

GIS를 기반으로 한 스펙트럼 엔지니어링 시뮬레이터 설계 및 개발

이 형 수^{*} 정 영 호^{**} 정 진 옥^{***}

요 약

스펙트럼 요구가 증가하고 무선국수가 급증함에 따라 같은 주파수를 공유 또는 재사용 가능성을 평가하는 기반기술인 스펙트럼 엔지니어링 기술에 관한 연구가 시급히 요구되고 있다. 또한 무선 기지국에 대한 서비스 영역이나 기지국 선정등 무선망 설계의 기반기술이 되는 전파분석 기술은 산악이 70%이상인 국내 전파환경상 외국의 연구결과와 차이점이 있을 수 있기 때문에 독자적으로 개발할 필요가 있다. 본 논문에서는 이 두 분야를 동시에 시뮬레이션 가능하도록 전체 구성요소를 제시하였으며, 국내 전파환경에 적합한 전파전파 예측모델을 제시함과 동시에 GIS(Geographic Information System)를 기반으로 무선 기지국 장소 선정을 현장감있게 한 시뮬레이터를 설계 및 구현하였다. 구현된 시뮬레이터를 이용하여 주파수할당, 치국설계, 무선 서비스범위업무에 적용시킬 수 있음을 보였다. 그리고 전파분석 결과를 고찰해 볼 때, 전파전파 예측치와 실측치의 오차는 표준편차 약 5~7dB로서 실용성이 있다고 판단된다.

Design and Implementation of a Spectrum Engineering Simulator Based on GIS

Hyung Soo Lee,^{*} Young Ho Jeong^{**} and Jin Wook Chung^{***}

ABSTRACT

Recently, as the demands for radio spectrum are growing and the number of cell sites is increasing rapidly, the spectrum engineering plays an important role in estimating frequency sharing and reuse. The radio propagation analysis is essential in the basic technology of radio network design such as deciding the service area and selecting the position of the base station. But, domestic propagation environment in which mountainous region is occupying over 70 % of our terrain does not allow us to apply foreign studies which are deduced in highly different environments. Therefore, we need to have our propagation analysis system derived from our own terrain condition. In this paper, we propose the propagation prediction model which is suitable to our propagation environment, and also using this model, we implement the simulator based on GIS(Geographic Information System) which can be applied to both spectrum engineering and radio propagation analysis. We showed that this simulator can well be applied to frequency assignment, propagation network design as well as other radio services. Considering the results of our analysis, we could guarantee the standard deviation of error between the measured data and predicted results as 5 to 7 dB.

1. 개 요

무선통신에서 스펙트럼(주파수) 이용이 매우 밀집화되고 새로운 무선 서비스가 증가함에 따라 더욱 더 스펙트럼에 의존하게 되며 여러 통신 사

업자나 사용자의 요구를 만족시키기 위해서 스펙트럼에 대한 효율적인 이용방안이 절실해지고 있다. 즉, 스펙트럼은 제한된 자원이기 때문에 스펙트럼의 공유 또는 재사용에 의해서 그 효율은 매우 증가하게 된다. 이러한 제한성으로 인해 ITU의 주파수 분배표는 스펙트럼을 가능한 한 두개 이상의 서비스가 공유할 수 있도록 지침을 만들었다.

* 정 회 원 : 한국전자통신연구소 선임연구원

** 정 회 원 : 한국전자통신연구소 연구원

*** 중 신 회 원 : 성균관대학교 정보공학과 교수

논문접수 : 1995년 10월 12일, 심사완료 : 1995년 11월 20일.

이와 같이 같은 주파수 대역내 주파수를 공유 또는 재사용 가능하도록 평가할 수 있게 하는 기반기술을 스펙트럼 엔지니어링 기술(또는 EMC : ElectroMagnetic Compatibility)[1]이라 하며 1980년대 초부터 컴퓨터를 이용한 계산방법[2, 3, 4]이 도입되기 시작하였으며 현재 ITU-R SG1(Spectrum Management) 산하 WP1A, WP1B[5]에서 주로 다루어지고 있다.

무선국 계획과 설치단계에서의 장소선정, 주파수 선정, 시스템 성능 평가 등은 무선시스템 망 설계에 매우 중요하다. 그러나, 무선 기지국에 대한 서비스영역이나 기지국 선정시 현장에서의 측정에 의존하여 왔으며, 이런 방법은 그 영역이 크거나 계획 기지국의 수가 많을 경우 장비나 인원의 과중한 부담은 물론 많은 시간이 소요된다. 또한 그 결과물도 장비의 정확성이나 신뢰성에 크게 좌우되기 때문에 소요 비용도 막중할 뿐만 아니라 필요로 하는 정보도 제한된 지점에서의 측정값을 표시하는데 그치고 있다.

이러한 제한점을 해결하기 위하여, 1970년대 초반 Edward와 Durkin[6]에 의해서 지형 데이터베이스와 컴퓨터를 이용한 서비스 영역예측에 관한 연구가 시작된 이후, 선진 각국에서는 전파분석 기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. [7, 8, 9, 10, 11, 12]

이러한 스펙트럼 엔지니어링 기술과 전파분석 기술은 전파전파 예측과 전파간섭 계산을 기반으로 하고 있기 때문에 매우 밀접한 관계를 갖는다. 이 두 분야의 기술은 매우 복잡하고 많은 노하우를 필요로 하기 때문에 특정 국가에서만 활발히 진행되었으며 산악이 많은 국내 전파환경에서는 그 정확성이 떨어질 뿐만 아니라 두 분야의 기술을 종합화하려는 노력도 미비하였다.

본 논문에서는 스펙트럼 재사용과 공유에 필요한 스펙트럼 엔지니어링 기술의 제시와 한국지형에 적합한 전파전파 예측모델을 이용한 전파전파 분석을 GIS[14, 15]를 기반으로 현장감있게 시뮬레이션 할 수 있는 스펙트럼 엔지니어링 시뮬레이터를 설계, 구현하였다.

본 논문의 2장에서는 전체 구성요소와 특성 및 요구되는 기능에 대해 살펴보고 3장에서는 이러한 기능이나 계산에 대한 알고리즘을 설계하

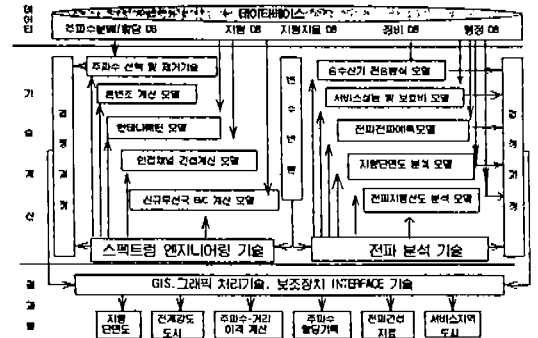
였으며 4장에서는 구현된 시뮬레이터를 활용하여 주파수 할당업무, 무선 기지국 치국업무, 무선국 서비스범위 결정업무에 적용된 예를 보였으며 시뮬레이션된 전파전파예측의 정확성을 고찰하여 보았다.

2. 스펙트럼 엔지니어링 구성요소

스펙트럼 엔지니어링 기술과 전파분석 기술을 구현하기 위해 (그림 1)과 같이 무선관련 데이터부분과 이러한 데이터를 이용한 스펙트럼 엔지니어링 기술과 전파분석 기술이 적용되는 부분 및 처리된 결과 부분으로 나눌 수 있다.

데이터분야에서는 전파환경을 분석하기 위한 지형, 지물정보, 장비데이터(송신기의 selectivity, susceptibility, 송신출력, 수신기의 sensitivity), 무선국의 위치, 그리고 주파수 인가날짜 등의 행정 데이터가 요구된다. 스펙트럼 엔지니어링 기술분야에서는 두개 이상의 신호가 혼합되어 다른 주파수의 신호가 발생하는 혼변조(intermodulation) 계산, 인접 채널간의 간섭계산, 출력에 따른 두 주파수간의 이격 간격 및 공간적인 이격 거리, 새로운 무선국 위치선정시 간섭계산 등의 모델과 주파수 공유를 위한 여러 파라미터들, 즉, 송수신기 제원, 안테나, 수신 허용레벨, 잡음 등이 모델링되어야 한다.

또한, 전파분석 기술분야에서는 송수신 안테나 사이의 장애물이나 지형특성을 위한 전파경로상의 지형단면도, 전파 가시거리를 보여주는 지평선도, 그리고 가장 중요한 전파전파 예측모델이



(그림 1) 스펙트럼 엔지니어링 시뮬레이터 전체구성도 (Fig. 1) Overview of spectrum engineering simulator

요구된다. 전파전파 예측모델에서 다룰 주파수 대역은 30MHz ~ 40GHz 범위이며 이 대역의 전파환경 특성은 아래와 같다.

- 대류권 전파는 이온층 영향을 받지 않기 때문에 매우 안정적인 특성을 가지며 대기층, 습도, 온도, 압력, 강우 등과 같은 기상 요인에 영향을 받는다.
- 주파수가 증가함에 따라 전파는 제한된 지역 내에서는 직선 경로에 가깝게 전달되므로 많은 지역에서 동일 주파수를 공유할 수 있다.
- 제한요소로서 M/W대역(3GHz~40GHz)에서는 가시거리(line of sight) 운영시 40~70km 거리로 전파가 제한되며, V/UHF 대역(30MHz~3GHz)에서는 가시거리 조건이 필요하지 않으나, 회절, 다중경로 반사, 지형굴곡 등에 제한을 받는다.

3. 계산 알고리즘 및 지형데이터 설계

3.1 지형 단면도 계산

대기층의 전파는 굴절현상으로 인해 곡선을 그리며 진행하므로 전파의 진행경로가 갖는 곡률의 정도에 따라 실제 지구반경을 지구반경계수(k)를 반영한 유효지구반경으로 적용하여 지형 단면도를 나타낸다. 이렇게 하면, 전파의 진행경로를 직선으로 나타내어 표시할 수 있으므로 전파경로의 특성판단이 매우 용이하며 송수신국간의 필요한 장애물 정보를 쉽게 알아볼 수 있다. 또한 안테나 고도변화에 따른 간섭량의 정도를 쉽게 파악할 수 있으므로 무선국 치국설계에 유용하게 쓰이게 된다.

대기굴절에 의한 전파경로의 곡률과 지구곡률과의 관계를 나타내는 유효지구반경계수 k 는 다음과 같다.[15]

$$k = \frac{157}{157 - \Delta N} \quad (1)$$

이 식은 유효지구반경 ($a_i = (1/a + dN/dh \cdot 10^{-6})^{-1}$)을 실제지구반경(a)으로 정규화한 것으로, ΔN 은 지상으로부터 1km 내의 대기중 평균 전파굴절지수의 변화량(한국은 약 50)을 나

타낸다.

지형 단면도를 도시할 때 지형고도는 유효지구반경계수와 실제지구반경이 곱해져 나타나는 용기된 지표면 위에 표시되어야 한다. 지형 단면도의 작도를 위해서는 먼저 지표면의 용기를 나타내는 고도별 평행곡선이 작성되어야 하며 이것은 유효지구반경계수 k 와 관련하여 다음과 같이 계산된다.

$$h = \frac{4}{51} \frac{d_1 d_2}{k} \quad (2)$$

여기에서 d_1 , d_2 는 각각 송신국과 수신국에서 일의 지점까지의 거리를 킬로미터 단위로 나타낸 것이며, k 는 송신국에서 d_1 거리에 위치하는 지점의 용기를 미터단위로 나타낸 값이다. 상수 값은 유효지구반경을 토대로 기하학적 계산에 의해 얻어진 각 변수들의 상호관계를 정규화한 값이다.

송수신 지점간의 안테나를 잇는 직선을 축으로 그려지는 프레넬반경 곡선은 다음 식을 이용하여 얻을 수 있다.

$$F_n = [n \cdot \lambda \cdot d_1 d_2 / d]^{1/2} \quad (3)$$

여기서, d = 송수신지점 사이의 거리

n = 프레넬 타원체의 차수

λ = 파장(m)

3.2 전파 지평선도 계산

전파 지평선도는 송신 또는 수신지점을 기준으로 하여 전파 지평선까지의 거리와 기준점에서의 양각을 나타내며, 얻어진 양각과 전파 지평선까지의 거리정보는 어떤 기지국으로부터 가시지역 범위를 도시하거나 위성 지구국 설계시 입력 파라미터로 사용된다.

기준점으로부터 전파 지평선까지의 양각은 다음 식에 의해 계산된다.

$$\theta = \max(\arctan((h_i - h_0)/d_i)) \quad i=2,3,\dots,N \quad (4)$$

h_i 는 추출된 지형데이터의 고도와 유효지구반경계수를 감안한 높이이며, h_0 는 기준점에서의 고도와 안테나 높이를 더한 값이다. d_i 는 기준점으로부터 조사지점까지의 거리를 나타내며, N -

1개의 얻어진 양각중 최대가 되는 지점이 전파 지평선이 나타나는 지점이다.

본 시뮬레이터에서는 처리속도를 개선하기 위하여 매 10km마다 가장 높은 지형고도를 선정하여 양각을 계산한 후 각 구간의 양각과 비교함으로써 최대 양각을 구하는 알고리즘을 사용하였다.

3.3 혼변조 계산

인접한 지역내에서 많은 무선 시스템이 서비스를 제공하는 경우, 사용중인 주파수의 혼합(mixing)에 의해 다른 시스템에 간섭이 일어날 수 있으며 이러한 현상을 혼변조라 한다.

혼변조 현상이 일어나기 위해서는 다음과 같은 주파수 상관관계가 만족되어야 한다.

$$f_0 = \pm m f_1 \pm n f_2 \pm p f_3 \dots \quad (5)$$

여기서,

f_0 : 혼변조를 일으키는 주파수

$f_i(i=1, 2, 3, \dots)$: 수신기에 입력되는 주파수

m, n, p : 양의 정수

혼변조 분석시 대부분 2신호 3차만을 고려하는데, 이는 실제 동작중인 시스템에서 3신호 3차 혼변조가 발생하는 경우가 드물며, 2신호 5차 혼변조 간섭은 간섭신호의 레벨이 약 15dB 이상이어야 일어나기 때문이다[13].

3.4 주파수 간격이격, 거리이격 계산

주파수와 송신기 출력으로부터 원하는 신호와 피간섭수신기 특성사이의 상호간 최소주파수 이격간격 및 장소 분리기준을 정량화하는 기본적인 방법으로 FDR(Frequency Dependent Rejection)과 FD(Frequency-Distance)를 이용한다. 이 중, FDR 은 간섭송신기 방사스펙트럼이 피간섭수신기 선택도에 의해 감쇠된 양으로서 다음과 같이 정의된다.

$$FDR(\Delta f) = 10 \log \left[\frac{\int_{-\infty}^{\infty} S(f) df}{\int_{-\infty}^{\infty} S(f) R(f + \Delta f) df} \right] \quad (6)$$

여기서,

$S(f)$: 간섭 송신기 전력 스펙트럼 밀도 (W/kHz)

$R(f)$: 간섭 송신기에 동조된 희생 수신기의 선택도

Δf : (간섭 송신기 동조 주파수-희생 수신기 동조 주파수)

또한, FDR 은 간섭송신기의 동조 주파수와 피간섭수신기 동조 주파수가 일치할 때의 감쇠량과 일치하지 않을 때의 감쇠량의 합으로 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$FDR(\Delta f) = OFR(\Delta f) + OTR \quad (7)$$

여기서,

$OFR(\Delta f)$: 간섭송신기와 피간섭수신기의 동조 주파수가 다를 때 저지된 양 (dB)

$$OFR(\Delta f) = 10 \log \left[\frac{\int_{-\infty}^{\infty} S(f) R(f) df}{\int_{-\infty}^{\infty} S(f) R(f + \Delta f) df} \right]$$

OTR : 간섭송신기와 피간섭수신기가 동일 주파수로 동조되었을 때 저지된 양 (dB)

$$OTR = 10 \log \left[\frac{\int_{-\infty}^{\infty} S(f) df}{\int_{-\infty}^{\infty} S(f) R(f) df} \right]$$

주파수-거리 관계를 나타내는 FD곡선은 간섭송신기와 피간섭수신기가 간섭을 일으키지 않고 서로 존재할 수 있도록 하는 주파수와 거리분리의 상호절충(trade-off)을 나타내는 것으로 아래 식과 같다.

$$L_s(d) + FDR(\Delta f) > \text{Required total loss} \quad (8)$$

즉, 간섭송신기와 피간섭수신기 사이의 거리함수로써 나타나는 손실항($L_s(d)$)과 동조 주파수의 차이로써 나타나는 손실항($FDR(\Delta f)$)과의 합이 간섭 송신기와 피간섭수신기 사이에 필요로 하는 총 손실보다 커야만 피간섭수신기는 정상 동작할 수 있다.

3.5 신규 무선국 전파간섭계산

기존의 EMC 환경에 새로운 무선 기지국을 제안할 경우 예측 간섭수준과 희망 간섭수준을 비교하여 신규 무선국의 주파수와 거리가격을 선택할 수 있어야 한다. 이를 위해 예측 간섭수준(I)을 결정해야 하며, 이는 제안된 무선 기지국의 송출전력을 기존 수신기 입력단에서 어느 정도 수신하는지를 정량화한 값으로, 신규무선국과 수신기 사이에서의 이득과 손실의 합수로써 계산할 수 있다.

$$I = P_t + G_t + G_r - L_b - OFR - L_s \quad (\text{dB}) \quad (9)$$

여기서,

- P_t : 신규 무선국 송신기 전력 (dBW)
- G_t : 신규 무선국 안테나 이득 (dBi)
- G_r : 기존 수신기 안테나 이득 (dBi)
- L_b : 신규 무선국과 기존 수신기 사이의 기본 전송 손실 (dB)
- OFR : 비동조시 주파수 저지량 (dB)
- L_s : 추가 시스템 손실 (dB)

예측 간섭수준과 사용자 정의간섭 수준을 비교하여 신규 무선국의 주파수를 변화시키든지 혹은 기존 수신기와 의 거리를 조정한다든지 하여 신규 무선국의 EMC를 계산할 수 있다.

3.6 전파전파 예측모델

전파전파 예측모델은 전파 특성상 크게 40MHz~3GHz(V/UHF)대역과 3GHz~30GHz(M/W)대역으로 구분할 필요가 있다.

V/UHF대역 전파 예측모델은 ETRI에서 과거 2년동안 국내 여러 지점의 전파측정을 통한 실측값을 근거로 컴퓨터에 적용하기 용이하도록 식(10)의 형태로 표현하였으며[14], 특히 이동통신 업무를 중심으로 하였다.

$$E = FS + A_L + D_L \quad (10)$$

여기서 FS 는 개활지역의 전계강도이며, A_L 은 도시형태를 밀집 대도시(15층이상), 대도시(15층~5층), 중소도시(5층이하), 시골(3m이하)로 구분하여 적용한 안테나 높이에 따른 보정값이다. D_L 은 산악 등 장애물에 따른 회절 손실값이다.

M/W대역 전파 예측모델은 식(11)과 같이 ITU-R의 권고안 452[15]에서 제시된 모델을 이용하였으며, 시간율에 따라 식(12)를 반영하도록 표현되었다.

$$L_1 = L_f + A_r + L_d \quad (11)$$

$$L_2 = L_s + L_r \quad (12)$$

여기서 L_f 는 전파의 자유공간 손실을 나타내며 A_r 는 수증기 및 대기흡수 손실, L_d 는 장애물에 따른 회절 손실이며, L_s 는 ducting에 의한 비정상 전파손실, L_r 는 대류권 산란에 의한 손실이다.

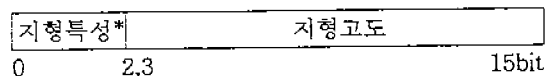
3.7 지형데이터 설계

전파분석에 요구되는 지형고도와 특성정보는 '89년도에 ETRI에서 개발된 경위도 15분 간격의 지형데이터를 사용하였으며 데이터 검색성능 향상을 위해 다음과 같이 재설계하였다. 즉, 남한 전체를 경도 1도, 위도 1도 간격인 18개의 화일(화일명: 126E36N,...,128E38N)로 구성하였으며 화일 내부는 하나의 데이터(cell: 2바이트)가 1초(30m)인 매트릭스 구조로 가로 index($c=0, \dots, 3601$)와 세로 index($r=0, \dots, 3601$)로 다음과 같이 표현된다.

$$Cell_{cr} = \begin{pmatrix} C_{0 \cdot 3601} & \dots & \dots & \dots & C_{3601 \cdot 3601} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_{0 \cdot 0} & \dots & \dots & \dots & C_{3601 \cdot 0} \end{pmatrix}$$

또한 하나의 셀은 (그림 2)와 같이 2바이트로 구성되어 있으며 이 중 12비트는 고도정보(표현 가능 높이는 4096m)이며 4비트는 지형 특성정보로 구성되어 있다.

2BYTE



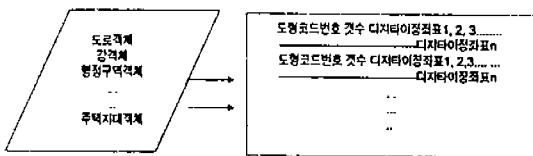
- * 1: 밀집도시 2: 도시
- 3: 산림지역 4: 개방지
- 5: 교외지역 6: 바다
- 7: 강, 호수

(그림 2) 지형데이터 구조
(Fig. 2) Structure of topographic data

이러한 지형정보와 더불어 기지국 선정시 주변 환경 분석과 현상감있는 분석을 위해 행정도계, 도로 등의 지물정보(도형)를 같은 좌표체제로 프로젝션시킬 수 있도록 하였다. 이 때 도형데이터는 기존의 각 도형별로 layer라는 개개의 도형별 파일 분류방식이 아니라 (그림 3)과 같이 각 지역별 파일내에 도형요소마다 고유한 코드번호를 갖는 객체로 분류하여 저장함으로써 데이터공간을 최소화하도록 설계하였다.

4. 시뮬레이션 결과

본 시뮬레이터는 SUN-SPARC 20 워크스테이션, 솔라리스 2.4 운영체제하에서 C언어로 구현하였으며 아래와 같은 세 가지 업무를 위주로 시뮬레이션 하였다.

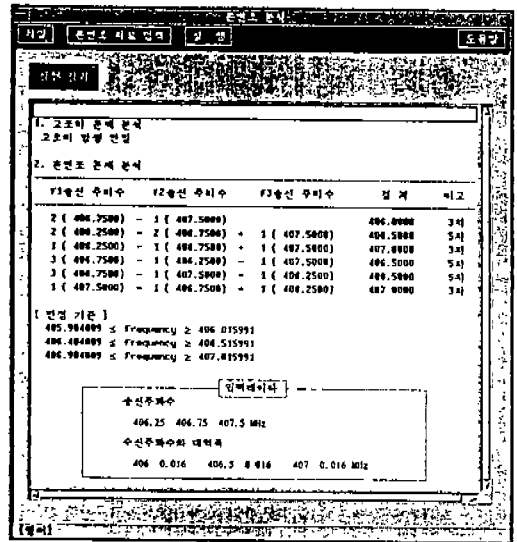


* 디지털이점좌표는 화면출력시 경리도좌표로 변환됨

(그림 3) 지물정보(도형)데이터 구조
(Fig. 3) Structure of geography-related data

4.1. 주파수할당 분야

스펙트럼의 효율을 높이기 위해 주파수 할당시, 기 허가된 주파수의 공유가능성을 검토하기 위한 처리과정은 (그림 4)와 같다. 기존 무선국과의 혼신여부를 판정하며 이때 인접한 지역내에 여러 무선 기지국이 설치되어 있을 경우에는 혼신조 가능성에 대한 평가(그림 5)를 한 후 주파수를 할당한다.



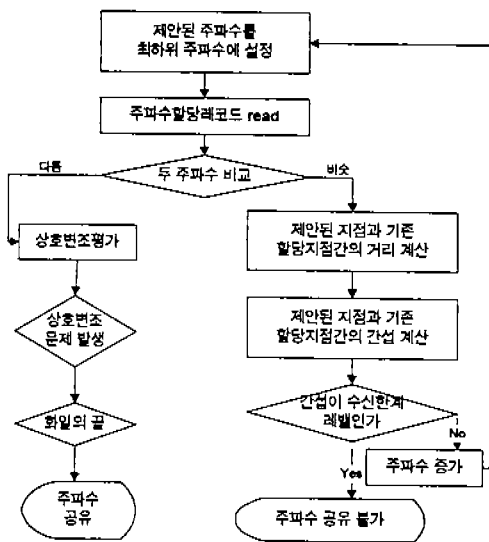
(그림 5) 혼변조 계산 예
(Fig. 5) Example of intermodulation

4.2 무선 기지국 치국계획

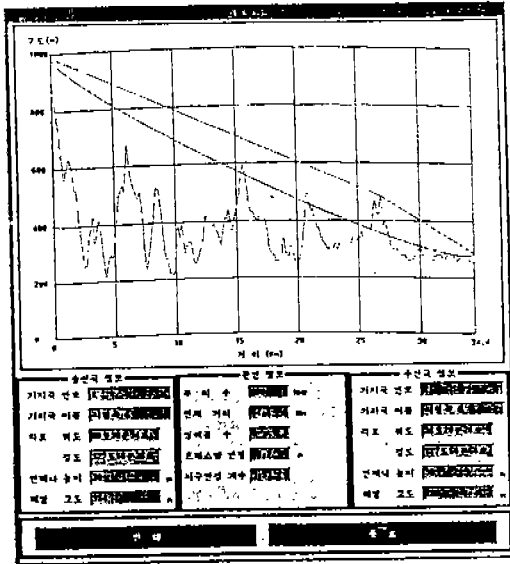
새로운 무선 기지국을 세우려고 할 경우 많은 시간과 경비가 소요된다. 이와 같은 무선국 치국을 위해 일반적으로 사전에 다음과 같은 검토가 선행되어야 한다.

- 제안된 무선구간의 지형장애물에 의한 영향 여부
- 제안된 기지국의 주변 환경(도로, 전력, 행정 구역 등) 분석

주변환경 분석은 GIS를 이용하여 분석할 수 있으며, 전파경로의 확인을 위해(그림 6)의 지형 단면도와 전파 지평선도 등을 그려 컴퓨터 상에서 실시간으로 검증한다.



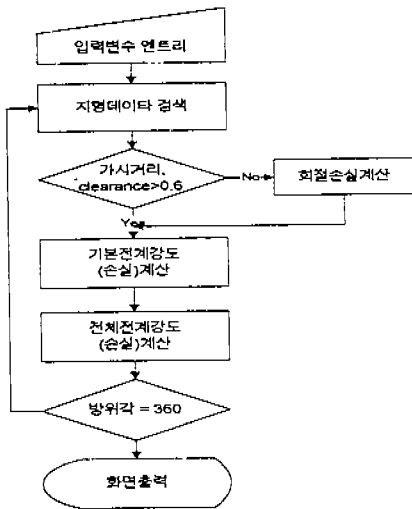
(그림 4) 주파수공유 처리절차
(Fig. 4) Procedure of frequency sharing



(그림 6) 지형단면도
(Fig. 6) Example of path profile

4.3 무선국 서비스 범위 결정

서비스범위 예측과정은 (그림 7)과 같이 고정된 송신 기지국과 동일 경로상으로 이동하는 수신국간을 연결하는 각 지점에 대해 각각 전계강도(전파손실)를 계산하며, 송신점을 중심으로 360도 전방향에 대해 전계강도(전파손실)를 예측한다.



(그림 7) 무선서비스범위 예측절차
(Fig. 7) Procedure of prediction for radio service coverage

전파손실이 수신한계값(threshold level)보다 작으면 서비스 가능지역으로 판정하며, 크면 서비스가 어려운 지역으로 볼 수 있다. 이러한 서비스 범위 결정시 고려해야 될 중요 인자로서 페이딩과 서비스 장소(건물, 지하 등)에 따른 설계값의 가변성으로 인하여 (그림 8)과 같이 약 3~6개의 서비스 단계를 두어 색으로 구분하도록 하였다.



(그림 8) 서비스 범위도시 예
(Fig. 8) Example of coverage display

4.4 결과 고찰

지형 단면도와 전파전파예측, 전파분석시 정확성에 대한 중요한 요소로서 지형정보를 들 수 있다. 지형정보의 정확성을 검토하기 위하여 지도에서 수작업으로 추출한 고도와 비교하였다. 대상이 된 주요 지점은 고정통신 산악 경로와 지역별로 약 2,000개 지점에 대해 비교한 결과 <표 1>과 같이 산악지형에 대해서는 정확성이 높았으나 도시지역에서는 그 오차가 컸다.

그리고 전파전파예측 비교는 4개지역의 약 100개 지점에 대해 예측한 결과치와 실측치간을 비교한 결과 <표 2>와 같이 지역별로 약 5~

〈표 1〉 지형정보 정확도
(Table 1) Correctness of topographic data

| 항 목 | 산악지형 | 도시지역 |
|---------|------|-------|
| 대 상 수 | 500 | 1,500 |
| 평 균 차 | 3m | 15m |
| 표준편차 | 10m | 35m |
| 최 대 차 | ±50m | ±85m |
| 정확도*(%) | 95 | 91 |

*지형고도정보의 전체중 지도의 등고선 높이와 ±20m이하 차이가 나는 비율

〈표 2〉 전계강도 예측 정확성
(Table 2) Accuracy of propagation prediction

| 지 역 | 측정지점 수 | 전계강도 오차의 표준편차 | 비 고 |
|------|--------|------------------|-----------------------------|
| 대도시 | 35 | 6.89 | 160MHz,320MHz, 시청,논현동 부근 |
| 중소도시 | 25 | 6.56 | 160MHz,320MHz, 홍천,수유리 부근 |
| 개발지 | 25 | 5.5 | 160MHz,320MHz, 평택,김제 부근 |
| 산악지 | 15 | 7.3 | 160MHz,320MHz, 인제 근측령 부근 |

7dB정도의 결과를 얻을 수 있었다. 이 결과는 외국의 전파예측 관련 논문[8, 9, 10]에서 나온 6~10dB인 것과 비교하면 실용성이 있다고 볼 수 있다.

그러나 본 전파예측모델은 1km~20km에서 측정된 데이터를 바탕으로 하였기 때문에 이 거리 이외에서는 그 정확성이 떨어질 것으로 예상된다.

5. 결 론

본 시뮬레이터는 무선 기지국 상호간의 정밀한 간섭계산 등에 의해 동일 주파수의 공유, 재사용을 가능하게 함으로써 주파수 이용 효율을 높일 수 있으며, 무선망 설계시 전파전파 예측모델과 GIS를 사용하여 기지국 선정 및 전계강도 예측을 할 수 있다. 또한 전파전파 예측치와 실측치와의 오차에 대한 표준편차는 약 5~7dB로서 전파 분석업무에 적용될 수 있다고 판단된다.

그러나, 이 시뮬레이터의 전파분석 분야는 일반적인 무선 서비스의 전계강도 예측에 적용되는 것이므로 특정 서비스에 대한 무선망 엔지니어링 분석시에는 그 업무에 적합하도록 일부 수정하는

작업이 요구된다.

일부 도시지역의 지형고도 에러에 대한 보완 작업 및 전파전파 예측시 바다, 터널, 건물 등 여러 가지 경우에 대한 전파특성연구가 진행 중에 있으므로 향후에는 보다 더 정확한 시뮬레이션이 가능하리라 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] Fredrick Matos, 'Spectrum Management and Engineering', pp.295~301. IEEE PRESS, New York, 1985.
- [2] W. I. Harada, "Techniques for Implementing a Frequency Spectrum Engineering System." Telebras Review, No.4, Dec.1982.
- [3] David J.Cohen, 'Spectrum sharing factors in the twenty-first century', NTIA, USA, 1994.
- [4] R.G.Struzak, "Microcomputer Modelling, Analysis and Planning in Terrestrial Television Broadcasting," Telecommunication Journal, Vol.58, pp.459-493, 1992.
- [5] ITU-R, 'Spectrum Management & Computer-Aided Techniques', Geneva, 1990.
- [6] Edwards R. and Durkin J., "Computer Prediction of Service Area for VHF Mobile Radio Networks," Proc. IEEE, Vol. 116, No.9, pp.1493-1500, 1969.
- [7] Neal H. Shepherd, et al, "Coverage Prediction for Mobile Radio Systems Operation in the 800/900MHz Frequency Range," IEEE Trans. on Veh. Tech., Vol.37, No.1, pp.5-67, Feb.1988.
- [8] Djordje S. Paunovic, et al, "Choice of a Suitable Method for the Prediction of the Field Strength in Planning Land Mobile Radio Systems," IEEE Trans. on Veh. Tech., Vol.VT-33, No.3, pp.259-265, Aug.1984.
- [9] John F. Aurand and Robert E. Post., "A Comparison of Prediction Methods

for 800MHz Mobile Radio Propagation,"
IEEE Trans. on Veh. Tech., Vol.VT-34,
No.4, pp.149-153, Nov.1985.

- [10] James H. Whitteker, "Measurement of Path Loss at 910 MHz for Proposed Microcell Urban Mobile Systems," IEEE Trans. on Veh. Tech., Vol.37, No.3, pp. 125-129, Aug. 1988.
- [11] Y. Okumura, et al, "Field Strength and Its Variability in VHF and UHF Land-Mobile Radio Service," Review Elect. Comm. Lab., Vol.16, pp.825-873, 1968.
- [12] M. Hata, "Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services," IEEE Trans. on Veh. Tech., Vol. VT-29, pp.317-325, Aug.1980.
- [13] CCIR, XVth Plenary Assembly, Vol.V, Report 567-1, Rec.370-4, Rec.239-4, Geneva, 1982.
- [14] Hyungsoo Lee, Sammo cho, Sungsoo Lee, Hyuckjae Lee, Jinwook Chung, "The Prediction Model of Received Power using Computer in the Frequency Band of Pager Service," Asia Pacific Microwave Conference, Vol.1, pp.430-433, Oct. 1995.
- [15] ITU-R, '1994 PN Series Volume : Propagation in Non-Ionized Media', pp.375-406, Geneva, 1994.
- [16] 연상호, 이상역, 'GIS 개론 및 실습', 한울 아카데미, 1994
- [17] 데이터베이스연구회, '95 GIS S/W 개발에 관한 워크샵', 한국정보과학회, Feb.1995.



이 형 수

1980년 경북대학교 전자공학과 학사
1986년 연세대학교 전자계산학과 석사
1994년 성균관대학교 정보공학과 박사과정 수료
1983~현재 한국전자통신연구소

선임연구원
관심분야 : 전파전파특성,무선망설계엔지니어링, 컴퓨터/네트워크보안, 데이터통신



정 영 호

1992년 전북대학교 전자공학과 학사
1994년 전북대학교 전자공학과 석사
1994년~현재 한국전자통신연구소 연구원

관심분야 : 스펙트럼관리, 전파 전파특성, Neural Network, 음성인식



정 진 욱

1974년 성균관대학교 전기공학과 학사
1979년 성균관대학교 전자공학과 석사
1991년 서울대학교 계산통계학과 박사
1982년~85년 한국과학기술연

구소 실장
1981년~82년 Racal Milgo Co. 객원연구원
1985년~현재 성균관대학교 정보공학과 교수
관심분야 : 네트워크관리, 네트워크보안, 고속 및 무선통신프로토콜