

## 3차원 지형 데이터 생성과 무선망 설계 응용

한국통신 정현민 · 정미영

### 1. 서 론

국내의 무선통신 서비스는 황금알을 낳는 거위와 같이 매년 급속한 폭으로 가입자수 및 매출액의 증가를 기록하여 이동 전화 가입자는 2,000만 명을 넘어서고 있다. 이러한 가입자의 증가에 따라 무선 분야의 매출액이 유선 분야를 추월하는 현상을 나타내고 있다. 또한 서비스의 종류도 단순한 음성 통화에서 점차 이동성이 보장되는 인터넷 서비스 등으로 확장되고 있다. 2002년 서비스가 시작될 것으로 예상되는 IMT-2000(International Mobile Telecommunication)의 경우 최대 2 Mbps의 전송 속도를 제공하므로 고속의 인터넷 서비스뿐만 아니라 상대방의 얼굴을 보면서 통화를 하는 동영상 서비스까지 가능하다. 또한 전세계 어디에서나 자신의 단말기로 통화가 가능한 꿈의 통신, 혹은 궁극적인 무선 통신 서비스라고 비유된다.

무선 통신 서비스에서 가입자 단말기는 사용시간 증대와 휴대성의 편의를 위해 소출력과 소형화를 추구하게 된다. 또한 한정된 주파수 자원을 효율적으로 이용하기 위해 기지국도 소출력화되고 있다. 따라서 가입자가 언제, 어디서나 원하는 서비스를 보장받기 위해서는 최적의 지역에 기지국을 설치하여 전파 음영 지역을 해소하고 사업자의 투자비를 최소화하여야 한다. 기지국의 설치 지형, 지역의 특성(도심, 공원, 주택가 등), 통화 트래픽 등의 여러 요소를 고려하여 적절한 위치에 설치하게 된다. 이러한 정보는 대부분 GIS(Geographic Information System) 데이터에서 얻어지며 특히 무선망 설계 분야에서는 주

로 벡터, 라스터, DEM(Digital Elevation Model), 이미지 정보를 사용한다. 무선망설계를 위해 GIS DB를 구축하기 위한 방안은 위성 혹은 항공사진을 이용하여 새롭게 구축하거나 국립지리원 등을 통해 이미 구축된 데이터를 활용하는 것이다. 본 논문에서는 위성사진을 이용한 GIS DB 구축과 무선망설계시 활용 방안에 대해 기술한다. 2절에서는 GIS 데이터와 무선망 설계 시스템과의 관계를, 3절에서는 GIS DB를 구축하기 위한 방안으로 위성데이터 활용에 대해 언급하고 4절에서는 구축한 GIS 데이터를 저장하고 분석하기 위해 설계한 내부 포맷과 함께 구현한 지형 데이터 처리 시스템 ConCEPT/geo에 대해 설명한다. 5절에서는 한국통신의 차세대 무선망 설계 시스템인 ConCEPT ver. 2.0의 기능 사례를 통해 지리 정보와 무선 분야의 결합을 통한 응용 분야를 소개한다.

### 2. GIS 데이터와 무선망설계 시스템

무선망 설계시스템은 서비스 대상지역의 지형 분석과 전파해석을 수행한다. 이러한 작업은 GIS DB 구축을 기본으로 하는데 IMT-2000 무선망 설계를 위해서는 마이크로 전파해석과 매크로 전파해석을 모두 고려해야 하므로 이에 적합한 축척의 GIS DB 구축이 선행되어야 한다. GIS DB를 구축하는 작업은 많은 시간 및 비용을 필요로 한다. 따라서 무선망 설계시스템의 경제성과 성능을 높이기 위해서는 GIS DB 구축 및 처리 효율을 높이는 것이 중요하다. 또한 지형 데이터는 벡터 데이터와 라스터 데이터, 이미지 데이터로 구분할 수 있으며 크기와 성격에 차이가 있으며

로 목적에 따라서 적합한 형태를 선택하여 표현해야 한다.

지형데이터는 기지국 설치 및 커버리지 분석을 위한 목적으로 사용되는데 전파해석 환경에 따라서 구분되는 매크로 혹은 마이크로 셀 분석에 따라 요구되는 지형데이터의 정밀도와 종류가 달라지게 된다. 모폴로지(Morphology) 데이터는 도심, 도로, 습지 등과 같이 지형의 속성값을 가지는 형태로 통신량을 나타내는 트래픽 데이터, 수치표고모델(DEM : Digital Elevation Model)과 함께 마이크로 및 매크로 셀 전파해석에 적용되며 건물, 도로 데이터는 정밀한 분석을 요구하는 마이크로 셀 전파해석에 주로 참조된다. 위성/항공 사진과 같은 이미지는 건물, 도로, 행정명, 행정 경계 등의 데이터와 함께 기지국 설치와 커버리지 분석시 위치 확인을 분명히 하고 분석한 결과 도시를 위한 형태로 사용된다. 모폴로지와 트래픽, DEM 데이터는 전파해석시 반복 접근되는 빈도가 높은 데이터이므로 저장공간을 많이 차지하나 즉각적인 값을 구하기 용이한 라스터 데이터로 표현하고, 건물, 도로와 같이 지형지물 상의 위치점이나 반사점을 구하는 등 비교적 정밀한 분석을 요구하는 경우는 벡터데이터로 표현하는 것이 효율적이다. 구현한 무선망 설계시스템 ConCEPT에서 전파해석결과 커버리지를 저장하는 형태로도 라스터 데이터를 사용한다.

### 3. 위성 사진의 활용방안

이전에는 항공사진을 이용하여 구축되는 수치지도 작업이 주로 이루어졌으나 근래에 들어 위성사진 처리 기술이 발달함에 따라 3차원 입체모델의 생성, 정사사진 제작, 수치지도 제작 등의 작업이 위성사진을 대상으로 진행되게 되었다. 항공 사진에 비해 인공위성 사진은 경제적인 가격으로 한번에 넓은 지역의 자료취득이 가능하고 지리적으로 접근 불가능한 지역에 대한 자료수집이 가능할 뿐 아니라 동일한 지역에 대해 주기적인 자료 수집이 가능하므로 데이터의 갱신이 용이하다. 또한 즉각적인 수치영상 취득이 가능하므로 별도의 스캐닝에 따른 번거로움과 왜곡을 피할 수 있으며 광학적 혹은 전자적 센서를 사용함으로써 육안으로 관측이 불가능한 자료도 분리하여 수집할 수 있다는 장점을 갖는다[7,12].

위성사진은 미국의 Landsat(TM)과 프랑스의 SPOT, 캐나다의 Radarsat, 인도의 IRS 등과 고해상도 위성사진으로 IKONOS, KVR-1000 등이 사용된다. 위성사진은 자료의 수집과정에서 기복변위(Relief Displacement)와 같은 자료의 왜곡이 발생하게 되므로 전처리 과정을 통한 보정 작업이 필요하다. 이를 위해 위성영상의 각 점에 해당하는 위치를 지형도와 같은 크기와 투영값을 갖도록 변환해 주는 기하학적 보정(Geometric Correction)과 필터링 기법 혹은 이미지 퓨전(Image Fusion) 방법을 적용한다[12, 15].

#### 3.1 수치정사영상

촬영 지역의 정확한 DEM자료를 가지고 있는 경우 DEM 자료와 좌/우 영상 중의 하나를 중첩하여 계산함으로써 수직 사진과 같은 수치정사영상(Digital Orthophoto)을 생성한다. 수치정사사진은 지도를 갱신하는 속도가 빠르며 비용이 저렴하여 현재 새로운 기본도의 형태로 부각되고 있으며 수치정사사진에 행정경계, 지명, 등고선 등 지형도상의 레이어를 중첩하여 제작된 정사투영사진지도는 영상변화 추출이 용이하여 이를 바탕으로 벡터 데이터의 갱신작업에 활용하는 등 활용가치가 높다[15].

#### 3.2 수치영상 지도 제작

위성영상을 활용하여 접근이 어렵거나 지형 자료취득이 용이하지 않은 지역에 대한 지도제작 및 분석이 가능하므로 환경, 토목, 농업, 지질, 등 다양한 분야에 활용이 확산되고 있다. 위성 영상을 획득하고 지상기준점을 측량한 후 DEM을 추출하여 수치정사사진을 제작함으로써 수치지도 제작 혹은 수치지도 갱신작업이 가능하다[12,15].

#### 3.3 수치표고모델 생성

수치표고모델은 수치정사영상 제작이나 지형의 3차원 모델링에 활용되는 데이터로 위성 영상과 지상기준점을 획득한 후 영상표정과 스테레오영상 매칭을 통해 지상표고 데이터를 추출하고 이상표고를 제거함으로써 생성한다. 1970년대 중반부터 위성영상을 이용한 수치표고모델 생성은 관

십의 대상이 되어왔으며 수치표고모형과 영상 데이터를 결합하여 지형을 3차원적으로 표현하기 위한 효과적인 알고리즘이 제시되는 한편, 자동 매칭기법에 대한 연구가 진행되어왔다. Landsat TM(Thematic Mapper) 데이터를 이용한 자동 표고추출에 이어 1986년 SPOT 위성이 발사되면서 SPOT의 CCT(Computer Compatible Tape) 데이터를 이용하여 수치표고모형을 생성하는 알고리즘이 제시되었고 최근에는 Radarsat의 SAR 영상을 이용한 수치표고모형 추출 기법이 연구되고 있다. 영상매칭에 의해 생성된 수치표고모형은 매칭점 탐색이 비교적 용이한 환경에서 수치 지형도상의 등고선 보간에 의해 생성된 수치표고모형보다 좋은 수치정사영상 제작이 가능하며 건물의 표고를 추출하는 것이 가능하므로 주거지역에 있어 높은 정확도의 수치정사영상 제작을 보장한다[7,12,15].

### 3.4 모폴로지 생성

물질은 분광특성에 따라 빛의 반사 투과 정도가 다르므로 각 파장대에서 획득된 영상 신호에 대해 분광특성을 분석(Spectral Analysis)하여 대상지역의 위성영상을 동일한 특성을 갖는 화소끼리 집단화(Classification)시킴으로써 모폴로지를 생성한다[12].

### 3.5 기지국 등 시설물 설치 및 관리

고해상도 위성사진을 이용하여 현장 답사에 앞서 기지국 치국과 같은 시설물 위치 선정에 적용할 뿐 아니라 설치된 기지국 관리에 활용함으로써 작업효율을 높일 수 있다.

## 4. ConCEPT/geo를 이용한 지형 고도 데이터 및 모폴로지 생성

ConCEPT은 PCS, IMT-2000, FWA(WLL), BWA(B-WLL)와 같은 새로운 무선 통신 서비스의 효율적인 무선망 설계(Cell Planning)를 위한 시스템으로 ConCEPT을 운용함에 있어 지형 DB를 구축하는 부분은 시간과 비용에 있어 큰 비중을 차지한다. GIS DB 구축은 데이터를 생성하는 부분과 구축되어 있는 데이터를 내부포맷으로 변환하는 부분으로 구분할 수 있다.

ConCEPT은 동일 지역에 대해 다양한 해상도의 DEM이나 모폴로지 데이터를 필요로 한다. 특히, 모폴로지는 무선망설계를 하는 엔지니어가 커버리지 분석을 할 때 보정 요소로 사용하는 데이터로 해상도에 따라서 보다 정밀한 클래스 구분을 적용하여 데이터를 생성해야 할 필요가 있다. 또한 데이터의 현행화를 고려해야 하는 등 동적으로 변화하는 지형데이터 구축 요구사항을 갖는다.

### 4.1 ConCEPT/geo의 주요기능

ConCEPT/geo는 무선망설계를 위해 필요한 GIS 데이터를 생성하고 분석하기 위한 툴로서 수치지도의 등고선 정보를 이용하여 DEM을 생성하는 기능과 벡터 데이터 편집기능 및 모폴로지 생성 기능, 이미지 와핑 및 좌표변환 기능을 포함한다. 이미지 와핑기능은 위성사진 혹은 항공사진의 영상 좌표를 Affine 혹은 Bilinear 변환을 통해 지상좌표로 변환하기 위한 기능이다.

### 4.2 ConCEPT/geo의 내부포맷

무선망설계시스템에서 전파해석을 하기 위해서는 기본적인 지형데이터뿐 아니라 인구밀도, 트래픽, 기지국 관련 데이터 등이 필요하다. 분석을 위해 접근되는 데이터는 분석 효율을 높이기 위해서 적절한 형태로 정의되어야 한다. 표 1에서는 이러한 데이터를 무선망설계시스템에 적용하기 위해 정의한 KXF(KT eXchange Format) 내부포맷과 각각에 대해 표현되는 데이터 종류를 나타낸다.

표 1 KXF의 종류

구분	내부포맷	무선망설계 데이터 종류
벡터맵	KVM	지형/지물벡터
래스터맵	KCM	모폴로지, DEM, 트래픽, 인구밀도, 전파해석 결과(Best Server, Hand Off, Received Power 등)
이미지맵	KGM	위성사진, 항공사진, 스캐닝맵

KGM은 이미지 포맷으로 좌표정보를 포함하는 Header와 이미지 파일로 구성되고, KVM은 벡터맵 포맷으로 Header와 Table, KVM-

Entities로 구성되며 KCM 맵은 라스터맵을 저장하기 위한 포맷으로 Header와 데이터를 포함하는 KCMDData로 구성된다. KGM, KCM과 KVM은 맵의 MBR(Minimum Bounding Rectangle), 면적, 좌표체계(KMAPProject) 등의 맵 공통 정보인 KMAPHead를 포함하는 헤더정보를 갖는다. Table은 라인, 레이어, 블록, 폰트 등의 정보를 갖고 실제 지형정보는 KVMEntities에 포함된다. KVMEntities에는 Polyline, Polygon, Text, Insert, Circle, Ellipse, Arc 등의 KVMEntity가 저장되는데 각각의 KVMEntity는 레이어 코드와 속성 등의 정보를 포함하는 KVMEntityHead를 포함한다.

### 4.3 구축된 맵으로부터 라스터맵 생성

ConCEPT/geo를 이용해 항공사진, 위성사진, 스캐닝 사진, 수치지도 등 데이터로부터 등고선을 추출하여 DEM을 생성하거나 페다가형(Polygon)으로 영역을 구분하여 모폴로지 데이터를 생성할 수 있다. 그림 1은 이러한 과정을 도시한 것이다.

### 4.4 ConCEPT/geo를 이용한 모폴로지 데이터 생성

영역 구분의 배경이 되는 데이터(위성사진/항공사진 등)를 기반으로하여 모폴로지 데이터를 생성한다. 벡터 편집 기능을 이용해 페다가형으로 영역을 구분하고 레이어 코드를 부여함으로써 모폴로지 생성 기반 벡터맵을 생성한다. 벡터맵의 레이어와 지형 속성을 매핑해 놓은 코드 테이블을 이용하여 벡터맵을 라스터화함으로써 모폴로지 데이터를 생성한다.

그림 2는 모폴로지 생성 기반 벡터맵과 생성된 모폴로지 데이터를 도시한 것이다. (a)에서 영역 구분의 배경으로 적용한 위성사진은 10m해상도의 SPOT PAN 서울영상이고 (b)는 20m 해상도로 생성된 모폴로지 데이터이다. 보다 정밀한 모폴로지 데이터를 생성하기 위해서는 5m해상도의 IRS-1C 영상, 2m 해상도의 Alternative System 혹은 1m해상도의 IKONOS 위성 영상 등과 같은 고해상도의 위성 영상이 필요하다.

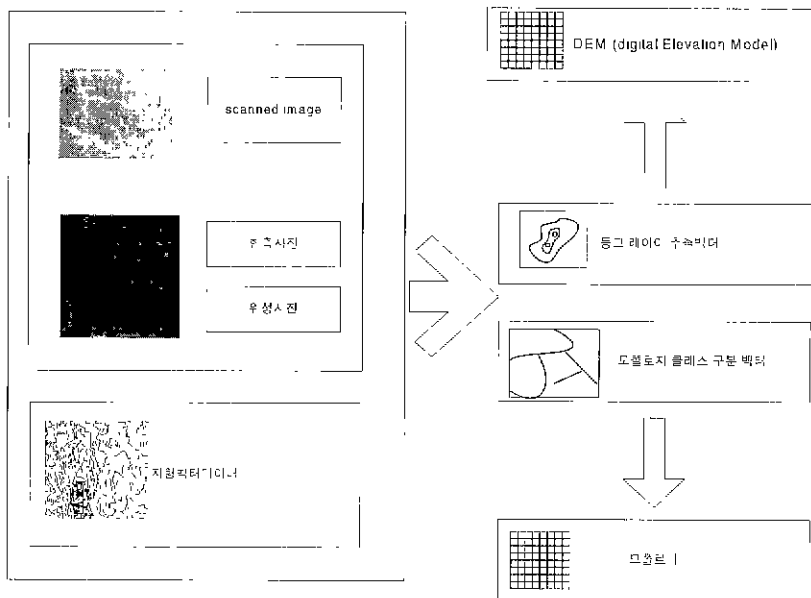
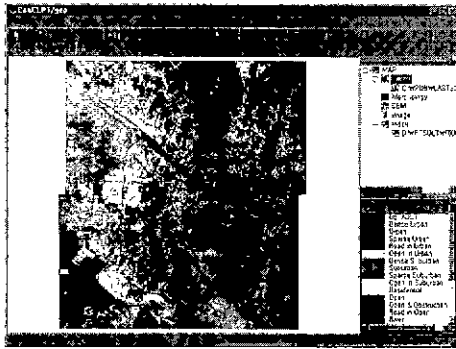
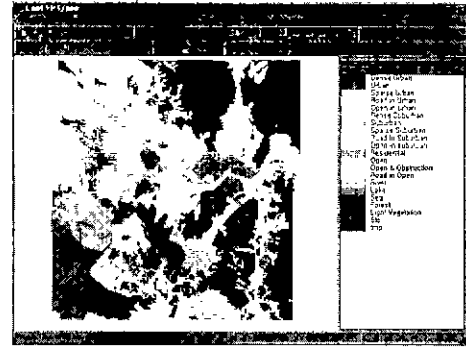


그림 1 구축된 맵으로부터 라스터맵 생성



(a) 위성사진과 모폴로지 생성을 위한 플리곤

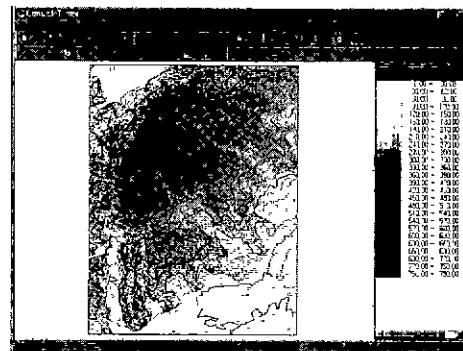


(b) 생성한 모폴로지 맵

그림 2 수치지도를 이용한 모폴로지 생성



(a) DEM 3차원 모델링



(b) DEM shading

그림 3 수치지도로부터 DEM 생성

#### 4.5 DEM 생성

DEM은 특정지점에서 지형의 높이값(Height), 지형의 경사도(Slope), 음영기복도(Shaded Relief), 수치정사사진 구축을 위해 사용되는 데이터로 본 절에서는 수치지도의 등고선으로부터 생성하는 예에 대해 설명한다.

원하는 대상지역에 대해 주어진 해상도에 따라 격자를 나누고 각 격자점으로부터 수치지도의 등고선 레이어로부터 방향과 거리를 고려하여 필요

한 개수만큼의 유효 인접점을 선택한 후 IDW (Inverse Distance Weighting) (식 1), Kriging (식 2) 등의 방법을 이용하여  $z$  값을 보간함으로써 DEM을 생성한다[1.8-10]. Kriging 기법은 계산된 고도값에 대한 오차의 분산을 최소화하기 위해 고안된 방법으로 (식 2)에서  $N$ 은 샘플 데이터의 개수이며  $b_0, b_1, b_2, a_1$ 는  $N$ 개 샘플 데이터를 대상으로 주어진  $(N+3)$ 차 행렬식을 계산한 결과 얻어진 계수들이다.

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^N w_i z_i = \sum_{i=1}^N \frac{z_i}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i}} \quad (\text{식 1})$$

$$F(x, y) = b_0 + b_1 x + b_2 y + \sum_{i=1}^N a_i z_i \quad (\text{식 2})$$

(식 1)에서 거리 경중를 함수는(weighting function)는 거리  $d$ 에 대한 함수로 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$W(D) = 1/D^P, P > 0 \quad (\text{식 3})$$

DEM 생성 사용자 인터페이스를 통해 DEM 생성범위(MBR:Minimum Bounding Rectangle)와 인접점 탐색 범위, 생성할 DEM의 해상도와 적용할 보간 방법 등을 선택한다. DEM의 해상도는 기본 수치지도의 축척에 따라 최소 유효한 해상도 값이 결정되므로 적절한 값을 부여하여 생성한다. 그림 3은 강남 일부지역에 대한 국립지리원 1:5000 수치지도로부터 등고 레이어를 추출한 후 ConCEPT/geo를 이용해서 3m 해상도의 DEM을 생성하고 결과를 3차원 모델링한 결과그림이다.

### 5. ConCEPT을 이용한 무선망 설계 사례

무선망 설계 시스템 ConCEPT은 기존의 무선망 설계 시스템과 달리 자체 개발한 GIS 데이터 처리 엔진을 기반으로 매크로/마이크로셀 분석을 위한 전파 모델들을 이용하여 기지국들의 정확한 커버리지 예측과 핸드오프 분석과 같은 시스템 해석기능을 제공함으로써 음영 지역을 최소화 하고 서비스 품질을 향상시키기 위한 최적의 무선망 설계에 필수적인 툴이다. ConCEPT은 지리정보를 처리하는 부분과 전파 해석을 수행하는 두 부분으로 구성되며 여기서는 지형 데이터가 전파 해석에 미치는 영향에 대해 기술한다.

전파의 경로 손실을 계산하는 가장 중요한 정보는 지형의 높낮이를 나타내는 DEM 데이터로써 기지국에서 단말기까지의 장애물 유무에 따라 커다란 차이를 나타낸다. 전파는 회절, 반사 및 감쇄 등에 따라 정확한 해석이 불가능하며 대개 경험적, 혹은 통계적 방법에 의해 서비스 가능 지역을 예측한다. 전파가 도달해나가는 경로에서

장애물 주변의 경로 차이를 해석하기 위한 개념으로, 가시경로(Line-Of-Sight)의 전체경로 길이보다  $n\lambda/2$  ( $n$ :정수,  $\lambda$ :사용주파수파장)만큼 큰 송수신단의 경로 길이를 갖는 연속적인 영역을 프레넬 영역(Fresnel Zone)이라 하며 영역 내에 장애물이 없으면 가시경로가 확보된 것으로 간주할 수 있으며 경험적으로 마이크로웨이브의 경우 55% 정도 가시경로가 확보되면 안정적이라 할 수 있다. 그림 4는 1, 2차 프레넬 영역에 대한 분포를 나타낸다. 그림 5는 지형에 따른 2차원 프로파일과 1차 프레넬 영역에 대해 ConCEPT의 기능을 도시하고 있다.

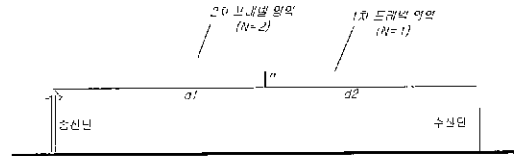


그림 4 1, 2차 프레넬 영역 분포

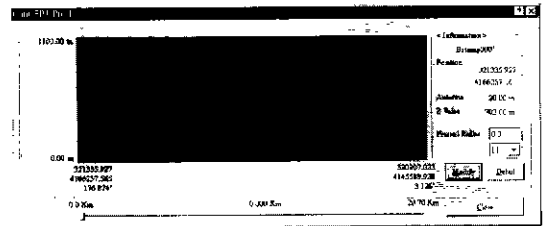


그림 5 2차원 프로파일 및 1차 프레넬 영역

또한 무선통신 서비스 대상 지역의 크기에 따라 매크로(반경 1 Km 이상) 혹은 마이크로(반경 1 Km 이하) 셀로 구분하는데 표 2는 셀 형태에 따른 대표적인 전파 모델을 나타낸다.

매크로 셀에 대한 대표적인 전파 해석 모델로는 Hata 모델[16,17]이 있다. 이 모델은 일본의 동경 및 교외의 불규칙한 지형과 다양한 상황에서 VHF(200MHz) 대역과 UHF(453, 922, 1310, 1430, 1920 MHz) 대역에서 행한 육상 이동 무선 서비스의 광범위한 전파 실험의 결과를 정량화 한 확률론적인 실험 모델이며 (식 4)와 같이 나타낸다.

$$\begin{aligned} \text{경로손실} &= 69.55 + 26.16 \log(f) - 13.82 \\ &\log(h_b) - a(h_m)^2 (44.9 - 6.55 \log(h_b)) \log(d) - L_c \end{aligned} \quad (\text{식 4})$$

여기서,

f : 주파수 (MHz)

$h_b$  : 기지국 안테나 높이 (m)

$h_m$  : 단말기 안테나 높이 (m)

$a(h_m) \cdot (1.1\log(f)-0.7)h_m^{1.4} - (1.56\log(f)-0.8)$  로 단말기 안테나 높이의 보정계수

d : 기지국과 단말기간 거리 (km)

$L_c$  : 모폴로지에 대한 보정계수

(식 4)에서 전파의 도달 거리는 주파수와 기지국/단말기간 거리에 따라 크게 영향을 받는다는 사실을 알 수 있다.

표 2 셀 형태에 따른 전파 모델 구분

셀 형태	모델명	비고
매크로 셀	Okumura-Hata COST-231 Macro Model	Need corrections for terrain profile and morphology types Modification to O-H model
마이크로 셀	COST-231 Walfisch-Ikegami model Bertoni-Xia	applicable to medium sized citv
피코셀 (indoor 환경)	Ray-tracing models	Strongly depends on particular environments

전파는 산과 같은 장애물에 의해 대부분 차단되지만 회절 현상 등의 영향을 분석하기 위해 나이프-에지(Knife-Edge) 회절 모델을 적용하여 전파의 도달 범위를 결정한다.

모폴로지 데이터는 전파의 감쇠를 지형의 특성에 따라 통계적으로 분석하여 감쇠율을 결정하는데 이용되며 수계, 도심지 등의 환경에 따라 감쇠율이 크게 달라지게 된다. 따라서 위성 혹은 항공사진으로부터 정확한 모폴로지 데이터 구축을 통해 보다 정확한 전파 해석이 가능하게 된다.

이미지 데이터는 전파의 경로 손실을 계산하는 데는 직접적으로 영향을 미치지 않지만 엔지니어가 기지국의 위치 및 주변 환경을 분석하는데 도움을 주는 데이터로써, 실제로 분석 결과 최적의 지역이라 하더라도 기지국을 설치하기 어려운 지역(도로위, 주변에 높은 건물로 둘러싸인 지역 등)을 엔지니어가 분석하여 기지국을 설치하기에 적합한 건물이나 지역을 선정하도록 한다. 벡터

데이터는 마이크로/피코 모델에서 건물의 윤곽에 따른 전파의 반사, 회절 등을 분석하는데 이용된다.

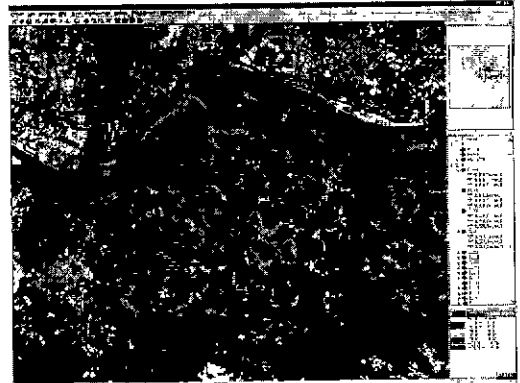


그림 6 서울 일부 지역에 대한 수신 신호 세기

그림 6은 DEM 및 모폴로지 데이터를 이용하여 서울 일부 지역에 대해 Hata 모델을 적용하여 수신 신호를 표시한 것으로 지형의 높낮이 및 모폴로지 특성에 따라 전파의 감쇠정도가 달라지게 된다.

## 6. 결 론

IMT-2000 무선망 설계에는 마이크로 및 피코 셀에 대한 연구가 필요하다. 따라서 무선망설계 엔지니어가 최적의 기지국을 선정하기 위해 DEM, 벡터, 모폴로지, 이미지 데이터뿐 아니라 건물 팩터에 대한 높이 및 속성 데이터 구축이 필요하게 될 것이다. 현재 GIS 데이터는 지방 자치 단체의 시설물 관리와 같은 기본 수요로부터 정보 통신 분야 및 교통 정보 시스템과 같이 다양한 응용 분야로 점차 확산되어 가는 추세이고 각 분야에 적합한 형태의 GIS DB 구축이 필요하다. 이러한 GIS 데이터에 대한 요구를 만족시키기 위해서는 원하는 형태의 정확한 GIS DB 구축뿐만 아니라 주기적인 데이터 현행화가 이루어져야 하며 이에 따라 위성/항공 등을 통한 영상의 취득 및 수치지도로서의 활용 방안과 3차원 가공 기술이 계속하여 발전되어야 할 것이다.

## 참고문헌

[1] David F Watson, *CONTOURING:A*

*Guide To The Analysis And Display Of Spatial Data*, PERGAMON, 1994.

[2] CelPlan, *CelData 1.0 Users Guide*, 1997.

[3] Genasys, *GENASYS Spatial API training course v3.2*, 1997.

[4] Smallworld, *Smallworld GIS Data Modelling*, April 96.

[5] Smallworld, *Smallworld System and DB admin course*, April 96.

[6] Arthur Chance, Richard G, Newell & David G, Theriault, "Smallworld GIS: An Object-oriented GIS-Issues and Solutions," *Smallworld Technical Paper No.3*.

[7] 박병욱, SPOT 위성데이터를 이용한 수치표고모델 생성에 관한 연구, 서울대학교 대학원, 박사학위논문, 1991.

[8] Interpolation:Inverse Distance Weighting, <http://whizbang.geog.ucsb.edu/spherekit/inverse.html>.

[9] Chao-yi Lang, Krig Interpolation, [http://www.tc.cornell.edu/Visualization/contrib/cs490\\_94to95/clang/kriging.html](http://www.tc.cornell.edu/Visualization/contrib/cs490_94to95/clang/kriging.html)

[10] Phillip Ingram, Kriging, <http://137.111.98.10/users/pingram/krig.html>.

[11] Hanan Samet, *The Design and Analysis of Spatial Data Structures*, Addison Wesley, 1990.

[12] Lillesand, Kiefcr, *Remote Sensing and Image interpretation*, John Wiley and Sons, 1987.

[13] 오종우, 오승훈, *지구정보학 원론 Principles of Geoinformatics*, 원탑문화, 1994.

[14] 대한측량협회, *지도도식규칙*, 1994.

[15] 행정자치부, *수치정사사진 구축에 관한 연구*, 1999.2.

[16] William C. Y Lee, *Mobile Communications Design Fundamentals*, John Wiley & Sons, 1993.

[17] Manuel F. Catedra and Jesus Perez-Arnaga, *Cell Planning for Wireless Communications*, Artech House, 1999.

정 현 민



1984 2 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1986. 2 연세대학교 본대학원 전자공학과(공학석사)  
 1986 2~1992 2 한국통신 연구개발본부  
 1996 2 연세대학교 본대학원 전자공학과(공학박사)  
 1996 2~현재 한국통신 가입지망연구소 무선망 설계연구실장  
 관심분야: 무선망 설계 엔지니어링, 영상신호처리, 영상부호화입

E-mail:hmjung@kt.co.kr

정 미 영



1993 덕성여자대학교 전산학과(학사)  
 1996 연세대학교 컴퓨터학과(석사)  
 1996 8~현재 한국통신 가입지망연구소 무선망설계연구실 선임연구원  
 관심분야: 무선망 설계 시스템, GIS 시스템 및 GIS 데이터 변환입  
 E-mail:myjeong@kt.co.kr