평균과 표준편차를 계산하여 모델 보정 결과를 평가한다.

전파 해석을 위해서는 그림 2와 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

(a) 클러터 데이터



(b) DTM 위에서 전파해석 결과

DTM Data위에서의 전파분석

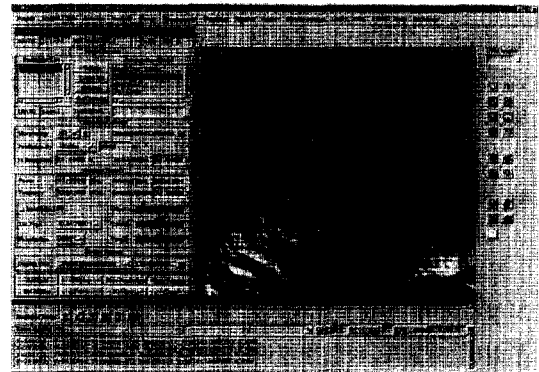


그림 2. 클러터와 DTM 데이터를 사용한 전파해석

3) CDMA 분석

이동통신망에서 셀의 반경은 서비스에서 요구하는 품질 지표를 만족하면서 기지국과 단말기간 통신이 가능한 지역으로 정의된다. 셀 용량은 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 핸드오프, 전력제어 등의 시스템 파라미터를 고려하여 최적의 셀 반경을 예측할 수 있는 CDMA 분석 툴이 필요하다. 분석툴에서는 순방향 링크와 역방향 링크에 대해 셀 반경을 예측하고 그 결과를 바탕으로 링크 균형을 검증할 수 있어야 한다.

CDMA 분석툴에서는 Link Budget, 가입자 분포 밀도, 전파 해석 결과를 바탕으로 서비스 영역 기준치에 따라 서비스 지역을 빌딩 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 PN 영역 분석, PN Pollution 영역 분석 등을 할 수 있다. 분석결과 셀 반경이 결정되면 간섭신호를 계산하여 최적의 용량이 되도록 기지국(또는 섹터의 방향)의 위치, 타워의 높이, 안테나 틸트 등이 결정된다.

4) 치국과 무선망 재설계

무선망 설계가 완료되면 기지국사를 확보하여 시설하여야 한다. 기지국사 확보가 불가능할 경우 무선망 재설계 과정을 거쳐 재치국을 실시한다. 치국 과정에서는 주위 잡음신호에 의해 셀 반경과 용량이 제한되는 것을 막기 위해 사용 주파수 대역내 배경잡음 신호의 스펙트럼 밀도를 측정하여야 한다. 측정 값이 기준 값 이상이면 원인을 분석한 후 조치하여야 한다. 특히, AMPS 기지국으로부터 제 2 고조파의 간섭신호는 PCS 대역에서 jamming 신호로 작용하므로 주의하여야 한다.

치국, 시설 단계부터는 각 기지국의 현장에서 이루어지는 진행 사항을 파악하여야 한다. 이를 위해 작업 일정 관리를 위한 데이터베이스 시스템이 필요하다. 시스템에서 관리하여야 할 주요 관리항목은 기지국 ID, 주소, 위치, 배경잡음 지수, 치국, 재설계, 시설 상황 정보 등이다. 또한, 시설에 필요한

안테나 정보를 포함하여야 한다. 일정 관리 시스템은 전체 일정 관리를 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 장애 없이 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 측정장비와 측정 데이터 분석툴을 준비하여야 한다.

1. 최적화 수행 절차

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

1) 최적화 준비 단계

준비 단계에서 최적화 수행을 위한 조직 구성, 인력 배치, 조직간 업무분장을 하여야 한다. 일반적으로 최적화 수행을 위한 조직은 분석평가팀, 현장 측정 조정팀, 치국 및 시설팀, 운용팀, 시스템공급사등로 나눌수 있다.

(1) 팀구성 및 업무 분장

· 시스템공급사

최적화 기간 동안 시스템 상태를 확인하고 이상 상태, 기능 추가 및 보완 문제가 발생할 때 운영팀과 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 측정루트에 대한 측정 업무를 수행한다. 측정 루트에 대한 검토에 참여한다.

· 분석 평가팀

최적화 주관팀으로 현장 측정팀으로부터 수집한 데이터를 무선망 설계 데이터와 비교 분석하여 품질지표로 최적화 결과를 관리한다. 측정 데이터 분석 과정에서 발견되는 문제점을 해결하기 위한 방안을 제시하고 조치를 취한다. 필요시 시스템공급사와 분석 업무를 공동으로 수행한다. 치국, 시설팀으로부터 문제 기지국이 통보되면 현장 확인후 재설계를 수행한다. 이 과정에서 무선망 설계팀과 측정 데이터 분석 팀의 모델 보정이 이루어진다.

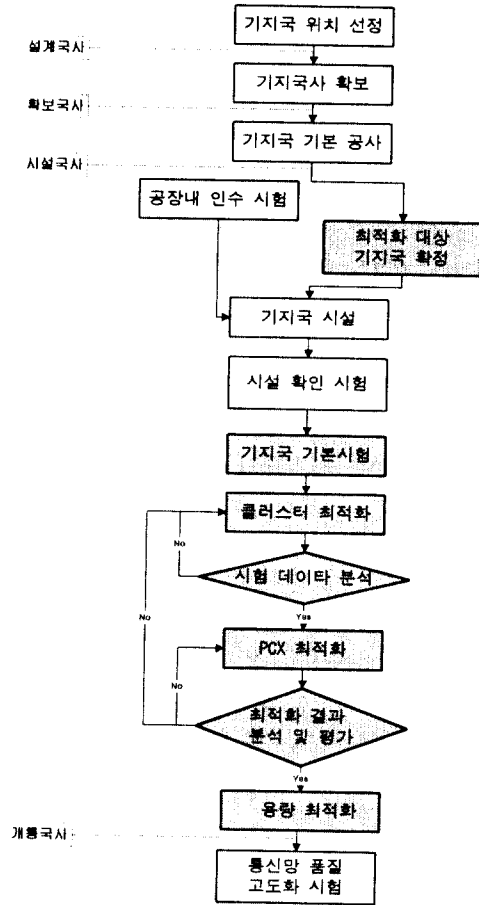


그림 3. 무선망 최적화 수행 절차

(2) 데이터 준비 사항

무선망 최적화에 필요한 기초 데이터를 준비하여야 한다. 분석 데이터를 검토하여 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 옵셋, Neighborhood PN List
- 측정 루트
- 문제 기지국 조치 방안

(3) 측정장비와 분석툴 준비 사항

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

- o 측정차량, 측정장비, 단말기, 백업장비 등
- o 측정 데이터 분석 툴, 무선망 설계 툴
- o 최적화 일정 관리 데이터베이스 시스템

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 PCS 사업자 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 구성상태를 확인한다. 기지국 기능시험에서는 다음과 같은 기능을 확인한다.

- 호 시험(L-)M, M-)L, M-)M)

- 기지국 셀 반경 확인
- 소프트 핸드오프 영역 확인

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 통통율
 - 무선구간 블럭킹율
 - 소프트/소프트/하드 핸드오프 성공율
- 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

CDMA 시스템은 가입자 수가 증가함에 따라 간섭신호에 의해 셀 반경이 줄어 든다. 순방향 링크

에 대해서는 OCNS로 부하를 가하여 무부하상태에서 확인한 셀 반경의 변화를 확인한다. 역방향 링크에 대한 부하시험은 용량시험에서 특정 기지국을 대상으로 수행한다.

4) PCX 단위 최적화

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

5) 용량 최적화

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

(1) 측정 데이터

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

- 기지국 용량 시험
 - 가입자 수(Erlangs) /Sector
 - 가입자 수(Erlangs) /BTS
- 가입자 수 증가에 따른 셀 반경 확인
 - RSSI, Ec/Io, 단말기 출력전력, TxGainAdjust, 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) 용량시험 절차

- 대표셀의 선정
 - 용량 평가는 무선 시스템의 성능 뿐만 아니라 지역 무선 환경에 밀접한 관련이 있다. 따라서, 용량 평가에 있어서 지역적 대표성을 지니는 대표셀의 선정은 매우 중요하다. 대표셀의 선정에는 지역적 무선 환경의 대표성과 트래픽의 대표성을 아울러 고려한다.

· 셀 용량 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 용량시험

- 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 측정 루트를 선택하여야 한다.

2. 품질 관리 지표

CDMA 시스템의 무선망 품질지표 상호 관련성이 매우 깊으므로, 단일 지표의 극대화는 큰 의미를 지닐수 없다. 따라서, 궁극적으로는 지역적 트래픽 특성에 맞추어 각 지표의 가중치를 적용하여 종합 지표의 극대화를 추구하여야 한다. 그림 4와 같이 CDMA 무선망의 대표적인 품질 지표인 6C 파라미터를 나타낸다.

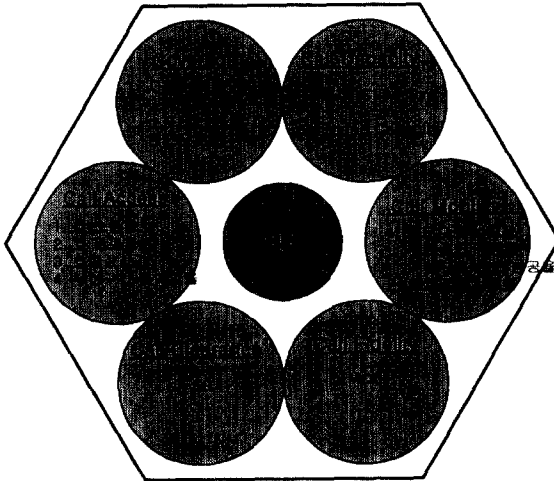


그림 4. 6C 품질 개념도

1) Coverage

(1) 정의

셀 서비스 반경은 주어진 셀 용량에서 요구되는 통화품질과 GOS가 보장되면서 기지국과 단말기간 통화가 가능한 지역으로 정의된다. 셀 반경에 대한 기준치는 무선망 설계 이전에 확정된다. 최적화 과정에서 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
- E_c/I_o
- 순방향 트래픽 채널 FER

역방향 링크의 셀 반경은 단말기 출력전력을 이용하여 계산하고 링크 균형 정도를 확인 하기 위해 TxGainAdjust와 역방향 링크에서 측정 한 $(E_b/N_o)_{req}$ 와 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

$$\text{발신 실패율} = (\text{발신실패호 수}/M) \times L \text{ 시도호수} \times 100$$

- 호 Drop 율
 - Drop 율 = (Drop 호수/시도호 수)

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

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

3) Call Access

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

- 호 품질
 - 호 완료율
 - 완료율 = (완료호 수/시도호 수) X 100(%)
 - 호 실패율
 - 착신 실패율 = (착신실패호 수/L->M 시도호 수) X 100 (%)

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, PCX 간 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.

5) Call Clearance

(1) 정의

Call Clearance는 주어진 셀 반경과 용량에서 송수신 링크로 전달되는 사용자 데이터의 부호적 무결성을 나타내는 항목으로 FER로 정의될 수 있다. FER은 차량속도와 Eb/No의 함수로 표현되며 전력제어와 핸드오프 기능에 의해 영향을 받는다.

(2) 측정 파라미터

순방향 트래픽 채널의 FER은 호 통계 데이터와 같이 측정된다. 역방향 트래픽 채널의 FER은 차량

속도와 역방향 전력제어를 위해 계산된 Eb/No 값으로 측정된다. 측정 데이터를 바탕으로 역방향 트래픽 채널에 대해서는 로 표현할 수 있다.

6) Call Fidelity

(1) 정의

Call Fidelity는 통화중 사용자가 느끼는 품질을 나타내는 항목으로 MOS(Mean Opinion Score)로 정의될 수 있으며, 이는 음성의 부화화 모델에 의하여 크게 좌우된다.

(2) 측정 데이터

호 통계를 분석하기 위한 데이터를 수집할 때 통화 내용을 녹음하여 분석하여야 한다. 현실적으로 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 현실적으로 실 가입자에 의한 Cell Loading이 무선망 설계치에 대해 다르게 나타나고 동일 셀내에서 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 위해서

는 무선망 설계, 최적화 과정에서 수집한 측정 데이터 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. 이때 수집되는 트래픽 데이터에는 각 기지국 섹터에 대해 시간대 별로 기지국 ID, FA 갯수, 총 시도호수, 평균통화시간, 호 완료율 등이 포함된다. 먼저 데이터에 대한 신뢰도를 확보하기 위하여 평균통화시간이 30초 보다 작거나 호 완료율이 50% 보다 작은 섹터의 데이터는 제외한다. 수집된 데이터로부터 섹터당 용량(Erlangs/sector)를 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 얼랑증 최고치
- MCA(Mean Call Attempt)
일주일 동안 시간대별 평균 얼랑치

위와 같은 분석 결과를 바탕으로 섹터별로 가입자 분포 모델을 보정하고 가입자 증가치를 예측한다. 이와 같은 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 중계기를 사용하여 서비스 영역을 확보한다.

V. CDMA 무선망 설계 및 성능분석 툴

한국통신프리텔은 KTF-iPCS 망의 설계, 최적화, 최적의 Cell Loading을 확보하기 위한 엔지니어링 툴로 Net-spider를 개발하여 운용하고 있다. 그림 5는 Net-spider의 시스템 구성도를 타나낸 것이다.

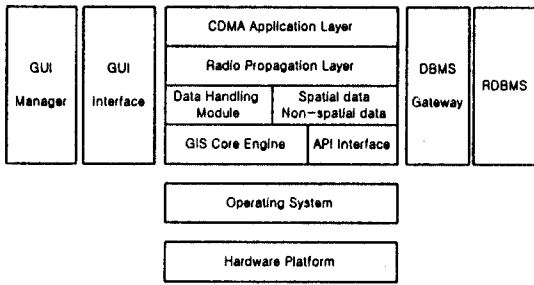


그림 5. Net-spider 시스템 구성도

GIS Backborn 시스템은 핵심 엔진(Core Engine) 계층과 응용 데이터 계층으로 나누어진다. 핵심 엔진 계층은 사용자가 새로운 개발 환경에 유연하게 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 전파해석에 필요한 데이터, Scanned-Raster 지도(일반지도, 항공촬영, 위성 촬영) 데이터, 전파분석 결과 데이터와 분석 데이터를 바탕으로 예측한 CDMA 분석 데이터, PCS 망의 교환기, 기지국, 안테나 등의 시설물 데이터를 서로 유기적으로 결합하여 최적의 상태로 관리한다.

CDMA 무선망 설계 및 성능분석 툴로 개발한 Net-spider의 기능 블럭과 입출력 데이터 관계는

그림 6과 같다.

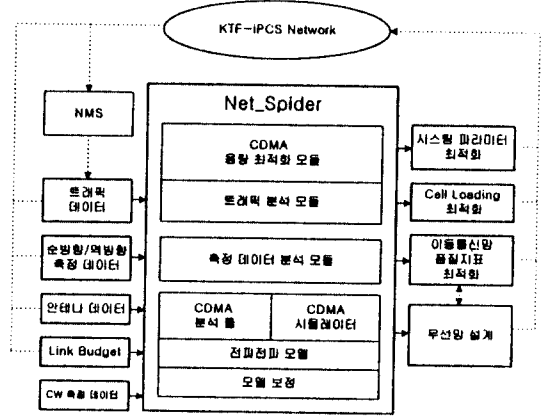


그림 6. Net-spider 기능 모듈 구성도

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

1. 전파전파 예측 모델과 보정 절차

(1) 전파전파 모델

그림 2는 Net-spider에서 전파 분석 결과의 예를 나타낸 것이다. Net-spider에는 전파전파 예측 모델로 Longley Rice, Okumura-Hata, Cost231, Walfisch-Ikegami 모델 등이 구현되어 있다. 기본적으로 오쿠무라-하타 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-Ikegami 모델과 Ray Tracing을 이용한 모델로 나누어 볼 수 있다. Walfish-Ikegami 모델을 살펴보면, 전파전파 특성을

계산하기 위해서는 필요한 데이터로 각 지역에 대한 특성으로, 평균 빌딩 높이, 빌딩간 간격등 비교적 상세한 데이터 베이스를 필요하다. 그러나 현실적으로 지역에 대해 이렇게 상세한 지역특성 데이터 베이스를 구축하기도 어렵고, 또한 시스템의 성능상 너무 많은 데이터를 처리해야 하는 문제 등으로 인하여 실제로 사용하기에 곤란한 점이 있다. Ray 모델도 역시 각각의 건물에 대한 상세한 평면 모양이 필요하다는 점에서 마찬가지로의 제한 요소가 존재한다. 이러한 데이터에 대한 제한요소를 최소화 하면서 마이크로셀에서의 전파전파 특성을 빠르고 정확하게 예측할 수 있는 모델로 Clutter-Diffraction 모델을 구현하였다.

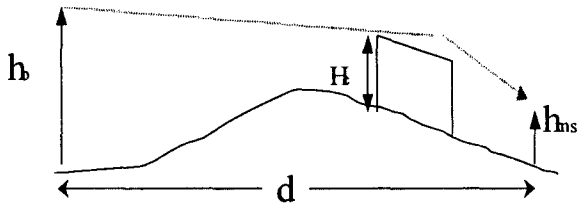


그림7. Clutter-diffraction 모델

Clutter-diffraction 모델은 기본적으로 기존에 존재하는 Okumura-Hata 모델에서 각각의 지역에 클러터를 정의하고, 그림 7에서 보여주는 바와 같이 클러터 유효평균높이(H_c)를 정의하고, 지형의 고도에 클러터 평균 높이를 더하여, Diffraction으로 계산하도록 모델을 개선하였다. 이 모델은 기본적으로 기존에 정의된 Morphology에 유효 평균 높이만을 추가하여 사용할 수 있으며, 계산시간도 Okumura-Hata 모델에 비해 거의 차이가 나지 않아 실용성이 매우 높은 전파전파 모델이다.

(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 행정 구역에 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 분석하므로써, 지역 특성에 따른 전파전파 특성을 가급적 정확하게 이해 할 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 예측모델과 각 모델별로 적합한 보정 모듈을 동시에 구현하므로써, 적절하게 전파전파 특성 예측 모델을 보정할 수 있도록 지원하고 있다. 또한 부가적으로 다양한 측정기로부터 측정데이터를 Import 할 수 있는 기능과, 필터링 된 측정데이터를 Export 할 수 있는 기능을 제공하고 있다.

2. CDMA 분석 모듈

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

(1) 순방향 링크의 셀 반경 분석

CDMA 시스템 순방향 링크의 셀 반경은 1.25MHz 대역내 수신신호의 전력 스펙트럼 밀도에 대한 파일럿 채널의 칩당 평균전력의 비로 정의되는 E_c/I_0 로 결정된다. Net-spider에서는 각 섹터로부터 전파해석 데이터와 채널별 전력 배분 비율을 바탕으로 E_c/I_0 를 계산한다. 셀 반경은 계산한 E_c/I_0 를 시스템 요구조건 $(E_c/I_0)_{req}$ 와 비교하여 결정한다. 소프트 핸드오프 영역에서는 Diversity 이득을 고려하여 $(E_c/I_0)_{ho}$ 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, $(E_c/I_0)_{req}$, 채널별 출력 전력 배분율이 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 수신신호 세기(RSSI : Received Signal Strength Indicator)를 계산하여야 한다. RSSI는 1.25MHz CDMA 대역내 수신신호의 전력으로 CDMA 분석툴에서는 모든 기지국으로부터 신호와 가우션 잡음 신호 전력의 합으로 계산한다. 계산 결과를 바탕으로 서비스 영역을 분석하여 보고서 파일과 지도로 출력할 수 있다.

(2) 역방향 링크의 셀 반경 분석

IS-95A CDMA 시스템에서 역방향 링크의 셀 반경은 트래픽 채널에서 요구하는 통화품질(FER)에 따라 요구되는 $(E_b/I_t)_{req}$ 에 의해 정의된다.

E_b/I_t 는 대역내 수신신호중 트래픽 채널을 제외한 신호의 전력 스펙트럼 밀도에 대한 정보 비트당 전력의 비로 정의된다. CDMA 분석 툴에서는 IF 출력단에서 E_b/I_t 를 규정한다. FER를 결정하는 기저대역 후단에서 E_b/I_t 를 계산하기 위해서는 안테나의 공간 다이버시티 이득, Rake 수신기에 의한 이득, 채널부호화 이득 등을 추가해야 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.

3. CDMA 시뮬레이터

CDMA 시뮬레이터는 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.

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

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

Net-spider에서는 전파해석 결과와 CDMA 분석 결과를 바탕으로 1.25msec로 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.

4. 측정 데이터 분석 모듈

측정 데이터 분석 모듈은 최적화 과정에서 측정 한 데이터를 4절에서 설명한 품질지표로 분석한다. Net-spider는 DM을 사용하여 측정한 순방향 채널 데이터와 DCP, SMAP을 사용하여 측정한 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.

(a) 측정 데이터를 이용한 Best E_c/I₀ 보정 데이터



(b) 측정 데이터를 이용한 Best E_c/I₀ 분석 데이터



그림 8. Best PN 지도

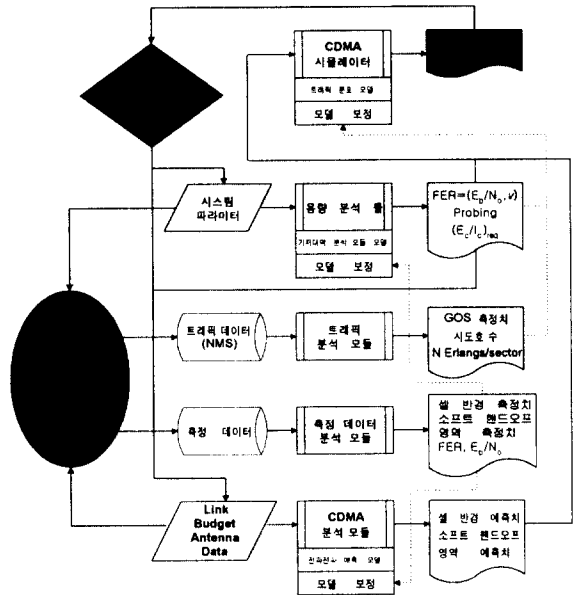


그림 9. 트래픽 분석 흐름도

5. 트래픽 분석 모델

트래픽 분석의 목적은 NMS에서 수집한 호 통계와 트래픽 데이터로부터 각 섹터의 부하 (Loading) 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 9와 같이 KTF-iPCS에서 수집한 트래픽 데이터로부터 GOS를 계산한다. GOS를 초과하는 섹터에 대해서는 분석툴로 Link Budget, 안테나 정보, 시스템 파라미터 등을 조정하면서 GOS를 계산한다. 분석이 완료되면 안테나 조정, 시스템 파라미터 변경, 기지국 섹터의 추가 및 재배치 등 적절한 조치를 취하여야 한다. 무선망에 대한 조정 작업이 완료되면 품질을 측정하고 분석하여 예측치와 비교 평가한다. 이 과정에서 모델 보정이 이루어진다.

Net-spider에서 사용되는 트래픽 파라미터는 다음과 같다.

- 현재 GOS
- 원하는 GOS
- 채널 실장수
- 최대 채널 실장수
- 시도호 수
- 평균 호 점유 시간
- 완료호 수

트래픽 분석에 이용되는 CDMA 분석, CDMA 시뮬레이터, 측정 데이터 분석 모듈의 분석 데이터는 다음과 같다.

- 셀 반경, 용량
- 가입자 분포 데이터
- FER, (E_b/I_0)
- 소프트 핸드오프 영역
- 측정된 GOS

VI. 결론

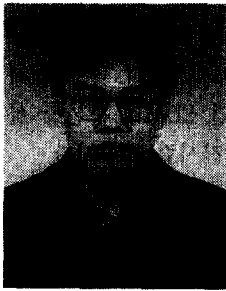
지금까지 CDMA 시스템의 무선망을 구축하여 운용할 때 각 단계별로 필요한 엔지니어링 툴의 모델과 기능에 대해 설명하였다. 한국통신프리텔은 KTF-iPCS 망 최적화와 운용을 위한 CDMA 무선망 설계 및 성능분석 툴로 Net-spider를 개발하여 운용하고 있다. 또한 Net-spider를 엔지니어링 툴로 상용화하기 위해 모델 보정과 사용자 인터페이스 부분을 수정하고 있다. 후반기에 IMT-2000 무선접속방식으로 제안된 광대역 CDMA 분석 및 시뮬레이터 모듈을 추가하여 종합적인 CDMA 무선망 설계와 성능 분석 시스템으로 발전시킬 계획이다.

참고문헌

- [1] D. Parsons, "The Mobile Radio Propagation Channel, Wiley, 1992.
- [2] IEEE VT Soc. Committee on Radio Propagation, "Coverage Prediction for Mobile Radio Systems Operating in the 800/900MHz 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 Results 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" Motorola

안 태 호



좌 정 우

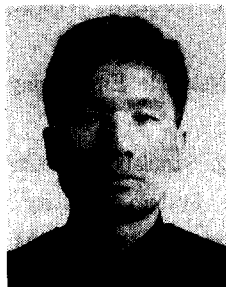
- 85.2 한양대학교 전자공학과 학사
- 87.2 한국과학기술원 전기및 전자공학과 석사
- 92.3~현재 한국과학기술원 정보 및 통신공학과 박사과정
- 87.3~87.7 한국통신 전전자교환기 사업단
- 97.7~92.2 한국통신 품질보증단
- 96.3~96.12 한국통신 무선통신연구소 광대역무선연구팀
- 97.1~97.12 한국통신프리텔 망분석팀, 최적화기획팀
- 98.1~현재 한국통신프리텔 신기술개발팀

- 1983.2 서울대학교 졸(학)
- 1985.2 한국과학기술원 졸(석)
- 1985.4~88.12 한국통신 연구개발원(연구원/KT-internet gateway 설치.운용담당)
- 1989.2~92.8 한국과학기술원 졸(박/마이크로진동계측원리및 측정시스템개발국제공동연구)
- 1992.9~94.3 한국통신 통신시스템개발센터(연구원:정보 전달 기술연구)
- 1994.9~96.12 한국통신 무선통신연구소 무선망설계팀(무선 망설계시스템개발)
- 1997.1~97.6 한국통신프리텔 망분석팀장
- 1997.7~97.12 한국통신프리텔 최적화기획팀장
- 1998.1~ 현재 한국통신프리텔 신기술개발팀장



오 성 목

- 1983 연세대학교 전자공학과 졸업
- 1985 연세대학교 전자공학과 대학원 졸업
- 1986~1996 한국통신
- 1997~ 한국통신프리텔 무선망설계팀장



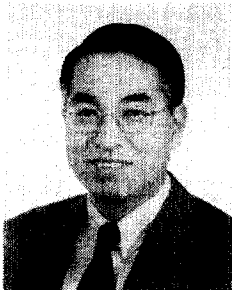
하 태 숙

- 85년 충남대학교 전자과 졸
- 87년 한국과학기술원 전기 및 전자 석사
- 98년 현재 한국통신프리텔 망구축부문 최적화팀장



이 경 수

- 경북대학교 학사 : 1986
- 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사 : 1988
- 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사 : 1992
- 92.10~94.4 한국통신 통신시스템 센터 시스템종합팀장
- 92.4~95.12 한국통신 무선통신연구소 무선제어팀장
- 96.1~96.12 한국통신 무선통신연구소 시스템개발팀장
- 97.1~97.12 한국통신프리텔 기술개발팀장, 개발 1팀장
- 98.1~현재 기술개발 담당(이사)



홍 원 표

- 83 서울대학교 공과대학 전자공학과(석사)
- 87 미시간 대학교 전기공학과(박사)
- 88~94 벨코어 연구원 / 프로그램 매니저
- 94~96 한국통신 연구개발본부 책임연구원
- IEEE Senior Member
- 98.3 현재 : 한국통신프리텔 전략기획실장(이사)