

[별지 제6호 서식] 최종 연구보고서

전파분석 및 전파감시를 위한 국내지형의 ITU 분류체계 도입에 관한 연구

Domestic Topographic Classification adapt to ITU
Model for Radio Propagation and Monitoring

2008 . 12

전파연구소

제 출 문

본 보고서를 「전파분석 및 전파감시를 위한 국내지형의 ITU
분류체계 도입에 관한 연구」 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2008. 12. 31

연구책임자 : 배석희(전파자원연구과 정보화담당)

연구원 : 양운하(전파자원연구과 정보화담당)

박종갑(전파자원연구과 정보화담당)

김청원(전파자원연구과 정보화담당)

이한석(전파자원연구과 정보화담당)

김소라(전파자원연구과 정보화담당)

요 약 문

통신 및 방송에 있어 전파의 활용이 많아짐에 따라 지형정보(Geographic Information System or Services, GIS)를 이용한 신뢰성 있는 전파관리업무가 요구되고 있다. 또한 최근에는 전파관리에 있어 지형정보에 대한 정확성과 신뢰성은 매우 중요한 요소 및 역할로 자리매김하고 있다.

본 연구에서는 전파관리에 있어 시간과 공간, 주파수간의 상관관계에 따라 지속적으로 고민해야 하는 지형정보의 품질관리와 전파분석(전파예측 모델)의 정밀도 향상을 위한 ITU에서 제안하고 있는 지형모델의 국내 적용에 관해 연구하였다.

이동통신의 발달과 효과적인 주파수 자원 활용과 분배, 3차원적인 전파감시 등 경제적이고 효율적인 전파관리 및 운용을 위해서는 기존에 수행해 왔던 단순 전파관리기법에서 지형모델이 기반이 되는 3차원 분석이 필요한 상황이다. 따라서 본 연구이후 지속적인 지형모델과 전파분석, 전파감시와의 상관관계를 연구가 필요하다.

SUMMARY

Quality of numerical data based on geographic information service issues update and accuracy for radio propagation analysis of fixed and mobile service. Especially classical analysis method depending on simple DEM data is limited, so propagation model of short range communication as ITU-R Propagation prediction model included with width of road, roof top, shape of building, and so on. But the limits of condition followed by model and rely on calculating time and up-to-dateness of GIS data. Furthermore, the accuracy of the analysis heavily depends on the correctness and up-to-dateness of them. The geospatial database for the propagation analysis includes the nationwide digital elevation model data, the building data with height information, and the radio wave morphology data, provided by original producer organizations. In this paper, we would like to suggest of process of deficit of spatial accuracy based on GIS data and to get the ITU model for domestic radio propagation and monitoring.

목 차

제1장 서론	9
제1절 전파관리와 지형정보와의 관계	9
제2절 전파분석의 문제점	10
제3절 전파감시의 문제점	11
제2장 국제 표준화 동향	14
제1절 ITU-R 권고 동향	14
제2절 ISO/TC211	23
제3절 USGS 및 SRTM 동	26
제3장 전파예측 모델과 지형요소와의 상관분석	31
제1절 지형 모폴로지를 이용하는 전파예측 모델	31
제2절 지형요소에 종속적인 회절모델	38
제3절 Ray Tray 모델과 3차원 지형요소	41
제4절 전파분석과 감시에 영향을 미치는 GIS 품질관리	44
제4장 결론	48
참고문헌	49
[부록 1] ESA workshop 발표자료	50

표 목 차

[표 1] ITU-R P.1058에서 제시하고 있는 좌표 체계	18
[표 2] 지형모폴로지 분류	22
[표 3] 특별한 구조를 위한 ground cover 추가 변수와 카테고리	23
[표 4] ISO/TC211 표준화 현황	24
[표 5] 미국 수치고도 모형의 RMSE 허용범위	28
[표 6] P.1411의 전파환경에 따른 모폴로지 특성	35
[표 7] 영국의 BT사에 제공하는 지형 모폴로지의 유형	35
[표 8] 각국의 지형 모폴로지의 유형의 비교	35
[표 9] 지형 모폴로지상에서의 클러스터(장애물)의 분류와 높이	37

그 립 목 차

[그림 1] 전국 디지털 지형도의 갱신현황 및 형태	10
[그림 2] 전국 12개 전파감시 관할구역	12
[그림 3] 실제 지형과 송수신 구간의 경로 지형단면도	14
[그림 4] A, B간 두 지점(A-B)간 대원거리와 직선거리	15
[그림 5] 7.5m DEM 모델 구조	27
[그림 6] 3 Arcsec DEM 모델 구조	28
[그림 7] 높이에 따라 밝기의 값을 다르게 표시하고 있는 DSM의 모습	29
[그림 8] SRTM에서 스캔한 지구 전체의 모습	30
[그림 9] SMI에서의 지형모폴로지	32
[그림 10] 실제 SMI에서의 고층빌딩 포함된 도시 위성영상	34
[그림 11] 두 송수신 지점간의 회절모델(single edge)	38
[그림 12] 두 송수신 지점간의 다 지점(multi edge) 회절모델	40
[그림 13] Ray tracing에서 반사 및 굴절에 관한 3차원 형상도	41
[그림 14] 3차원 빌딩 숲에서의 전파되는 전계강도의 분포	42
[그림 15] 영상처리 방법인 Quad tree방법을 이용한 Ray tube에 포함하는 ray 교차면 찾기와 전파분석 결과	43
[그림 16] GIS 품질관리를 위한 도시기형에서의 지형 모폴로지 관리	44
[그림 17] 위성영상과 수치지형이 일치 않는 GIS 품질 문제	46

제 1 장 서론

제1절 전파관리와 지형정보와의 관계

통신 및 방송에 있어 전파의 활용이 많아짐에 따라 지형정보(Geographic Information System or Services, GIS)를 이용한 신뢰성 있는 전파관리업무가 요구되고 있다. 또한 최근에는 전파관리에 있어 지형정보에 대한 정확성과 신뢰성은 매우 중요한 요소 및 역할로 자리매김하고 있다.

과거 전파관리를 위한 도구로서 지형정보에 대해 중요하게 다루지 않은 것은 아니지만, CPU 속도에 따른 컴퓨터의 팔목할 만한 성능향상과 더불어 visual 한 그래픽처리시스템이 개발되면서 지형정보의 정확성과 신뢰성을 확보하기 위한 작업은 전파관리 업무의 중요한 신뢰기반을 이루게 되었다. 뿐만 아니라 향후 전파관리기법에 있어 시간과 공간, 주파수간의 상관관계 분석 연구는 지속적으로 필요한 요소로 작용할 것이며, 지형정보의 품질관리 또한 전파관리 업무 중의 하나인 전파분석(전파예측 모델)의 정밀도 향상에 깊이를 더 할 것으로 기대한다.

1990년대 전까지만 해도 단순 위치정보와 높이 등 지형정보만을 이용하였다. 1990년대 후반부터는 전파관리와 분석을 위해 전국규모의 GIS DB를 만들게 되었으며, 기존 전파관리기법을 탈피하여 visual 한 2차원 디지털 지도정보를 이용하게 되었다. 디지털 지도를 이용하게 된 초기 전파분석은 DEM(해수면 고도 포함), 건물의 고도 등 단순 지형정보(GIS) 자료였다. 이후 현재까지도 ITU-R P.1058에서 분류한 일부정보를 이용하여 자체적인 모폴로지와 국제 공인 디지털 지도인 IDWM 등 ITU-R에서 권장하는 방법을 이용하여 방송 및 원거리 통신에 관한 전파모델을 개발해 왔다.

그러나 이동통신의 발달과 효과적인 주파수 자원 활용과 분배, 경제적이고 효율적인 운용을 위한 전파관리기법이 필요한 상황이 되었다. 특히 주파수 부족에 따라 각 업무 간 공유연구가 증가함에 따라 기존 간단히 사용되었던 시간 공유 및 공간 공유에 대한 정확한 분석이 요구되고 있다. 이와 더불어 전파감시의 입장도 마찬가지다. 통신장비의 발달과 더불어 불법 무선국 출현이 잦아짐에 따른 정확한 위치추적이 필요한 실정이다.

제2절 전파분석의 문제점

전파관리에 있어 가장 중요한 요소 중의 하나가 전파예측모델을 이용한 전파분석이다. 특히 전파분석 모델의 신뢰도와 정확성을 좌우하는 요인은 지형정보(GIS) 정밀도와 갱신주기라 할 수 있다. 여기서 지형정보라 함은 디지털 지형정보를 의미하며, 디지털 지형정보의 정밀도라 함은 지형정보(GIS) 해상도를 의미한다. 또한 지형정보 해상도는 그 활용도에 따라 영향을

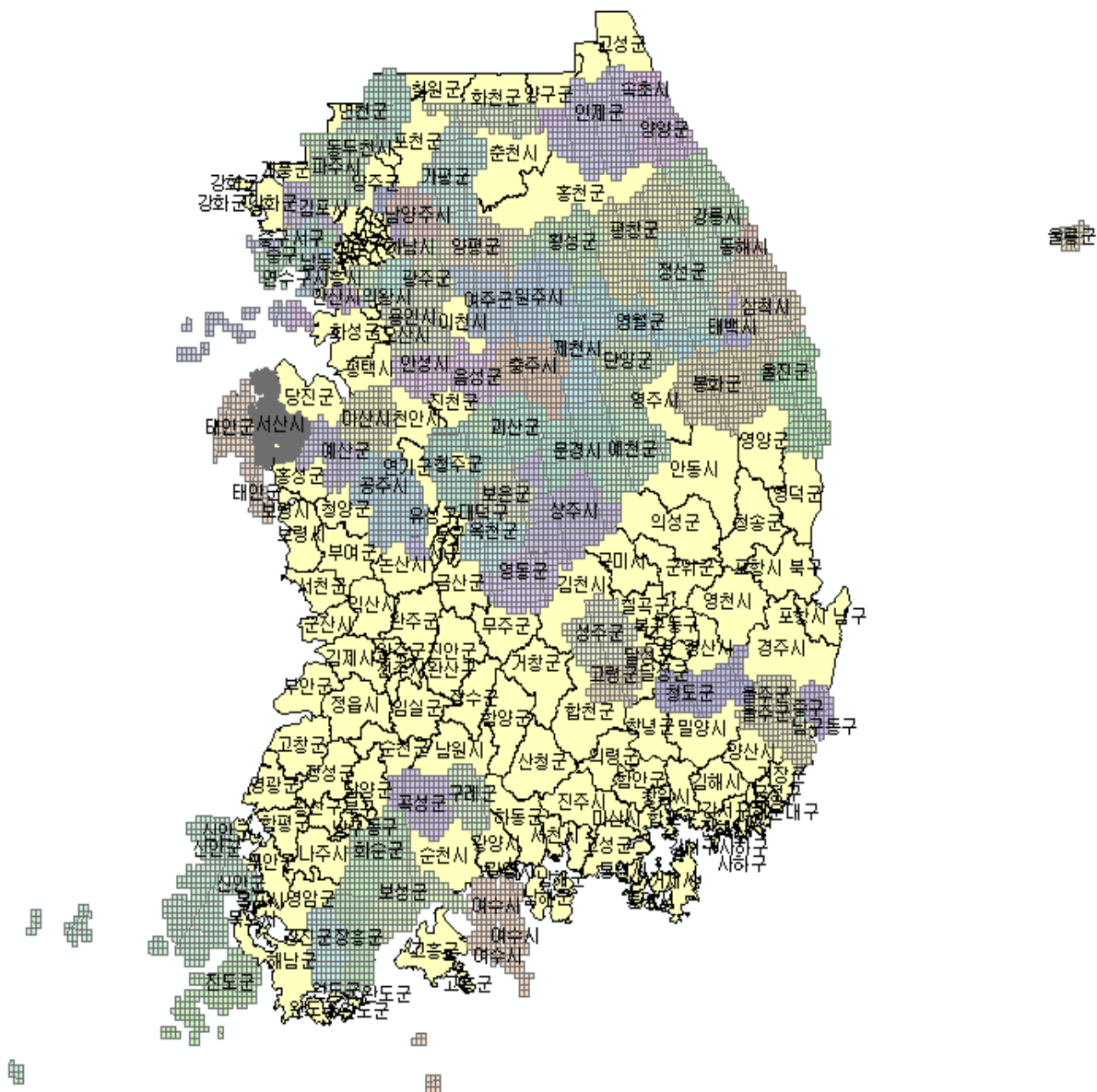


그림 1. 전국 디지털 지형도의 갱신상황 및 형태(년도별 갱신)

받는다. 이중 GIS 해상도의 경우 ITU-R 결의 40에서 요청하고 있는 사항은 WRC-07회의를 통해 GIS 해상도를 30 arc sec(900m)에서 3 arc sec(90m)로 확대하였고, 구축에 필요한 해상도는 1arc sec(30m)로 높였다. 따라서 국제적인 표준화 추세도 전파예측 모델 개선을 위해 GIS 정보의 정확성을 획기적으로 높이고 있는 사항이다.

그럼에도 불구하고 방송주파수를 제외한 높은 주파수를 쓰는 이동통신 및 고정, 위성통신의 경우 1 arc sec 이상의 높은 해상도를 요구하고 있다. 특히 빌딩숲으로 뒤덮인 대도시 전파환경에 맞는 전파예측모델을 위해서는 많은 양의 GIS 정보를 요구하고 있는 실정이다.

일반적인 Hata 모델과 같은 고전적인 전파예측 모델의 경우 앞서 GIS 활용도에 관해 언급했다. 그렇지만 각각의 모델에서 고전적으로 분류한 3단계(urban, suburban, rural 등) 적용기준을 이용하는 것 그것이다. 이들 권고기준과 적용기준은 전파예측모델을 이용함에 있어 정확한 전파의 감쇄계수에 영향을 주고 있다.

따라서 나라마다 권고마다, 그리고 전파측정 마다 지형 분류체계의 정의가 다르다. 그래서 ITU-R에서는 관련사항에 대한 권고를 P.1058에 하고 있다. 그렇지만 관련 권고도 충분히 모델에 적용하기에는 아직도 많은 연구가 필요한 상태이다. 특히 GIS 갱신주기의 경우 전파관리 입장에서 전파분석 예측모델 적용 시 직접적으로 전파분석의 신뢰도에 영향을 주고 있기 때문에 이러한 문제를 심도있게 다루는 권고는 아직 없다.

제3절 전파감시의 문제점

이동통신 및 디지털 방송의 출현 등 전파이용의 대중화, 무선통신 등의 기술혁신에 따라 전파사용이 급격하게 증가 있으며, 그에 따른 전파환경도 상대적으로 복잡화 되고 있는 실정이다. 특히 무선국 허가, 무선국 운용 그리고 무선기기 수입 등의 규제완화로 인해 다양한 무선통신 기술이 운용되고 있고, 간이무선국(기지국 및 차량용 제외)의 다량 출현과 같은 불법 무선국 등 불법전파 설비의 증가로 인한 불요 및 혼신전파 발생률이 높아지고 있다. 이에 따른 전파이용 질서의 체계적인 확립과 복잡한 전파이용환경의

효율적 보호를 위해 중앙전파관리소(이하 중관소)는 2005년부터 2008년까지 4년에 걸쳐 전파감시고도화시스템(Smart Radio Monitoring System, SRMS)을 구축하였다. 전파감시고도화 시스템의 경우 특히 V/UHF 대역(고정 1GHz 이하, 이동 40GHz이하)에 있어 GIS 기반위에서 무허가 무선국 단속, 불요, 혼신전파 탐색 등을 위해 전국적인 종합적인 감시망 구축과 자동화된 전파감시업무를 추진하도록 구성된 시스템이다.



그림 2. 전국 12개 전파감시 관할구역 [10]

전국 12개 지방전파관리소 별로 나누어진 전파감시권역을 하나의 네트워크로 통합하여 운영하고 있는 전파감시고도화시스템의 경우, 지방전파관리소를 중심국으로 하여 다수의 단말국, 원격국으로 구성되어 있으며, GIS 기반위에서 포괄적인 지휘통제 상황실이 운용되어 보다 신뢰성있는 감시체계환경을 마련하고 있다.

전파감시고도화 시스템의 경우 기존에 이용되었던 구 전파감시시스템 보다 신뢰성 확보를 위해 보다 세분화된 GIS 정보를 요구하고 있다. 무엇보다 개선된 사항은 디지털 지형정보(GIS) 기반에서 보다 정확한 발신원 위치 계산을 위해 빠른 광대역의 주파수 측정(또는 스캔)과 GPS 및 네트워크를 이용한 위치정보(방향정보) 수집, 중형급 컴퓨터 시스템을 통한 삼각 방탐 위치좌표 계산이 그것이다. 방탐 결과의 경우 획득되는 정보가 방위각, 주파수, 스펙트로그램 등으로 관련 정보를 GIS위에 표시하도록 하는 방법이 개발되면서부터 3차원적인 전파측정도 요구하고 있는 실정이다.

또한 이동차량을 이용한 이동종합전파감시시스템의 방향탐지 및 전파측정을 위해서 보다 정밀하고 세분화된 디지털 지형정보(GIS)가 필요한 실정이다. 최근 GPS를 이용한 정밀도 향상방법이 개발되고는 있지만 차량이 이동하면서 측정한 전파수신 전계강도와 측정위치의 정확한 연동방법, 측정결과 저장시 정확한 좌표획득과 지역명, 도로명, 주소 등과 같은 GIS 정보에 대한 요구가 지속적으로 증가되고 있는 추세이다.

제2장 국제 표준화 동향

제1절 ITU-R 권고동향

1. 전파예측 모델 및 전파감시의 기본 계산수식

전파예측 모델에 이용되는 전파분석은 송수신 지점 좌표, 이를 이용한 구간거리 계산(일명 송수신 거리계산), 상대 무선국의 방위각 계산과 안테나 비임의 앙각계산, 상대국 위치좌표 등 기본적인 측지정보를 이용한다. 전파감시의 경우도 불법 송신지점으로부터 3지점의 수신지점에서 바라보는 방위각 정보를 이용한 송신지점의 위치정보 계산도 역시 측지정보를 기본으로 하고 있다. 전파분석과 전파감시에 있어 가장 핵심인 이러한 기본적인 측지정보는 디지털 지형정보(GIS)의 등장에 따라 보다 visual 한 모습으로 2차원뿐 아니라 3차원적인 표현도 가능하게 되었다.

전파분석에 있어 위치정보에 기반한 경로지형 분석(path geometry)은 송수신 구간의 경로 지형단면도(path profile)과 수평앙각(horizon elevation 또는 horizon plot)이다.

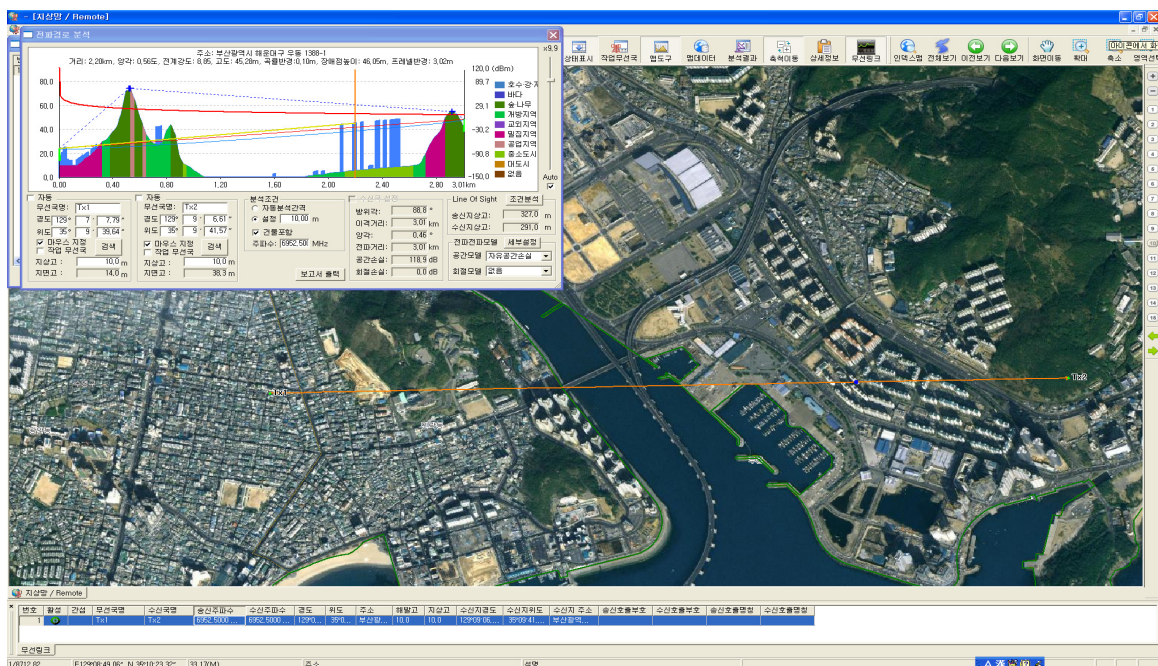


그림 3. 실제 지형과 송수신 구간의 경로 지형단면도(path profile) [4]

또한 위치좌표와 지형단면도에 기반한 지형 응용정보는 프레넬 반경(Fresnel Zone Radius), 경로 클리어런스(Path Clearance), 안테나 설치고(Antenna height), 지표 반사점 계산(Calculation of Ground reflection) 등이다. 이밖에 기본적인 전파경로 계산 시 평면상에서의 계산이 아닌 둥근 지구에 따른 등가지구 효과도 함께 고려한 위도간 지형정보도 고려해야 한다.

특히 송수신 지점간이 멀어질 경우는 일반적인 수평 및 직각좌표계(UTM)를 이용하지 못하고 경위도 좌표(지구좌표계)를 이용해야 하는 상황이 발생된다. 일반적으로 전파계산에 사용되는 원거리 전파분석은 두 지점간의 최단거리인 대원거리로 계산해야 정확한 분석결과가 도출된다. 그림 4의 경우도 안테나고를 포함하여 원거리 송수신 전파시 A-B가 실제 전송거리는 실제 양단의 대원거리가 보다 더 정확한 계산방법이다.

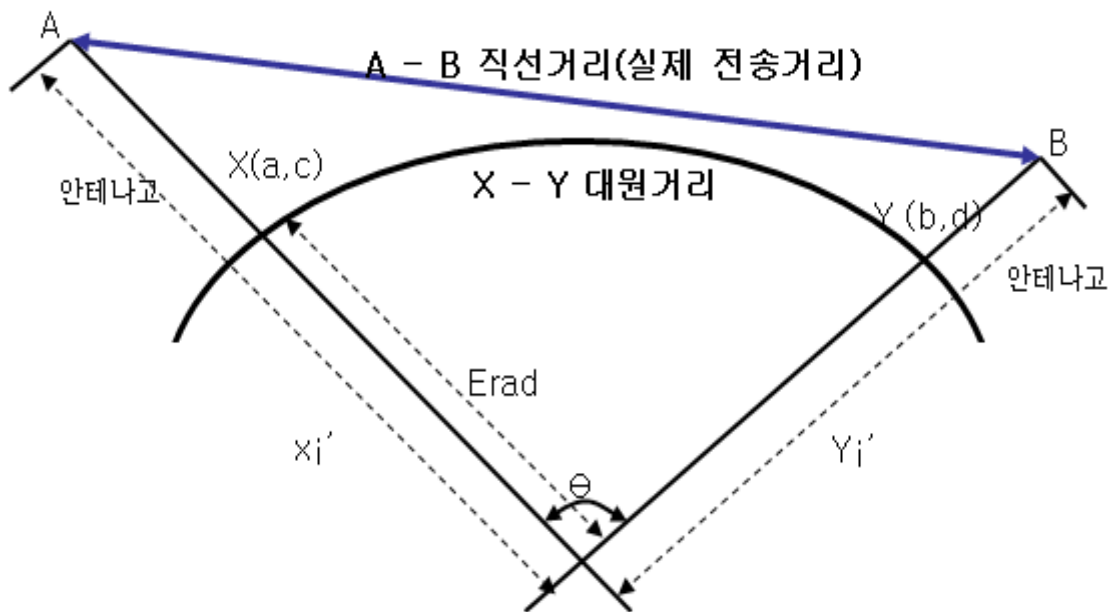
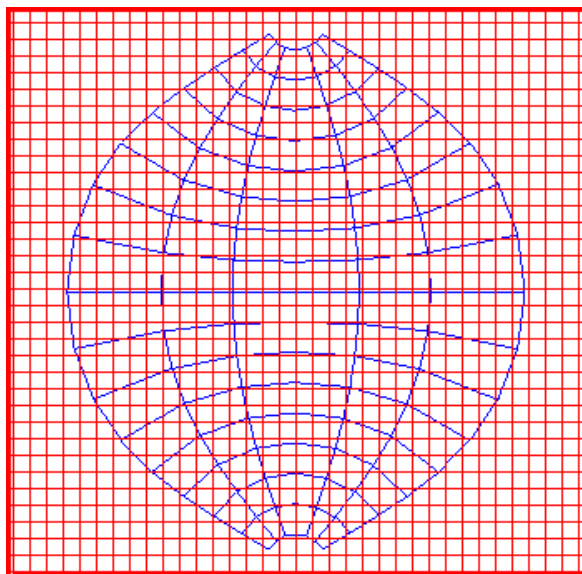
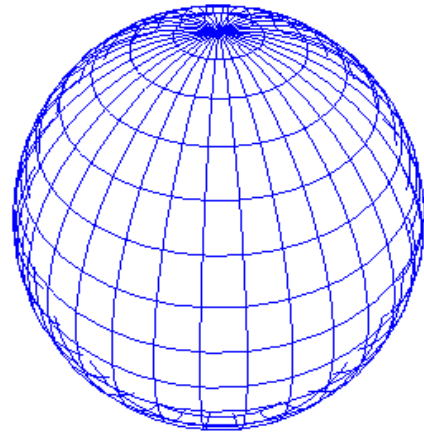


그림 4 A,B간 두 지점(A-B)간 대원거리와 직선거리 [4]

전파감시에 있어서도 일반적으로 전파계산에 사용되는 원거리 전파분석은 두 지점간의 최단거리인 대원거리로 계산해야 정확한 분석결과가 도출된다. 그림 4의 경우도 안테나높이를 포함하여 원거리 송수신 전파시 A-B가 실제 전송거리는 실제 양단의 대원거리가 보다 더 정확한 계산방법이다.

2. ITU-R 권고 P.1058에서 제시하는 지형분류체계 [2]

Topograph 자료는 몇 가지 좌표체계를 근거로 하여 만들고 있다. 우리가 일상적으로 알 수 있는 일반적인 두 가지 좌표계는 구 좌표계(또는 지리적 좌표계)와 평면 좌표계이다. 먼저 구 좌표계는 경위도좌표계라고도 하며 경위도 좌표계는 옆 그림과 같이 3차원 지구 타원체와 같이 적도를 중심으로 남, 북으로 설정하는 위도와 보통 그리니치인 자오선을 중심으로 동서로 설정하는



상대적인 경도를 사용한다. 이 좌표는 우리가 보통 지리적으로 표기하는 경위도와 같다. 두 번째로 평면 좌표계는 직각 투영방식의 횡단면 (Transverse Mercator, TM) 좌표계로 지구를 직각 투영하여 지구의 표면의 특정 영역에 대해 적용하는 것이다. 경위도 좌표를 투영된 평면상에 옆의 그림과 같이 직각 형태의 새로운 격자 형태로 좌표계 만든다. 이들 좌표는 경위도 좌표와 다르게 지도를 이해하고, 이용하기 쉬어 일반 지도로 많이 이용하고 있다. 특히 UTM(Universal Transverse Mercator) 투영법에 의하여 표현되는 좌표계는 지구 경위도 좌표와 비슷하게 적도를 횡축으로 자오선을 종축으로 하여 지구 타원체 전체에 대해 직각좌표로 표현한 좌표계이다. 참고로 UTM좌표에서 거리좌표는 m 단위로 표시하며 종좌표에서는 N을, 횡좌표에서는 E를 붙인다. 좌표원점의 값을 북반구에서 횡좌표 500,000mE, 종좌표 0mN(남반구에서는 10,00,000N)으로 주면 북반구에서 종좌표는 적도에서 0mN, 80°N에서 10,000,000mN이고, 남반구에서는 80°S에서 적도까지의 거리는 10,000,000m로 나타난다.

대부분의 나라들의 경우 전파분석에 필요한 지도는 UTM 투영방법을 이용한 UTM 좌표를 활용하고 있다. 그러나 1도 이내의 짧은 거리의 경우 UTM 좌표와 경위도 좌표가 거의 차이가 없지만 1도가 넘는 장거리 전파분석의 경우 분석에 문제가 있다. 즉 경위도 좌표의 경우 길고 넓은 지역의 전파분석을 위해서는 UTM에서 표현하고 있는 직각투영기법이 비선형성을 야기시켜 전파분석 프로파일의 부정확성을 일으킨다. 따라서 비선형성을 불연속적인 전파분석을 피하기 위해서는 경위도 좌표를 사용하여야 하며 지구 전체 표면을 커버하기 위해서는 경위도 좌표체계를 이용하여야 한다. 앞서 언급했지만 이동통신이나 전파분석 스케일이 작은 경우 좌표계산이 빠르고 ray 추적이 쉬운 UTM 좌표를 활용하는 것이 더 바람직하다.

표 1. ITU-R P.1058에서 제시하고 있는 좌표 체계 [2]

파라미터	경위도	UTM	TM
응용지역	지구 전체	지구 대부분에 활용	보통 지역적으로 활용
격자셀 모양	곡선 사다리꼴 (Curvilinear trapezoid)	Good approximation to square	Usually good approximation to square
스케일 변화 Scale-factor variation	위도에 따라 변함	Good approximation to constant	Usually good approximation to constant
경계 (Boundaries)	변하지 않음	경도에 따라 변함	지역마다 변함

ITU-R P.1058 권고의 경우 좌표를 표현하는 일반적인 방법은 GRS80(국제적으로 사용되는 좌표체계)과 WGS84(GPS에서 사용하는 datum)를 기반으로 한다. 이들 datum과 좌표체계는 지구의 모양을 있는 그대로 표현하기 위해 개발된 현재까지 최선의 솔루션이다.

지구모형을 나타내는 방법은 지표면을 실제처럼 만드는 방법과 단순히 회전 타원체로 나타내는 방법, 그리고 지오이드를 이용하는 방법이 있다. 일반적으로 알고 있듯이 지구모형을 실제처럼 만들기는 어렵고, 회전타원체를 이용하는 방법은 지표면의 요철을 실제처럼 만들기 어려워, 사실 지표면보다는 단순하면서도 회전타원체보다는 실제에 가깝게 지구의 모양을 나타내는 방법이 지오이드를 이용하는 방법이 있다. 보통 지오이드는 지표면의 70%를 차지하는 해수면의 평균을 잡아서 육지까지 연장한 것으로, 어디에서나 중력방향에 수직이며, 해양에서는 평균해수면과 일치하고 육상에서는 땅속을 통과하게 된다. 또한 그 높이가 항상 0m로, 측량 해발고도의 기준면이 된다.

앞 절에서 언급한 GRS80과 WGS84(world geodetic system 84) datum의 경우는 이러한 지오이드를 기초로 만든 좌표체계로 위의 오차를 줄이기 위해 미 국가영상지도청(NIMA: National Imagery and Mapping Agency)에서 GPS를 이용하기 위해 개발한 datum이다. WGS는 WGS60, WGS66, WGS72가 있었지만, 계속 수정 보완되어 현재는 WGS84 datum으로 표준화되어 있다.

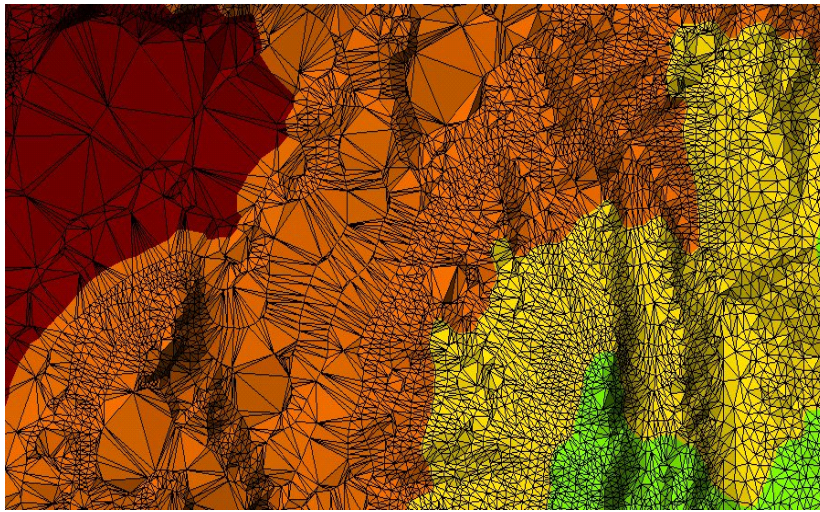
ITU-R P.1058 권고는 다른 소스들로부터 topographic 데이터(또는 맵핑 데이터)와 결합할 때 반드시 호환성을 유지해야 한다고 권고하고 있다. 따라서 일반적으로 모든 데이터를 동일한 Geodetic datum과 좌표체계에 기초하지 않는다면 데이터의 비정렬상태를 발생시킬 수 있다고 권고한다.

Topographic DB 사용되는 데이터 지점간의 수평간격 값은 입력되는 데이터의 값에 좌우되기 때문에 실제로 특별한 값으로 추천하지 않는다. 실제에 있어서는 20m에서 1 km의 대략적인 범위, 즉 경위도 등간격(예 4/3)이라고 하는 수평간격을 이용하게 된다. 다양한 전파예측에 모델은 수평해상도에 따른 요구사항뿐 아니라 수평해상도 변화에 따른 차이를 가질 수 있다. 항상 전파예측의 정확도를 향상시키기 위해서는 주어진 전파예측 방법과 함께 수평해상도가 증가하는 경우 항상 예측의 정확성이 향상된다고 가정해서는 안 된다.

전파예측 모델에 있어서의 정확도는 topographic DB에 의존하고 있는 지형고도 데이터의 정확성에 심하게 영향을 받을 수 있다. 지형고도의 정확성은 일반적으로 RMS 에러 값으로 표시된다. 수평 해상도, 수직의 정확성 및 전파예측 방법 등은 계산하는 모든 결과에 영향을 미친다. 일반적으로 보다 세밀한 결정적 전파예측방법은 좀 더 높은 해상도와 topographic 데이터에 정확성을 필요로 한다. 그러나 각각의 사안들은 개별적으로 다르기 때문에 많은 시간과 노력이 필요하다. 권고 1058은 지형고도 데이터에 있어 r.m.s.에러 15m는 여러 가지 상황에서 받아들일 수 있는 값을 언급하고 있다. 그러나 실제로 r.m.s.에러 15m는 이동통신 환경이나 정밀 전파예측을 위해서는 부족한 값으로 최근 표준화에 논의되고 있어 관련 에러 최소화를 위한 표준화 연구가 필요한 실정이다.

Grid 데이터로서 전파예측과 radio planning(무선계획)에 이용되는 가장 대부분의 topographic DB는 선택된 좌표체계에서 등간격의 2차원 데이터를 이용한다. 높이의 self-indexing 배열로 구성된 수평좌표는 단지 기준점을 제공하는데 필요하다는 장점이 있다. 직각 좌표계에 투영된 수평데이터 간격은 완전한 DB를 통해 같아질 것이다. 경위도 좌표계 있어서의 경도 간격은 근사적으로 일정한 경도 scale-factor를 유지하기 위해 때때로 위도 증가를 통해 step을 증가시킨다.

Grid된 데이터저장은 전파특성 연구를 위해 topographic DB로 권고하고



있다. 또한 스토리지 공간을 줄이고 지형고도를 좀더 효과적으로 제공하기 위한 topographic 데이터의 저장방법에 대해 다음과 같은 정보를 제시하고 있다. 비록 error-free는 아니고 일반적으로 큰 압축비율은 특별한 방

법의 사용으로 유용할 수 있지만 다음과 같은 영상압축 표준방법은 임의의 topographic 데이터 압축으로 사용될 수 있다. grid된 데이터의 압축 예로 JPEG에 기본알고리즘인 DCT(이산 코사인 변환, Discrete cosine transform)와 만약 실제 높이와 저장을 위해 Huffman 인코드한 주변 지점으로 예측한 높이가 차이가 있다면 특별히 유용한 error-free인 Huffman 코딩의 다양한 유형이 있다. 또한 quadtree 노드방법을 사용하여 효율적으로 연결되어 저장할 수 있는 지형 불규칙성에 의한 여러 포인트 간격의 사용 등이 있다. 지형고도자료가 불규칙하게 위치한 지점을 위해 충분한 수평해상도를 가진 유효한 곳에서는 보통 능선과 골짜기 선과 같이 선택된 지형구조를 표현하기 쉽도록 일반적으로 GIS에서 사용하는 TIN(불규칙삼각망, triangulated irregular network)방법이 그 이점을 가지고 있다.

TIN은 디지털 GIS에서 지형을 가장 효율적이고 편리하게 표현하는 방법 중의 하나로, 하나의 지형을 3개의 표본 정점들로 연결된 삼각형 조각들의 집합으로 표현하는 것이다. 일반적으로 TIN은 불규칙적인 x , y 좌표와 z 값의 간격으로부터 계산된 삼각형의 집합으로서 서로 겹치지 않는다. 또한 TIN은 경사, 각도, 표면적, 길이의 계산, 부피측정과 토공량 분석, 등고선 생성, 표면 z 값의 보간 등에 유용하다. 특히 도랑이나 하천의 중앙선, 제방, 봉우리와 같은 작은 개체의 정확한 위치를 나타낼 경우에는 DEM 보다 TIN을 사용하면 더 정확하게 모델링이 가능하다. TIN 모델은 다양한 해상도와 불연속선을 제공함으로써 인공지물을 포함하고 있는 지형의 정보를 얻을 수 있게 해주는데, 특히 TIN에 의해 제작된 DSM(Digital

Surface Model)은 도시 지역에서 활용도가 높아지고 있으며 특히 통신 부지계획 등에 활용된다. 참고로 DSM은 DEM, DTM과 유사한 뜻으로 사용되지만, 지표면의 표고값이 아니라 인공지물과 지형지물의 표고 값을 나타내며 원거리통신관리, 산림관리, 3D 시뮬레이션 등에 이용된다.

Grid된 지형고도 값은 일반적인 지형고도의 다양한 측면을 나타내기도 한다. 첫 번째로 수평데이터 간격과 같은 측면을 가지는 정사각 영역에서의 최고, 최저, 중간 또는 특정높이가 있다. 두 번째로 다른 곳에서의 높이의 제공 없이 표현되는 단일지점의 고도 등이 있다. 이와 같이 어떤 높이의 선택은 path profile을 DB로부터 어떻게 추출하느냐와 전파예측에 있어 어떻게 높이 정보로 작용하느냐에 영향을 줄 것이다. 지형DB로부터 전파 경로에 대한 추출에 관하여 권고 P.1058은 다음과 같이 제안한다. 임의의 두 지점에서 프로파일을 그리기 위해서는 grid에 근거한 DB의 데이터 지점을 프로파일에 정확히 일치시켜야 한다. 지형고도 추출방법은 여러 가지가 있다. 먼저 일반적인 등가간격(equally-spaced)으로 프로파일 지점을 선택하는 방법이 있으며, bilinear 보간방법을 통해 근사적으로 추출하는 방법이 있다. 이 밖에 TIN-based DB로부터 추출하는 프로파일도 적용이 가능한 것으로 권고하고 있다.

1GHz 이상의 도시지역에서의 전파예측모델을 위한 topographic DB의 경우 단순 DEM만을 고려하는 것이 아니라 빌딩 표면의 반사까지도 고려해야 한다. 따라서 이런 경우 도로폭과 건물의 모양과 높이를 포함하도록 DB를 구축해야 한다. 도시지역의 전파예측 계산을 위해서 권고 1058은 두 가지 접근을 방법을 제시하고 있다. 첫 번째는 5~10m의 수평간격과 ground cover (지표피복)데이터의 일부로서 빌딩정보를 이용하여 계산하는 방법이 있으며, 두 번째는 방법은 각 빌딩의 모양을 정의한 꼭대기점의 좌표에 의한 벡터 DB를 이용하여 계산하는 방법이 있다. 그러나 아직까지 이러한 두 가지 방법은 전파계산에 있어 현재까지 충분히 검증되지 않았다고 권고도 하고 있다. 마지막으로 관련 권고는 지리적 정보를 ground cover에 대한 거시적인 분류에 의해 대분류 9개, 중분류 33개의 2단계 체계로 분류하고 있다. 이러한 분류는 특정한 지역(예로 100m 정사각형)의 지표특성 및 유형을 코드화 하여 전파분석에 활용하는 것인데, 코드 분류를 위해 높이 H와 밀도 D, G(ground cover의 폭)를 이용하여 표 2와 같이 DB화 할 수 있다.

표 2. 지형 모폴로지 분류(Macroscopic한 ground cover DB의 카테고리) [2]

분류	지역 및 서브코드	ground cover의 분류형태
00		Unknown
10	RURAL OPEN	
	11	방목지, 목초지
	12	Low crop fields
	13	High crop fields (e.g. vines, hops)
	19	Park land
20	TREE COVERED	
	21	Irregularly spaced sparse trees
	22	Orchard (regularly spaced)
	23	낙엽수 (irregularly spaced)
	24	낙엽수 (regularly spaced)
	25	침엽수 (irregularly spaced)
	26	침엽수 (regularly spaced)
	27	Mixed tree forest
	28	Tropical rain forest
30	BUILT-UP AREA	
	31	Sparse houses
	32	Village centre
	33	Suburban
	34	Dense suburban
	35	Urban
	36	Dense urban
	37	Industrial zone
40	DRY GROUND	
	42	Sand dunes
	43	Desert
50	WET TERRAIN (no trees)	
	52	Marshlands
	54	갯벌(Mud flats)
60	FRESH WATER	
70	SEA WATER	
80	CRYOSPHERE	
	82	Sea ice
	83	Freshwater ice
	84	Glacier
	86	Dry snow
	88	Wet snow
90	OTHER	(Specify)

표2와는 별개로 도시환경에서의 전파분석을 위해 만든 카테고리는 다음과 같다.

표 3. 특별한 구조를 위한 ground cover 추가 변수와 카테고리 [2]

Ground cover 카테고리	변수
Row of buildings(길을 따라 위치해 있는 전형적인 테라스집, 독립적으로 위치한 건물배열)	- 평균 빌딩높이(Mean building height) - Coordinates at end points of row
Isolated building (광장안에 고립된 빌딩)	- 빌딩 높이 - 빌딩 중심 좌표 - 빌딩 영역
Line of trees (전형적인 나무가 일렬로 세워진 도로)	- 평균 나무 높이 - Coordinates at ends of tree line
Towers (전기철탑, wind 터빈 등)	- 사물의 높이 - Coordinates at centre of feature

이 밖에 관련 권고는 방송전계 분석을 위해서는 인구자료에 대한 적용도 필수적이다. 인구와 ground cover, 지형고도를 동일한 수평간격 사용하는 것은 전과분석에 편리하게 작용할 수 있다고 권고하고 있다.

제2절 ISO/TC211 [5]

지리정보관련 표준화는 국제적으로 사설표준과 국가표준 두 개이며 OGC(Open Geospatial Consortium)와 ISO/TC211로 구분된다. OGC는 주로 지리정보시스템을 개발하는 Oracle, Intergraph, ESRI와 같은 기업을 중심으로 구성되어 있으며 영국의 Ordnance Survey나 우리나라의 국립지리정보원 등과 같은 정부 기관도 참여하고 있다. 두 번째 국가표준인 ISO의 지리정보표준화 위원회인 TC211은 주로 정부기관을 중심으로 참여하고 있다. 참고로 이 두 표준화 그룹은 상호 연락문(Liason)을 이용하여 상호 표준을 통일하는 작업을 진행하고 있으며 각 그룹에서 만들어진 표준을 상호 적극 검토하여 두 표준 사이의 충돌이 없도록 하고 있다. 여기서는 국제 표준 기구인 ISO/TC211의 표준화 동향만을 다루겠다. ISO/TC211 표준화 그룹은 1994년 6월, 지구의 지리적 위치와 직·간접적으로 관련 있는 객체나 현상에 대한 정보표준 규격을 제정하기 위해 구성되었다. 2008년 12월 현재 투표권을

행사하는 나라(Participating members)는 31개국이며, 참관회원(Observing members)은 31개국이다. 우리나라는 지식경제부 기술표준원, 국립지리원을 대표로 하여 투표권을 행사하고 있으며, TTA와 함께 국내표준도 진행중이다. 2008년 말 현재 Geospatial Services(WG4) Imagery(WG6), Information Communities(WG7), Location Based Services(WG9), Information Management (WG10) 활동하고 있다. 이들 5개를 제외한 ISO/TC211에서 표준화된 GIS 표준안은 기존 WG1의 미션인 프레임워크와 참조모델에 대한 부분, WG2 및 WG3, WG5의 data 모델과 응용 등이 표준화 되었으며, 각 그룹에서 표준화된 결과는 ISO 19101 ~ 19127까지 개념적, 시간적, 공간적 스키마 언어 및 응용 스키마를 위한 규칙과 좌표에 의한 공간참조 등이 있으며 표준결과는 표4와 같다.

표 4. ISO/TC211 표준화 현황

작업그룹	ISO 표준번호	내용
WG1(프레임워크 및 참조모델)	19101	참조모델
	19102	Overview
	19103	개념적 스키마 언어
	19104	용어
	19105	적합성 및 시험
	19121(기술보고서)	영상 및 그리드 데이터
	19124(기술보고서)	영상 및 그리드 데이터 컴포넌트
WG2(지리데이터 모델 및 연산자)	19107	공간 스키마
	19108	시간 스키마
	19109	응용 스키마
	19123	커버리지 기하 및 함수를 스키마
WG3(지리데이터 관리)	19110	지형 목록(cataloging) 방법론
	19111	좌표계에 의한 공간 참조
	19112	지리적 Identifiers의한 공간 참조
	19113	품질원리
	19114	품질평가절차

작업그룹	ISO 표준번호	내용
	19115/19115-2	메타데이터/이미지와 그리드 확장
	19126	프로파일(Facc data dictionary)
	19127	측지코드 및 변수
WG4(지리서비스)	19116	위치인식서비스
	19117	Portrayal(묘사)
	19118	인코딩
	19119	서비스
	19125	단순지형접근 - sql 옵션
WG5(프로파일과 기능표준)	19106	프로파일(절차 표준)
	19120(기술보고서)	기능표준
	19122(프로젝트)	전문인력 자격 및 인증

이 밖에 표준은 ISO 19129 이미지,그리드와 커버리지 데이터 구조, 19130 이미지와 그리드 데이터를 위한 센서와 데이터 모델, 19131 데이터 생산 명세, 19132 ~ 19134 위치기반서비스 가능한 표준, 추적과 네비게이션, 멀티모델 위치기반 서비스, 19136 지리적 마크업 언어, 19137 일반적으로 사용되는 공간스키마와 유사한 다른 중요한 스키마의 프로파일, 19138 데이터 품질측정, 19139 메타데이터-실행명세 등이 있다. 참고로 지난 08년 12월 일본 쓰구바에서 열린 표준화 동향은 유비쿼터스 지리정보를 위한 표준화 요구사항과 위치정보에 관한 표준화가 진행되었다.

이러한 ISO/TC211 표준에서 DEM과 같은 전파예측에 필요한 요소를 선택한다면 ISO 19111 좌표에 의한 공간참조, 19113,19114 품질 원칙 및 평가 절차, 19121~ 19124, 19129 이미지와 그리드 데이터에 대한 구조 등이 포함된다. 이와 함께 ISO 19138의 데이터 품질측정도 매우 중요한 표준 요소이기도 한다.

현재 논의되고 있는 표준은 3차원 공간정보 모델링 표준과 상호운영에 관한 표준으로 국내와 마찬가지로 도시계획과 시설물 관리, 더불어 전파분석 및 전파감시 등을 위하여 3차원 공간객체에 관한 기술적 수요가 빠르게 증가하고 있는 추세이다. 그러나 이들 분야는 아직 기술적 수요에 비해 개발이

아직 충분치 않으며, 유럽의 일부도시에서는 도시 모델과 3차원 공간정보 모형모델을 구축하려고 노력 중이다. 국내와의 연계적 상황으로 TTA의 지리정보교환에 관한 표준 등이 지속적으로 표준화 추진 중에 있다.

제3절 USGS 및 SRTM 동향 [7] [8]

1. USGS(U.S. Geological Survey) 동향

미국은 1994년부터 연방정부차원의 국가공간정보기반(NSDI, National Spatial Data Infrastructure) 프로그램을 수행하여 지리공간데이터의 획득과 처리, 저장, 배분, 그리고 이용에 관한 기술, 정책, 표준 등을 수행하여 왔다. 연방정부에서 다양하게 추진하고 있는 측량, 지도제작 등을 범 정부개념으로 추진하고 2002년부터는 연방지리데이터위원회(FGDC, Federal Geographic Data Committee)의 임무를 개편하여 보다 체계적인 업무수행을 추진하여 왔다. 그러나 미국의 공간정보프로그램과는 별개로 USGS(US. Geological Survey)의 경우 전파분석에 필요한 DEM 제작을 추진하여 왔다.

USGS는 미국 전체의 물, 지구, 생태과학 그리고 민간 매핑기관으로서 모니터, 분석, 수집 및 천연자원 조건 등 과학적인 이해를 통해 미국을 중심으로 다양한 정보를 제공하고 있다. 1879년 세워진 USGS는 단순 지도제작 뿐 아니라 지구 특성 분석, 생태 및 환경, 수자원 등의 다양한 업무를 수행하고 있다.

보통 DEM 파일은 USGS와 NASA가 제공하는 두 가지 type의 데이터 파일이 있다. 국내의 경우 국립지리원에서 발행하는 DEM이 있다. 이것은 수치지도로부터 추출하는 자료이며, 좀 더 정밀한 DEM을 추출은 어려운 실정이다. USGS가 제공하고 있는 DEM 형식은 UTM 형식의 7.5분 데이터에서 arcsecond 형식의 1도 데이터까지가 있다. 1929 datum과 1983 datum으로 구성된 UTM 좌표기반의 7.5min DEM는 프로파일 간격으로 grid 간 수평간격이 1~30m로 구성되어 있고, 경위도 기반의 30min DEM은 프로파일 간격으로 각 프로파일로 2arc second로 구성되어 있다. 1도 DEM의 경우 프로파일 간격 3 arc(위도 50도 이하)에서, 위도 50N ~ 70N은 6arc이며, 위도 70N 이상의 경우 9arc로 제공한다.

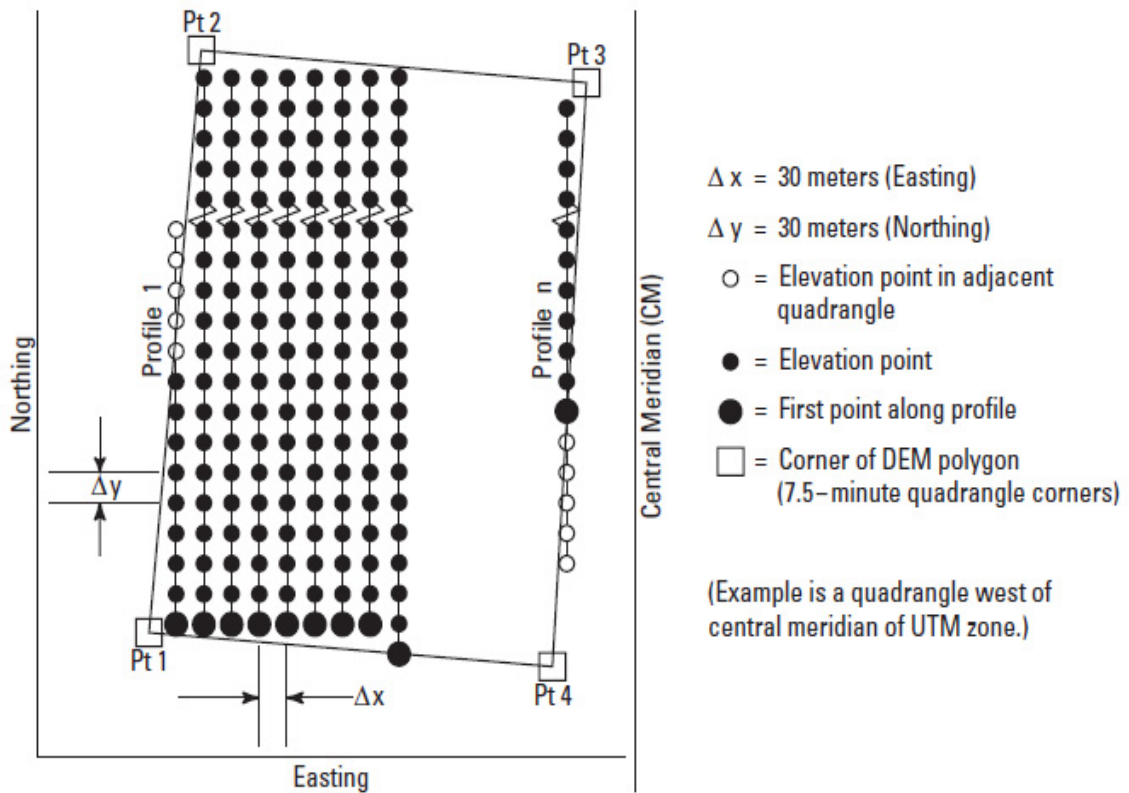


그림 5. 7.5m DEM 모델 구조

USGS의 수치고도모형 기준에서는 수치고도모형 grid간격에 따른 기준 좌표계, 도곽단위, 표고기준 및 사용범위에 대하여 명시하고 있다. 또한, 3 단계 레벨에 따라 오차범위를 정의하고 있다. 미국의 경우 정확도를 평가하기 위해 최소 28개 이상의 고도 검사점을 이용하며, 이중 8점은 도곽상에 있는 지점을 고도로 이용한다. 이들 검사점은 기준선, 사진 기준점, 독립된 점형 건물, 원시자료 등고선상의 지점등으로 개발한 것이다. 이들 높이의 정확도는 검사시 검사점의 90% 1.2이내에 있어야 한다고 명시하고 있다.

표 5. 미국 수치고도 모형의 RMSE 허용범위

구분	RMSE 허용범위	원시자료
level 1	$\pm 7m \sim \pm 15m$	해석도화기또는 GPMII 로추출
		등고선을수치화하고보간법으로추출
level 2	원시자료등고선간격의 1/2을넘지않아야함	등고선을수치화하고보간법으로추출
level 3	원시자료DLG 등고선간격의 1/3을넘지않아야함	DLG의고도자료(등고선및고도점)와 수계자료(호수, 하천, 해안)로부터추출

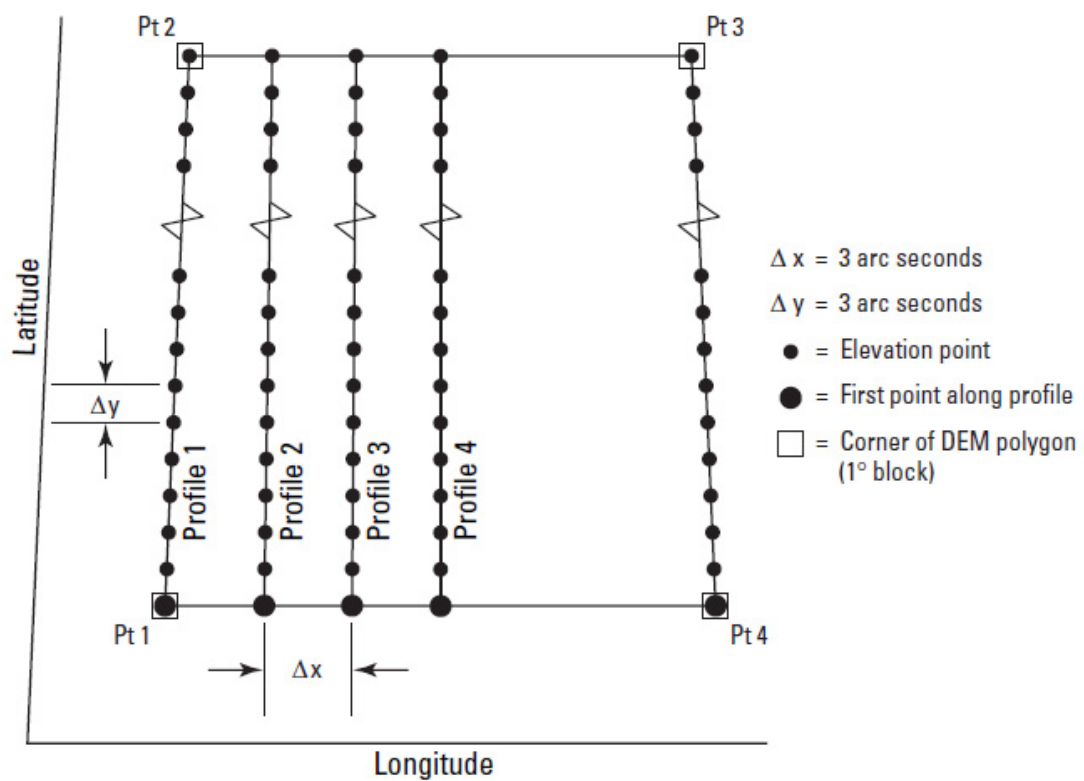


그림 6. 3arc second DEM 모델 구조

보통 우리가 GIS업무에서 이야기 하는 DEM(Digital Elevation Models)은 DTM(Digital Terrian Model)과 비슷한 의미로 사용된다. USGS에서 정의하는 DEM은 보통 높이의 기준으로부터 측정한 z 값을 사용하여 x , y 방향으로 일정한 간격의 지형에 대한 높이 값을 수치지도 형식으로 표현한 것이다. 또한 식생과 인공지물을 포함하지 않는 지형만의 높이를 의미하며, 강, 호수의 DEM 높이 값은 수표면을 나타낸다. DTM과 유사한 DTED(Digital Terrain Elevation Data)는 NIMA(National Imagery and Mapping Agency)에서 작성한 정의로 DEM과 유사하게 사용한다. DTM은 DEM과 유사하지만 불규칙한 간격을 갖는 불연속선(breakline)이 존재한다. 이와 함께 DSM(Digital Surface Model)이라는 정의도 있다. 보통 DSM의 DEM, DTM과 유사한 의미로 사용되고 있지만 지표면의 고도 값이 아니라 빌딩과 같은 인공지물과 지형지물의 고도 값을 아래의 그림과 같이 함께 나타내는 것이다.

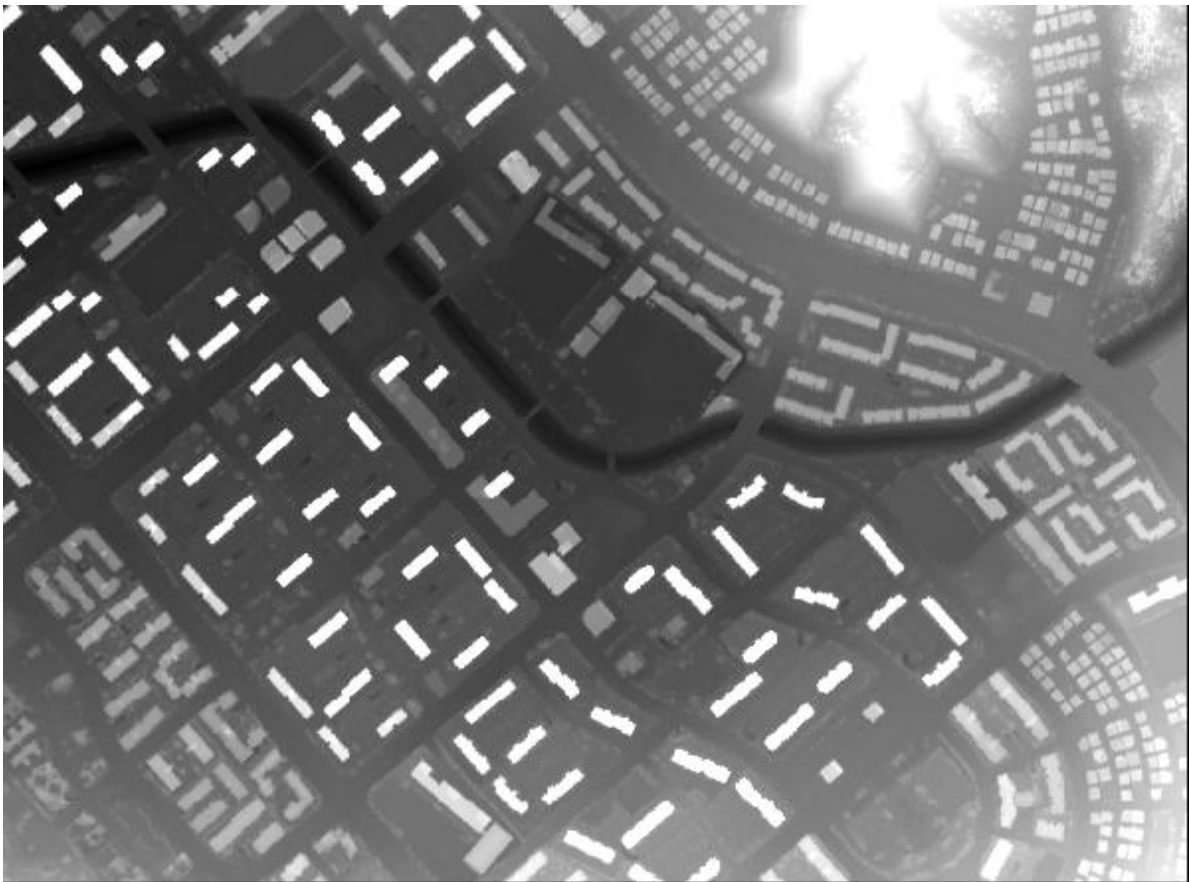


그림7. 높이에 따라 밝기의 값을 다르게 표시하고 있는 DSM의 모습

2. SRTM(Shuttle Radar Topography Mission) 동향

SRTM(Shuttle Radar Topography Mission)은 간섭계(interferometry) 원리를 이용하여 NASA에서 제작한 DEM 자료이다. 지구 전체의 고해상도 지형 정보를 구축하기 위해 수행된 SRTM 프로그램은 우주왕복선 엔데버호를 이용하여 만든 DEM이다. 엔데버호의 C-band 안테나와 X-band 안테나를 이용하여 아래의 그림과 같이 남위 60도에서 북위 60도까지 전체 DEM을 11일 동안 구축하였다. 관련 해상도는 전 세계의 경우 90m 해상도를 가지고 있으며, 미국의 경우 30m(1arc) 해상도의 DEM을 구축하였다.

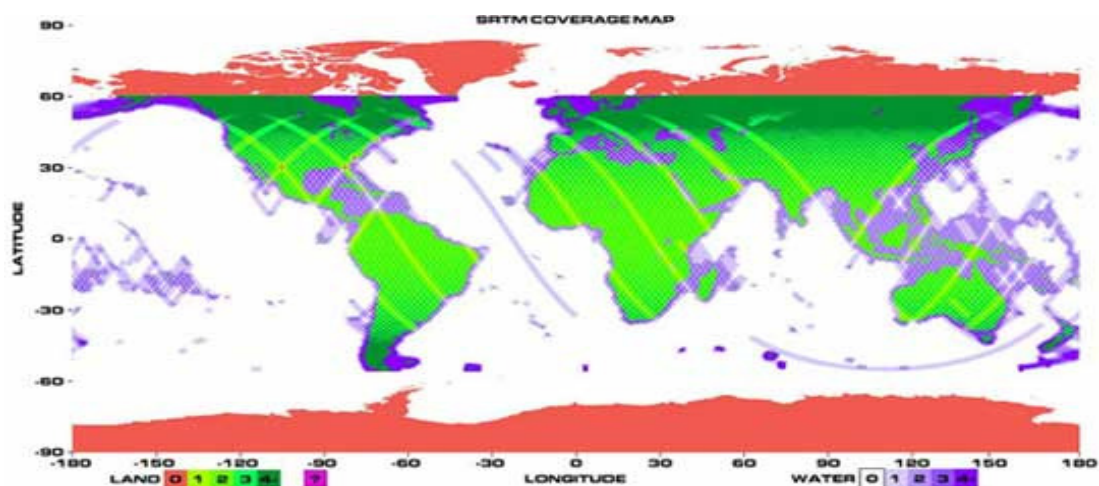


그림 8. SRTM에서 스캔한 지구 전체 모습(녹색 부분 측정된 부분)

SRTM 프로그램은 LiDAR(Light Detection And Ranging) 등의 원격탐사 기술을 이용한 정확한 DEM 추출을 위해 추진되었다. LiDAR(Light Detection And Ranging)는 능동센서로서 지표면에 레이저를 주사하여 돌아오는 시간을 측정함으로써 표고 데이터를 측정하는 방법을 이용하였다.

SRTM 데이터는 제트추진연구소(JPL)의 디지털 해발 고도의 원시 레이더 echo로부터 처리된다. 이러한 원시 데이터 파일 샘플 1 arc second(적도에서 약 30m)의 간격을 갖는다. 이러한 데이터는 NGA(National Geospatial Intelligence Agency)에 의해 만들어졌다. 래스터 데이터로 구성되어 있는 SRTM 자료는 Web에서 다운로드할 수 있는 영역을 최대 30평방 도의 경위도(100 Mbyte 파일)로 제한하였다. 또한 데이터는 가로 및 세로 EGM96 Geoid를 참조하여 경위도를 지리적 위치로 표시하였다.

제3장 전파예측 모델과 지형요소와의 상관분석

제1절 지형 모폴로지를 이용하는 전파예측 모델

지형 모폴로지를 이용하는 전파예측 모델은 주로 이동망과 방송망 전파 분석에 이용된다. 전파감시의 경우도 간단하고 빠른 전파환경 분석에서는 지형 모폴로지를 이용하지만 대체로는 점대점 분석과 같은 지형요소에 종속된 굴절모델이 더 적합하다.

주로 이동통신에 많이 활용되는 전파예측 모델은 주파수 대역이 30MHz의 VHF(Very High Frequency) 대역부터 40GHz의 SHF (Super High Frequency) 대역까지 전파전파 모델을 고려하여야 한다. 현재 국내외에서 약 3GHz 정도 까지 실용화된 전파모델을 적용하고, 3GHz 이상 대역에 대해서는 ITU-R 권고 P.1411에서 광대역 단거리 전파전달 특성에 관하여 취급하고 있다. 지형 모폴로지를 이용하는 전파예측모델로 Hata 모델, Walfisch Ikegami 모델, cost-231 모델 등이 있다. 이밖에 P.1546 모델도 포함되어 있다.

먼저 HATA 전파예측 모델에 적용되는 파라미터 값은 주파수의 경우 100~3000MHz, 송수신거리는 1~100km, 기지국 안테나 높이는 30~300m, 단말기 안테나 높이는 1~10m 범위에 있다. 도시타입에 관련된 파라미터 C(O=중소 도시, 1=대도시), 빌딩밀집도 B(일반적용=15.849, 3~50%) 및 전파환경에 관련된 파라미터 E(0=open area, 1/2=suburban, 1=urban)로 적용할 수 있다. 여기서 지형 모폴로지의 경우 도시타입과 빌딩 밀집도를 구분하고, 특히 전파환경에 포함된 E를 이용하여 감쇠계수를 계산한다.

보통 Hata(Modified Hata)모델의 경우 전파 경로 손실에 대해 다음과 같은 수식으로 표현할 수 있다. [3]

$$L = L_b + a(h_m) + S_o + S_{ks} + B_o$$

여기서

L_b : 기본손실에 관련된 항목

$a(h_m)$: 주파수와 이동 단말기에 관련된 보정항목

S_o : 전파지형 모폴로지에 관련된 파라미터 보정항목

S_{ks} : 지구등가계수에 관련된 항목으로서 주파수와 기지국 높이 및 송수신 거리에 관련된 파라미터 보정항목

B_o : 전파지형의 빌딩 밀도에 관련된 파라미터 보정항목

다시 전파지형 모폴로지에 관한 항목 S_o 은 다음과 같이 수식과 그림 9와 같이 표현할 수 있다.

$$S_o = (1 - F) ((1 - 2F)L_o + 4FL_{su})$$

여기서,

$$L_o = -4.78 (\log_{10} f)^2 + 18.33 \log_{10} f - 40.94, \quad \text{open area}$$

$$L_{su} = -2 (\log_{10} (f/28))^2 - 5.4, \quad \text{suburban or rural}$$

밀집 도심지역의 경우 L_{su} 는 0으로 처리하였다.

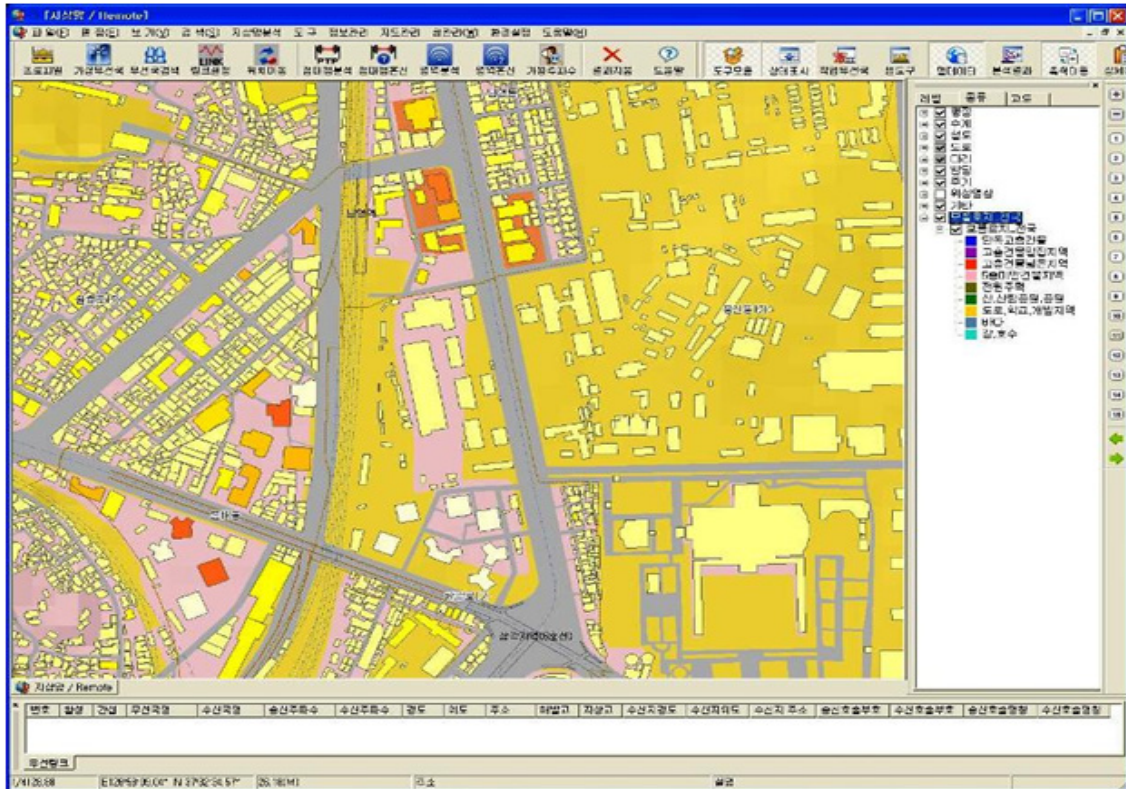


그림 9. SMI에서의 지형 모폴로지

Walfisch-Ikegami 모델의 경우 도심지역의 빌딩 밀집지역에 있어 이동통신 전파환경에 유효하게 적용되는 전파모델로, 셀 내의 건물의 위치나 크기 등과 건물 사이의 지표에 의한 반사나 지표 위의 이동체, 보행자 등을 고려하고 있다. 특히 도심에 적합하게 구현한 모델로서 송신국의 안테나 높이가 송신국

에서 가까운 건물들의 높이보다 높거나 약간 낮은 경우에 정확한 값을 얻을 수 있다. 또한 관련 모델은 일정한 높이의 전파 장애물(빌딩 배열구조)이 주기적으로 놓여있는 경우에 적합한 모델로서 대규모 아파트 단지 등에서의 전파전파 특성을 예측할 수 있도록 파라미터를 설정하였다. 전파지형에 관한 부분은 Hata 모델과 같이 전파지형에 따른 모폴로지를 적용하여 사용한다.

Cost231 모델의 경우 Okumura-Hata모델에서 COST-231 모델로 보정하면서 주파수에 대한 계수와 상수항이 보정되었으며, 서비스 지역의 지형 모폴로지에 의한 보정계수가 추가되었다.

COST-231 전파예측 모델은 다음과 같다.

$$L_u = A + B \log d_{km}$$

여기서

$$A = 46.3 + 33.9 \log f_{MHz} - 13.82 \log H_b - a(H_m)$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log H_b$$

위 수식 A에서 전파 모폴로지에 의한 $a(H_m)$ 은 도시형태로 다시 구분하여 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\text{중소도시지역은 } a_m = (1.1 \log f_{MHz} - 0.7) H_m - 1.56 \log f_{MHz} + 0.8$$

$$\text{대도시지역은 } a_m = 3.2 (\log (11.75 H_m))^2 - 4.97$$

f_{MHz} : MHz 단위의 반송주파수(1500~2000MHz의 범위에서 유효)

H_b : m 단위의 기지국 안테나 높이(30~200m의 범위에서 유효)

H_m : m 단위의 이동 단말기의 안테나 높이(1~10m의 범위에서 유효)

d_{km} : kilometer 단위의 사이트반경(1~20km의 범위에서 유효)

교외지역(Suburban Area)이나 농어촌(Open Area) 지역은

$L_{suburban} = L_u - 15.11$, $L_{suburban} = L_u - 15.11$ 로 표현할 수 있다.

이상과 같이 전파예측 모델의 경우 전파지형에 대한 해석의 차이로 모델에 대한 정의와 수식에 차이가 발생한다.

이 밖에 ITU-R P.1411의 경우 전파환경에 따른 모폴로지와 지형에 관한 연계성을 다음과 같이 그림 10과 표5와 같이 표현하고 있다. [3] [4]

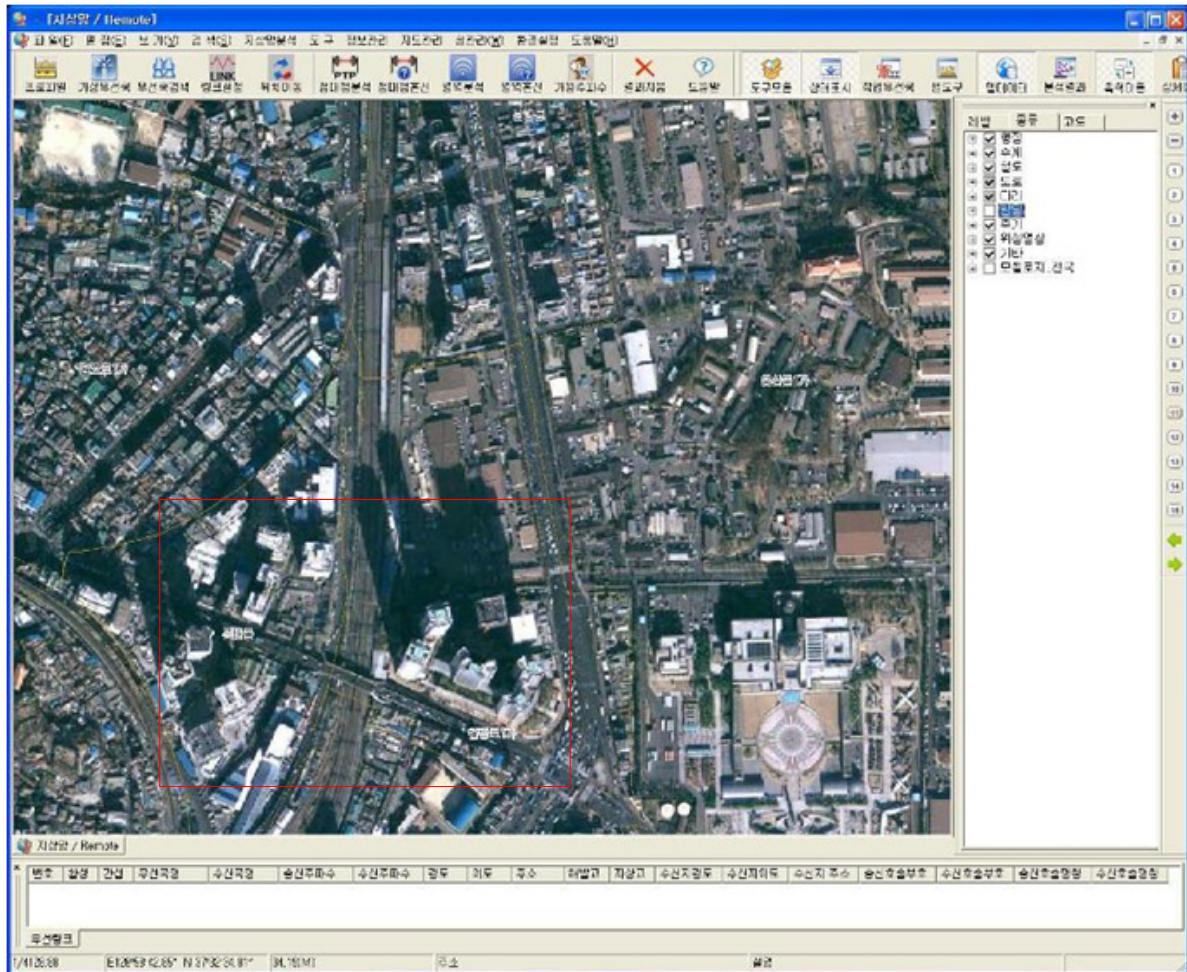


그림 10. 실제 SMI에서의 고층빌딩 포함된 도시 위성영상

표 6. P.1411의 전파환경에 따른 모폴로지 특성[3]

환경	전파환경에 따른 모폴로지 특성에 관한 내용
높은 빌딩이 있는 도시 * 그림 10의 박스 내 유형	<ul style="list-style-type: none"> - 도시 협곡[수십 층의 높은 빌딩들이 거리를 중심으로 줄지어 있는 상황] - roof-tops 회절이상으로 전파되게 하는 빌딩 높이 - 열 지어진 초고층 빌딩에 따른 긴 경로지연 - 반사파에 도플러 편이가 추가된 반사체로서 움직이는 수많은 차들이 반사체로 작용
낮은 빌딩이 있는 도시/ 외곽 도시	<ul style="list-style-type: none"> - 전형적인 넓은 거리가 있는 곳 - roof-top 회절을 일으키는 3층 이하의 건물의 높이 - 이동 매체로부터 반사와 shadowing이 가끔 일어나는 곳 - 주된 효과로 오랜 지연과 작은 도플러 편이가 일어나는 곳
거주지	<ul style="list-style-type: none"> - 단독과 2층을 구성된 거주지역 - 도로는 일반적으로 양쪽 측면에 차가 주차된 두 개의 넓은 골목길 - 가능한 나무 잎이 무성한 지역 - 자동차 소통이 항상 적은 곳
농촌(시골) 지역	<ul style="list-style-type: none"> - 큰 정원에 의해 둘러싸인 작은 집 - 대지 높이의 영향을 받는 곳 - 가능한 나무 잎이 무성한 지역 - 자동차 소통이 가끔 높은 곳

이러한 지형 모폴로지는 전파분석과 감시에 있어 계산속도를 빠르게 할 수 있는 이점이 있으며, 모폴로지 특성을 간편한 상수로 저장하기 때문에 지형변화가 있을 때마다 변경해야 하는 상황이 발생된다. 물론 모든 전파예측 모델은 지형의 변화에 의존하기 때문에 지형변화에 대한 수정은 불가피하나 전파분석의 신뢰도를 저하시키는 측면에서는 많은 문제를 가지고 있다. 따라서 영국을 비롯한 각국에서 고려하고 있는 지형 모폴로지의 유형사항을 표 6과 7에 각각 살펴보았다.

표 7. 영국의 BT사에 제공하는 지형 모폴로지의 유형

British Telecom categories of land usage :

Category	Description
0	River, lakes and seas
1	Open rural areas : e.g. fields and heathlands with few trees
2	Rural areas, similar to the above, but with some wooded areas, e.g. parkland Wooded or forested rural areas
3	Wooded or forested rural areas
4	Hilly or mountainous rural areas
5	Suburban area, low density dwellings, e.g. council estates
6	Suburban area, higher density dwellings, e.g. council estates
7	Urban areas with buildings of up to four storeys, but with some open space between
8	Highter density urban areas in areas in which some buildings have more than four storeys
9	Dense urban areas in which most of the buildings have more than four storeys and some can be classed as 'skyscrapers'. (This category is restricted to the centre of a few large cities)

표 8. 각국의 지형 모폴로지의 유형의 비교

Comparison of BT and other land use categories

BT(UK)	Germany	BBC(UK)	Denmark	Okumura(Japan)	SK Telecom(Korea)
0	4	-	-	Land	0 No Data
1	2	1	0-2	-	1 Open areas
2	3	1	1-2	-	2 Inland Water
3	2	1	4	-	3 Residential
4	2-3	1	-	Undulating	4 Mean Urban
5	1	2	3	Suburban	5 Dense Urban
6	1	2	6	Suburban	6 Buildings
7	1	3	7	Urban	7 Village
8	1	3	8	Urban	8 Industrial
9	1	4	9	Urban	9 Open in Urban
-	-	-	-	-	10 Forest
-	-	-	-	-	11 Park
-	-	-	-	-	12 Para Build High
-	-	-	-	-	13 Para Build Low

앞의 각 국가별 지형 모폴로지 적용특성이 다른 상황은 지형적인 특성과 적용방법의 차이가 있기 때문에 전파특성 계산에 있어 GIS DB 등 그에 따른 충분한 검토와 정의가 필요하다. 또한 지형 모폴로지상에서의 클러스터 높이와 분류에 대한 정의는 ITU-R P.1411에서 표 9와 같이 권고하고 있다.

표 9. 지형 모폴로지상에서의 클러스터(장애물)의 분류와 높이 [3]

클러스터 분류	높이	거리
키가 큰 농작물 밭 공원 불균일하게 들판 들판 난 나무 균일한 간격의 과수원 들판 들판한 집들	4	0.1
마을 중심	5	0.07
활엽수림(불균일) 활엽수림(균일) 혼합수림 숲	15	0.05
침엽수림(불균일) 침엽수림(균일)	20	0.05
열대 우림	20	0.03
교외	9	0.025
밀집 교외	12	0.02
도시	20	0.02
밀집도시	25	0.02
산업지역	20	0.05

제2절 지형요소에 종속적인 회절모델[1]

ITU-R P.526 권고는 크게 지형지물에 관한 사항 중 단순 지형과 복합지형에 관한 회절에 관한 모델로 구분한다. 고정무선 통신망에 송신과 수신 구간에 발생하는 전파손실에 있어 전파 경로에 가장 큰 영향을 주는 지형요소 부분을 회절(또는 굴절)로 이해하여 계산하므로 장거리 전파전달 계산에는 도움이 된다. 전파감시의 경우 단순 좌표추적에 따른 분석의 경우 에러의 원인이 지형의 영향을 받기 때문에 신뢰도 높은 계산을 위해서는 반드시 주변 지형지물의 분석이 필요하다.

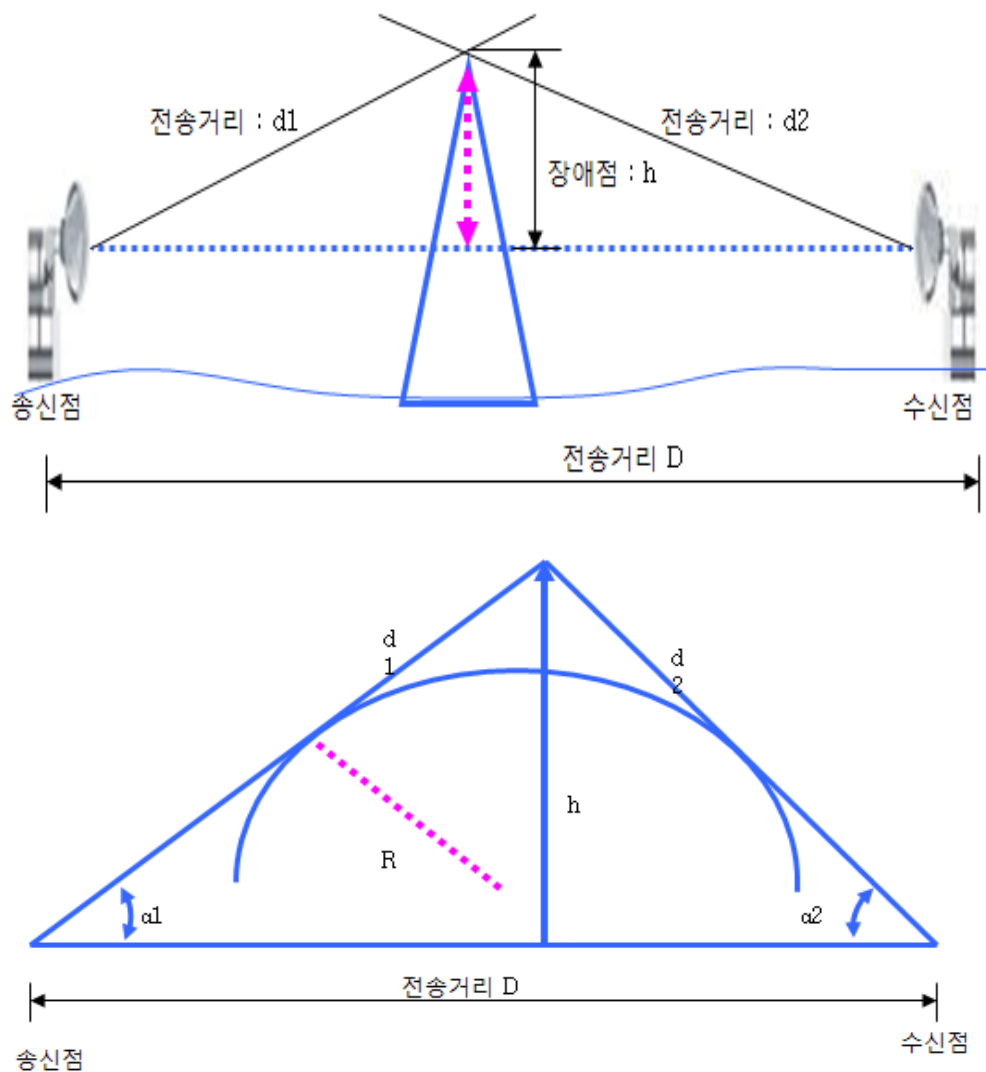


그림 11. 두 송수신지점간의 회절모델(single edge)

회절모델에서는 지형특성에 의존되는 요소는 두 지점간의 거리와 두 지점간의 큰 전파 경로손실의 요소로 작용하는 것이 회절 점의 위치와 높이이다. 회절 점의 위치와 높이와 함께 송수신 지점의 높이도 중요하다. 왜냐하면 양 송수신 지점 간 높이는 가시거리 확보에 따라 전파의 경로손실에 영향을 주고 있으므로 중요한 요소로 작용한다. 따라서 전파경로가 이루어지는 지형의 DEM와 위치좌표는 전파분석에 많은 영향을 준다.

일반적인 전파의 회절손실 모델에서 중요한 역할을 하고 $J(v)$ 는 양 송수신 지점 사이의 h 를 장애지점으로 하는 손실 값이다.

$$J(v) = 6.9 + 20 \log \left(\sqrt{(v - 0.1)^2 + 1} + v - 0.1 \right) \quad \text{dB}$$

$$v = h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)}$$

$J(v)$: h 를 장애지점으로 하는 edge 손실값

v : 회절손실을 구하기 위한 매개변수

h : 장애지점(회절 point) 높이 (m)

λ : 파장 (m)

d_1, d_2 : 송수신지점간의 거리 (km)

하나의 회절뿐 아니라 회절지점이 여러 개인 회절모델에서는 지형특성도 단일 회절모델과 마찬가지로 송수신간의 거리와 회절이 일어나는 장애지점의 높이에 의존되는 요소는 두 지점간의 거리와 두 지점간의 큰 전파 경로손실의 요소로 작용하는 것이 회절 점의 위치와 높이이다. 특히 회절지점이 많은 실제 산악지형에서는 지형정보의 중요성이 무엇보다 중요하며, 따라서 전파 경로에 있어 복합 지형지물의 정확한 위치좌표와 높이를 GIS DB로부터 빠르게 찾아내는 것이 무엇보다 중요한 사항이다. 따라서 GIS DB의 품질관리가 무엇보다 중요하다는 것이다.

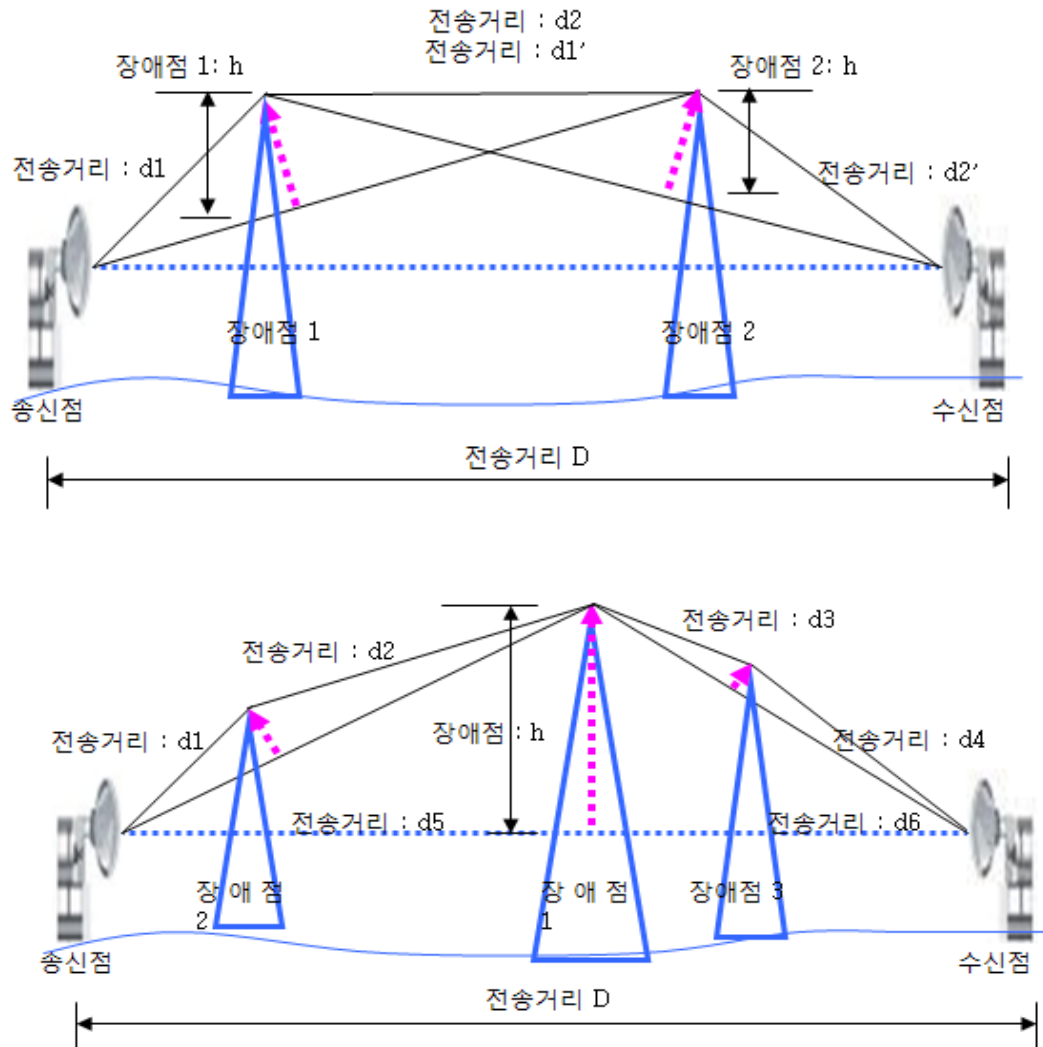


그림 12. 두 송수신지점간의 다 지점(multi edge) 회절모델

그 이유는 전파가 움직이는 경로 profile에서의 지형지물의 역할은 전파가 장애지점에 대한 회절로 인해 shadowing 현상을 일으키고, 그에 따라 전파가 감쇄가 일어나기 때문이다. 또 하나의 문제는 전파분석을 위한 수평 grid 간격과 GIS 상에서의 grid 간격에 대한 정확한 매핑과 분석이다. 앞서 ISO/TC211의 표준에서도 언급했지만 시간적, 공간적 스키마의 선택과 저장, grid와 메타 데이터에 따라 DB 추출속도와 계산속도가 차이가 발생한다.

제3절 Ray Tray 모델과 3차원 지형요소

송수신 지점간의 형성되는 전파경로는 여러 가지 전파현상을 나타내게 된다. 이러한 전파현상을 표현하는 방법 중 전파를 광학적 측면에서 해석한 Ray tracing 기법은 송신 지점에서 복사되는 전파를 Ray로 가정하여 그 Ray가 전달되는 도중의 주변 산란체의 모양에 따라 기하학적으로 반사, 투과 및 회절을 반복해서 수신점에 도달하는 경로를 추적(trace)하는 방법이다. 이렇게 수신점에 도달한 모든 추적한 ray를 중첩의 원리를 이용하여 더한 전자기장 (electromagnetic field)으로 표현한 것이 Ray tracing model 이다. 전파경로를 따라 N번의 Ray가 결정되면 아래의 그림 13과 같이 반사 계수와 회절 계수를 이용하여 전파특성을 분석할 수 있다.

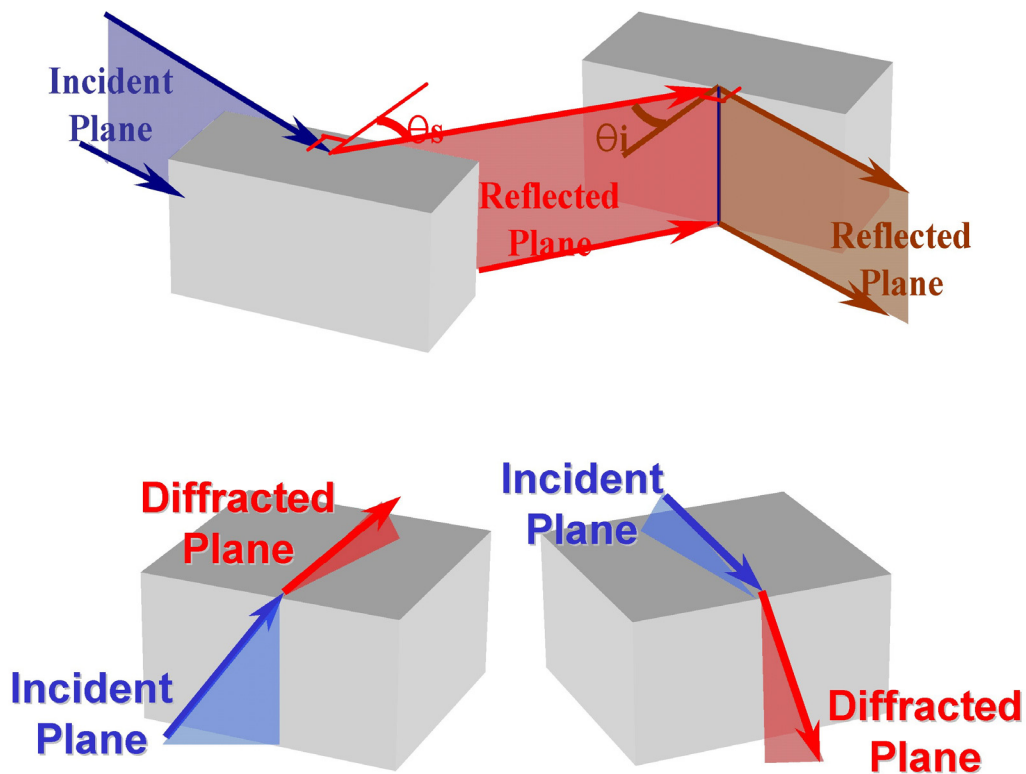


그림 13. Ray tracing에서 반사 및 굴절에 관한 3차원 형상도 [9]

보통 전파모델의 경우 빌딩으로 둘러싸인 시가지 및 실내 공간 등에서는 상당히 많은 오차를 가지고 있었다. 이러한 신뢰도를 극복하기 하기 위해 기존에 음영 지역으로 불려오던 공간에 있어서도 보다 안정적인 통신을 위한 정확한 전파 전달 상황을 이해하는 것이 필요하다. 따라서 최근 Ray tracing 모델을 이용한 전파통신 환경을 정확히 분석하고 이동 통신 등 디지털화에 따른 건물 및 복합장애물 등에 의해 반사, 산란되어 발생하는 다중경로의 수신 펄스 시간 지연에 관한 해석이 필요한 실정이다. 단순 해석 뿐 아니라 MIMO와 같은 고속 디지털 통신의 경우는 실제 이러한 다중 경로의 시간지연을 해석하여 보다 정확하고 고속 데이터를 전송하는 목적을 가지고 있다. 이러한 복합 장애물 구조인 도심 시가지에 대한 전파의 특성을 보다 심도 있게 계산하기 위해서는 건물 벽면의 구조 및 간판 등의 영향도 고려 대상으로 포함시킬 필요성이 있다. 따라서 자세한 지형지물 DB 구축이 무엇보다 중요하며, 특히 대용량의 GIS DB 구축과 빠른 분석을 위한 다양한 DB 추출방법도 개선되어야 할 상황이다.

이러한 상황은 정확한 지형지물 DB 구축과 GIS 품질관리도 매우 중요한 요소로 작용한다.[6]

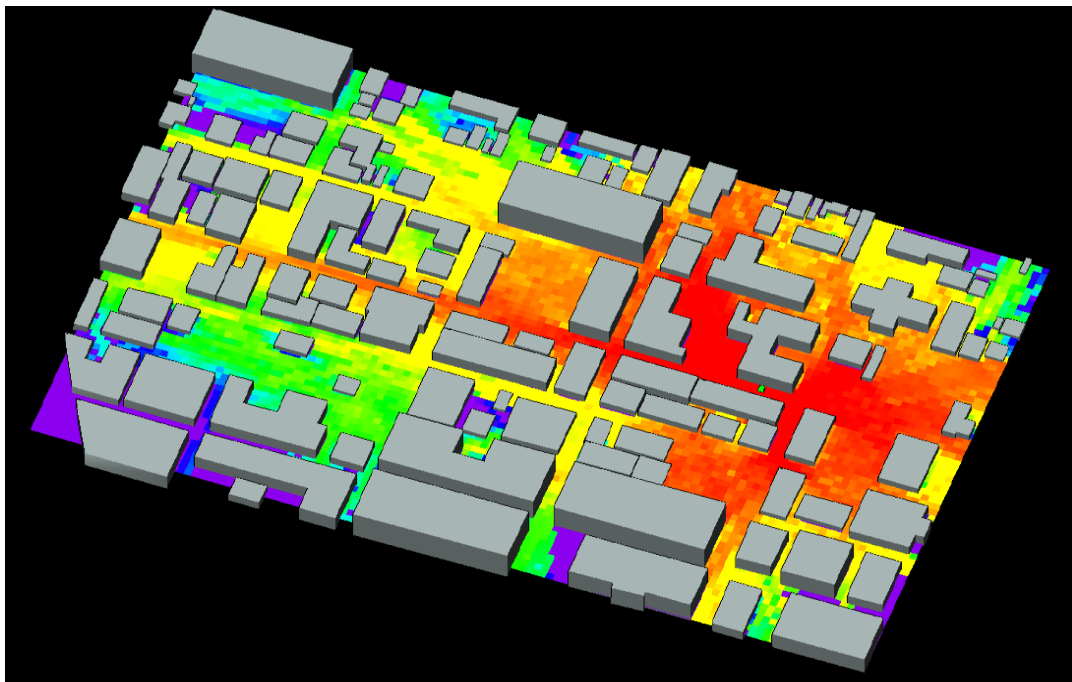


그림 14. 3차원 빌딩 숲에서의 전파되는 전계강도의 분포

특히 그림 14와 같이 3차원 지형요소에서의 전파전달 특성은 2차원 분석보다 매우 복잡하여 GIS DB의 정확한 정보가 필요한 실정이다. 전파경로 분석에 있어 계산에 포함하는 건물 모형 또는 복합 지형물은 전파의 단순 반사체로서만 적용하는 것이 아니라 정확한 반사지점과 산란지점이 필요한 수치정보와 객체속성이 포함된 GIS DB로 적용해야 하기 때문이다.

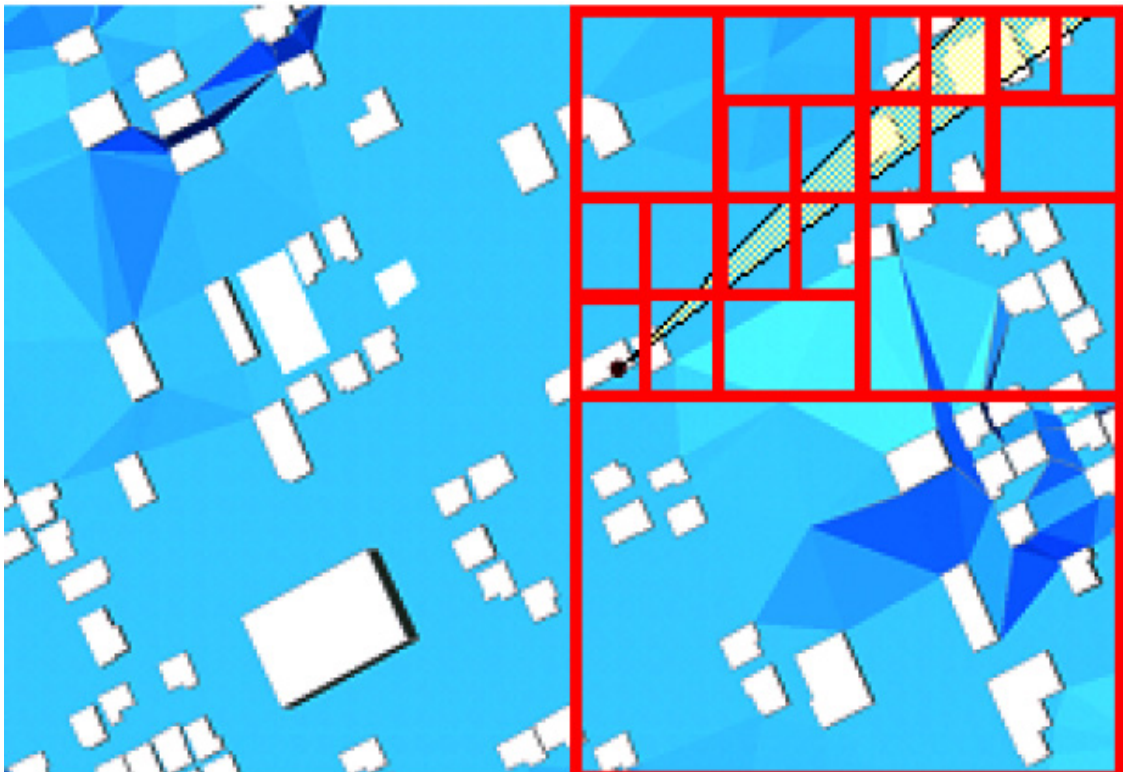
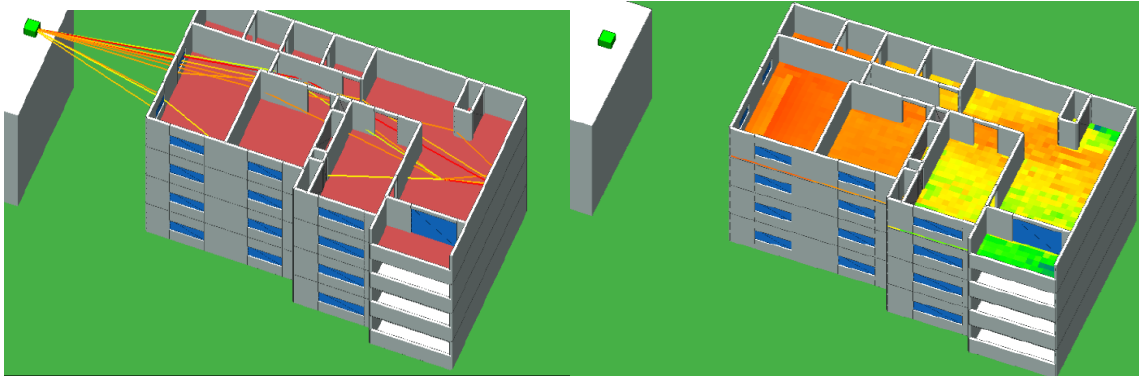


그림 15. 영상처리 방법인 Quad tree 방법(빠른 분석방법)을 이용한 Ray tube에 포함하는 ray 교차면 찾기와 전파분석 결과

그림 15과 같은 Quad tree 방법은 앞서 2장 1절에서도 언급했지만 복잡한 실제 지형에서의 DEM의 정확한 추출과 영상압축 및 복원과정에 이용했던 방법이지만 전파분석의 경우 기존 GIS DB와 전파경로와의 접촉부분 추출에도 적용이 가능하다. 따라서 각양각색의 복잡한 건물이 복합된 도시 전파 환경에서의 전파분석에 필요한 요소는 기존 전파모델로서는 해석이 불가능한 사항이다.

제4절 전파분석과 감시에 영향을 미치는 GIS 품질관리

실제로 전파분석에 있어 기후변화의 중요성도 매우 크다. 그러나 기후에 요소의 경우 대부분 통계에 관한 사항으로 위성통신 및 고정통신 영역에서 지역적인 상수개념으로만 역할을 할 뿐 전파분석의 신뢰도에 큰 역할을 하지는 않는다.[6]

국가마다 차이가 있지만 나라마다 도시환경 변화 속도에 따라 그 갱신 주기가 차이가 있다. 특히 우리나라의 경우 도시환경의 변화주기가 다른 나라에 비해 빠르기 때문에 신뢰도가 요구되는 전파분석의 갱신주기는 매우 중요하다.

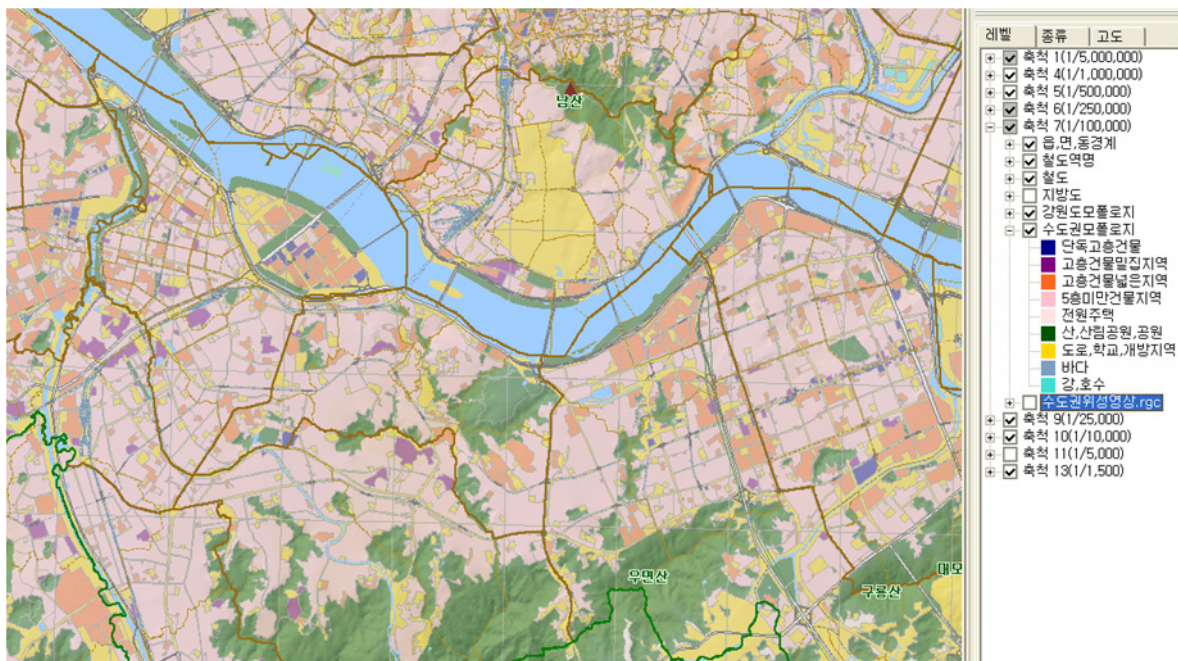


그림 16. GIS 품질관리를 위한 도시지형에서의 지형 모폴로지 관리

유럽과 같은 선진 외국 구 도시의 경우 대부분 심하게 변하지는 않으나 국내 대도시 부근의 위성도시인 신도시 개발의 경우에는 GIS DB의 변화가 심각한 것이 사실이다. 예로 최근 개발된 화성, 동탄지역의 경우 수치지형은 아직 전원지역으로 표기되어 있으나 이미 전파환경의 경우 중소도시의 아파트 밀집지역으로 변화되었다. 이렇듯 수치지형, GIS DB 갱신 및 변화 속도는 전파분석 및 계산에 엄청난 영향을 미치고 있다. HF 방송과 같은 장거리 전파분석의 경우 GIS DB의 영향뿐 아니라 대지의 전도율도 영향주기 때문에 두 개 이상의 복합계산도 필요하다. 특히 중국 등 신흥국가와 국내 전파환경의 경우 산악지형을 제외하고는 도로확장 및 빌딩건설에 따른 거의 대부분 지형이 급격히 변화되고 있어 지속적인 전파환경 변화분석이 필요한 실정이다. 따라서 정확성은 보장되어야 하는 국립지리원의 국내 GIS DB는 최소 1개월에서 최대 6개월 정도의 갱신주기가 필요하나, 현재 국립지리원의 갱신주기는 최악의 경우 4년에 한번 갱신되고 그 품질에도 문제가 있다.

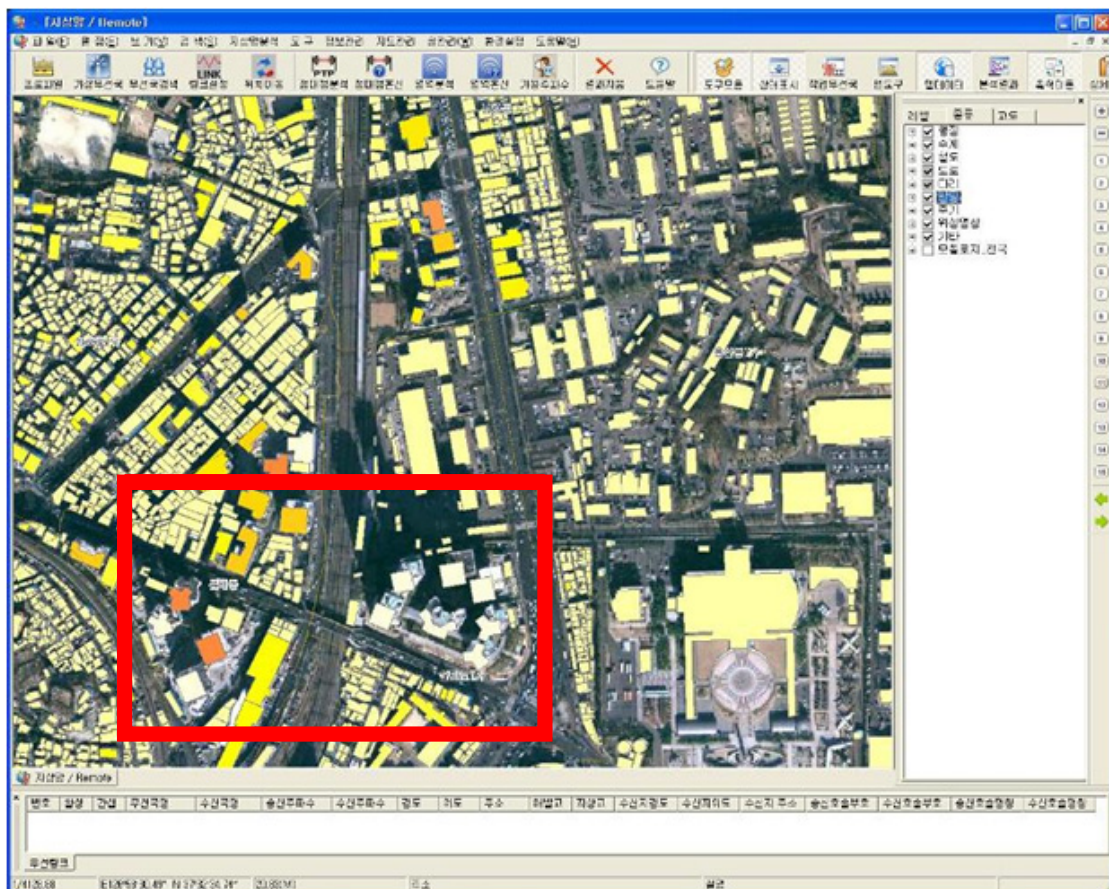


그림 17. 위성영상과 수치지형이 정확히 일치하지 않은 GIS 품질 문제

전파연구소에서는 1999년 전국 GIS DB 구축이후 2003년부터 이를 위해 지속적으로 국립지리원으로부터 전국을 부분적으로 나누어 1년 단위로 갱신하고 있어 변경될 때마다 수집하고 있으나 실 환경에 근거한 전파분석이 불가능한 상황이다. 특히 우리나라의 전파 관련 업무의 최단 처리기간은 1주일 내이며, 보통은 2주 정도 이다. 특별히 전파지정에 명시되지 않은 기술기준 등의 변경이 요하는 경우는 최장 처리기간은 6개월 이상이 걸리기도 한다. 특히 그림 17과 같이 초고층 빌딩이 들어서는 대도시의 전파환경 변화는 전파분석 및 감시에 미치는 영향이 크다. 특히 주변에 큰 건물이 생겼을 경우 전파 간섭에 의한 많은 민원이 생기게 되므로 이러한 GIS 상의 건물 미비로 인한 문제는 전파연구소가 지리정보를 제작하는 기관이 아니기 때문에 처리하기가 매우 곤란한 상황이다. 이와 더불어 위성도시 등 대단위 단지가 건설될 경우 국립지리원에서 갱신하지 않는다면 이를 분석에 활용하기가 쉽지 않다. 따라서 이를 위한 품질관리가 우선이 되어야 한다.

전파연구소와 중앙전파관리소는 2005년에서 2008년까지 약 4년여에 걸쳐 지형정보를 기반으로 하는 주파수자원분석 시스템 개발과 전파감시고도화 시스템을 개발하였다. 특히 주파수자원분석 시스템의 경우는 무선국 공용화 업무, 최적 무선국 설계, 전파모델을 이용한 혼간섭 업무 등을 수행할 수 있으며, 전파감시고도화 시스템은 지형정보를 기초로 한 불법무선국 추출, 주파수 이용량 분석 등 광대역(고정의 경우 3GHz 이하, 이동은 40GHz까지)에 걸친 주파수 운용실태를 파악할 수 있게 설계되어 있다. 이들 시스템을 위한 GIS DB는 크게 일반 수치지형정보와 위성영상 정보, 그리고 지형 모폴로지 정보로 구분하여 구축되었다. 이들 DB의 완전성, 위치정확도와 시간 정확도, 주제 정확도의 경우 좌표 오류로 인해 현재까지는 전파연구소의 경우 수동적인 추진을 추진하고 있다. 향후 자동화를 위한 DEM 및 DSM 데이터 처리가 가장 우선이다.

따라서 DEM 및 DSM 갱신주기를 단축하는 방안과 위치결정을 위한 DGPS 부분 등에 관한 개선이 필요하다. 대도시 주변의 변화의 경우 주기적인 업데이트를 위해 Lidar 자료를 이용하는 것이 바람직하다. 이후 DEM의 품질관리를 위해 DEM의 평가 표준절차를 위해 수직 정확도와 수평 정확도를 90% 이상으로 개선하여야 한다. NSSDA(National Standard for Spatial Data Accuracy, FGDC, 1998)에 따르면 95%의 수평정확도 신뢰수준 확보와

표준검증절차를 거쳐야 한다. 또한 grid의 경우 대용량 grid 처리 및 간격에 대한 정규화가 필요하다. 마지막으로 수평 datum의 정규 grid 표면에 투영하는 방법을 이용하여 경위도 좌표와 UTM 좌표와의 위치 정확성을 확보하는 것이다. 또한 메타데이터를 통한 데이터의 구조화가 필요한 실정이다. 이러한 일련의 작업들이 전파분석과 감시의 신뢰도 향상에 반드시 필요한 부분이기 때문에 빠른 유지보수를 통한 신뢰도 향상이 필요하다.

현재 1년 이상의 유지보수 기간을 GIS 품질관리를 통해 3개월 이내로 축소해야 한다. 또한 위치정확도를 위한 GIS 맵핑 문제도 앞서 언급했던 grid 간격의 정규화를 통한 체계적인 영사보정 시스템 구축도 필수적이다.

제4장 결론

본 연구에서는 전파관리에 있어 시간과 공간, 주파수간의 상관관계에 따라 지속적으로 고민해야 하는 지형정보의 품질관리와 전파분석(전파예측 모델)의 정밀도 향상을 위한 ITU-R 에서 제안하고 있는 지형기준을 근거로 국내 적용에 관한 사항을 점검하여 보았다. 그 결과 DEM 및 DSM 갱신주기를 단축하는 방안과 위치결정을 위한 DGPS 부분 등에 관한 개선이 필요하며, 특히 급격하게 변화하는 대도시 주변의 변화의 경우 주기적인 업데이트를 위해 Lidar 자료를 이용하는 것이 바람직하다.

이동통신의 발달과 이동방송 서비스가 이루어지는 지점에서 향후 효과적인 주파수 자원 활용과 분배, 3차원적인 전파감시 등 경제적이고 효율적인 전파관리 및 운용을 위해서는 기존에 수행해 왔던 단순 전파관리기법에서 3차원 분석을 포함한 복합 전파관리기법으로 발전해야 할 것이다. 특히 3차원 분석에 있어서는 반드시 지형모델이 기반이 되어야 하는 관계로 GIS 품질에 는 3차원 분석이 필요한 상황이다. 따라서 본 연구이후 지속적인 지형모델과 전파분석, 전파감시와의 상관관계를 연구가 필요할 것이다.

[참고문헌]

- [1] ITU-R, " Propagation by Diffraction", ITU-R Rec. P526-10, 2007
- [2] ITU-R, " DIGITAL TOPOGRAPHIC DATABASES FOR PROPAGATION STUDIES", ITU-R Rec. P. 1058-2, 1999
- [3] ITU-R, "Propagation data and prediction methods for the planning of short-range outdoor radiocommunication systems and radio local area networks in the frequency range 300MHz to 100GHz", ITU-R Rec. P. 1411-4, 2007
- [4] <http://smisweb.rri.go.kr:8080/SMI/index.jsp>
- [5] <http://www.isotc211.org>
- [6] <http://www.e-gis.or.kr>
- [7] <http://www.usgs.gov>
- [8] <http://srtm.usgs.gov>
- [9] <http://www.cs.kookmin.ac.kr>
- [10] <http://www.crm.go.kr>

[부록]

ESA Workshop 발표자료

Geographic Data Quality Issues
for Radio Wave Propagation
Analysis

Bae, S-H (Radio Research Agency)

Chang-Heon Woo
(Information and Communications
University)

Radiowave Propagation Models, Tools and Data for Space Systems

3–5 December 2008

ESA/ESTEC
Noordwijk, The Netherlands

Geographic Data Quality Issues for Radio Wave Propagation Analysis

Bae, S-H, Joseph (Radio Research Agency)

Chang-Heon Woo
(Information and Communications University)

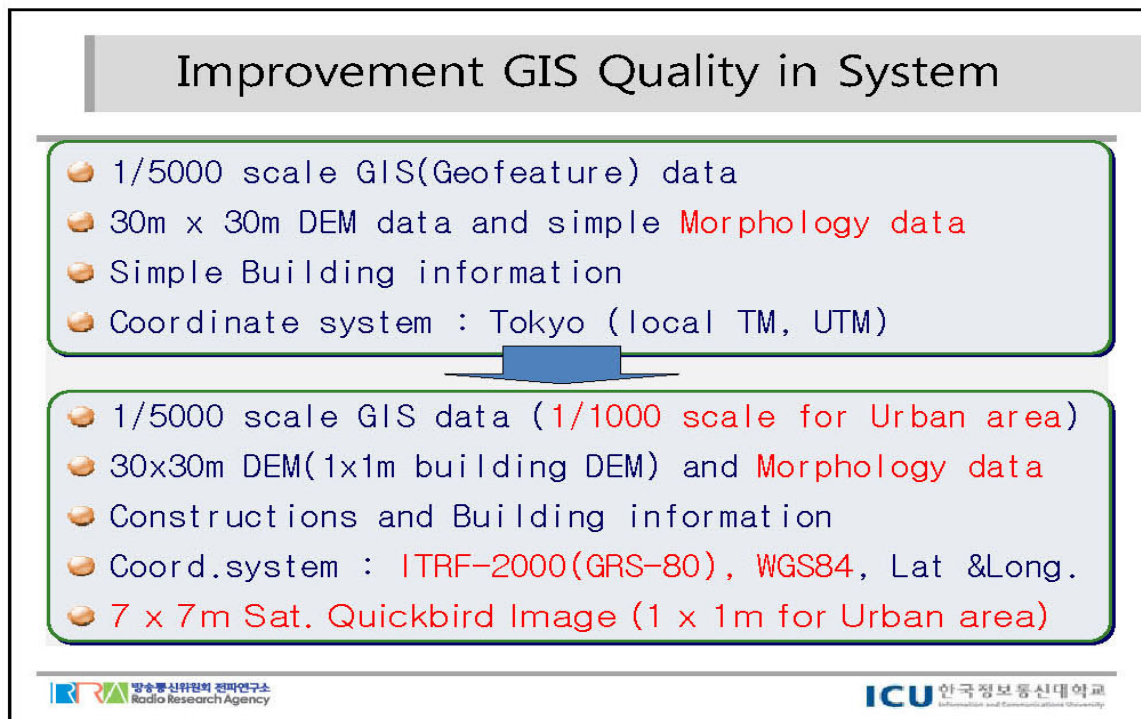
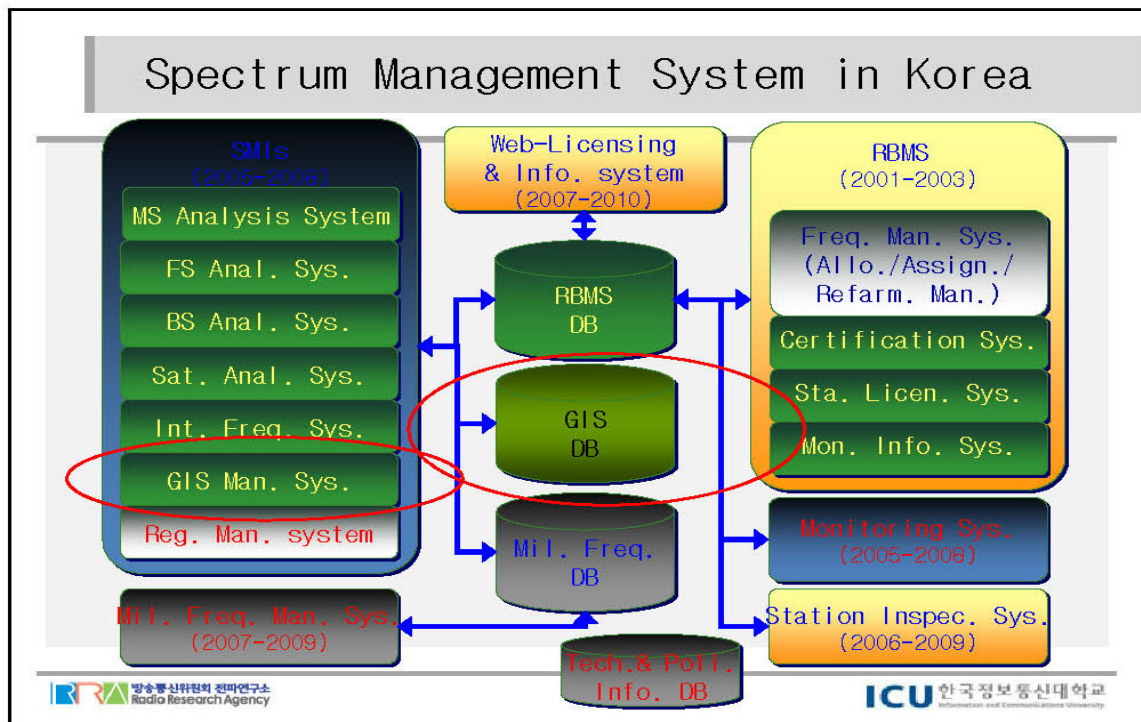
Agenda

- Introduction
- Problem of GIS on Propagation Analysis
- Control of Geographic Data Quality
- Conclusion and Future Work

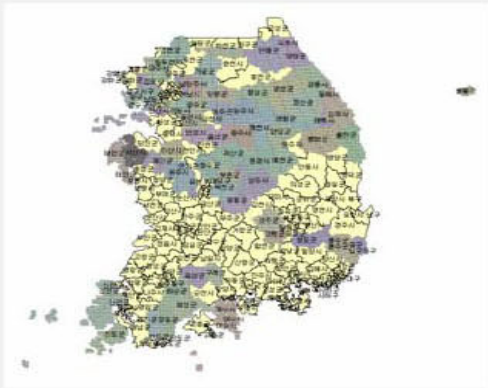
Introduction

Brief History of Propagation Analysis in Korea

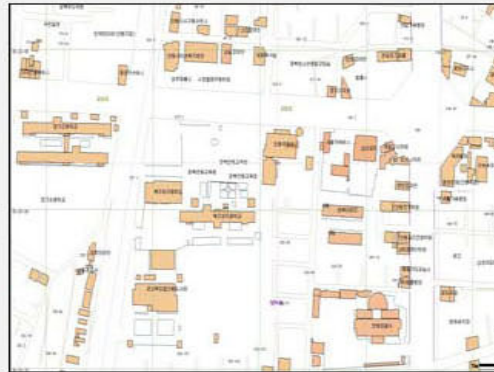
- Using raw GIS data (location and roughness DEM) from 1994 in Korea
- '99~'00 Developed of Propagation Analysis System using GIS (Geofeatures Buildings, Cadastre, DEM, Radio Stations)
- '01~'06 Annual updating GIS Data manually
- '05~'08 System improvement using complicated GIS (Geofeatures, Buildings, Cadastre, DEM, Radio Stations, Building DEM, Land Morphology, Satellite Images)



Geofeature data



Update formation of GIS data



Building and Cadastre data

Complicated GIS data



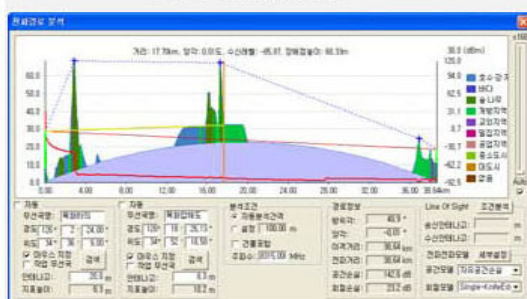
Geographic Layers for Propagation Analysis in Korea

Layer	Description
Geofeature	Bridge, Water boundary, Railway, Road, Administrative Boundary
Cadaastre	Cadastral information
Building	Building polygons and names
DEM	Digital elevation model data of terrain
Radio Station	The location and attributes of radio wave station
Building DEM	Building DEM data generated by rasterization of vector building layer
Satellite Image	Satellite images raster data
Land Morphology	Morphology data for the propagation analysis

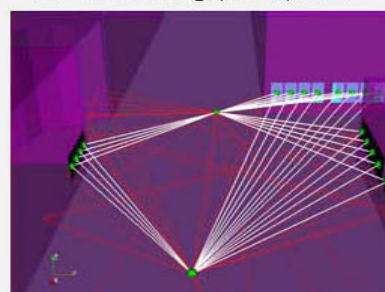
GIS Role of Propagation Analysis

- Normal Process : To get the data (height & distance, Coordinate) from Tx to Rx in GIS
To Add Terrain Morphology(Macroscopic ground cover Information)

2D Path profile



3D scattering path profile



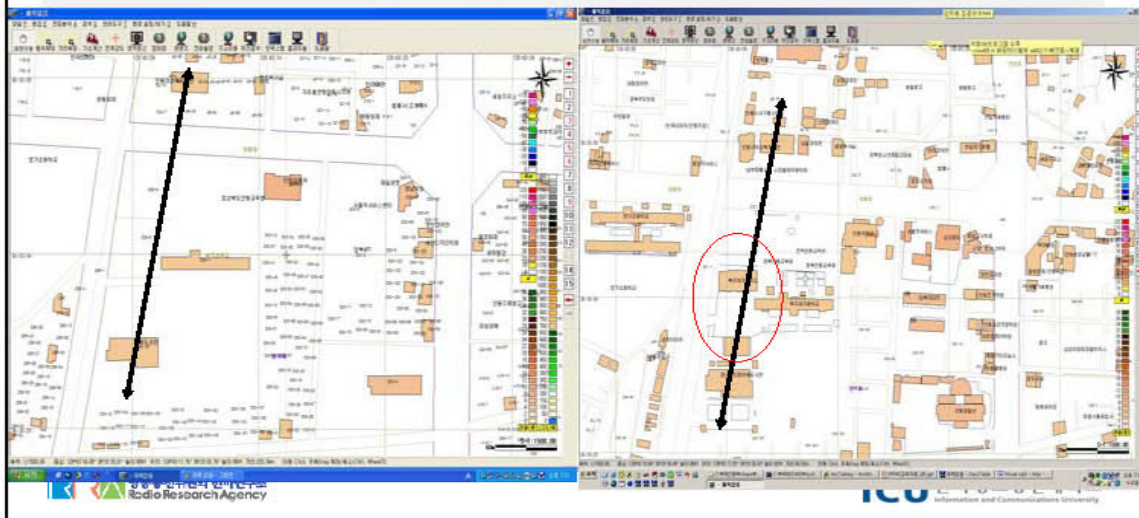
Problem of GIS on Propagation Analysis

GIS Problem at Propagation

- Assume above 1GHz
- Error of Accuracy and Low Reliability of Propagation Analysis.
 - Resolution of GIS(Geofeature etc.)
 - Updating Period of GIS data ←
 - Weak Definition of GIS factor for propagation model ←
- Resolution of GIS : ITU-R Res 40
 - Enhancement Resolution : 30→3 arc sec
- Update GIS
 - Depend of each nation & Domestic Control.
- Redefine of GIS factor (Propagation environments)

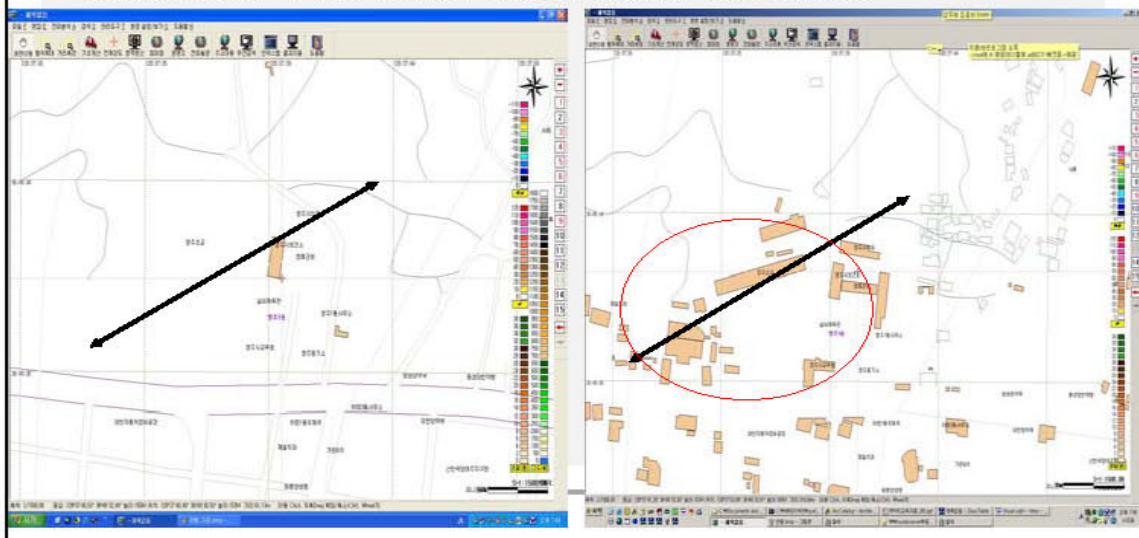
Problem of Update GIS(City)

- Comparison of GIS update before & after (Suburban : An Dong city)



Problem of Update GIS(Rural)

- Comparison of GIS update before & after (rural area)



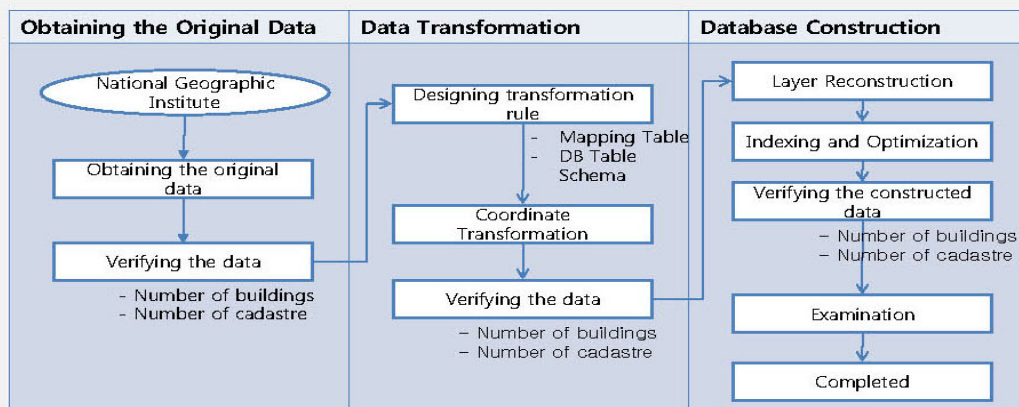
Why don't it Fast Update ?

- Update Process is very complicated
 - DEM, Geofeature, Building, SAT ...
 - Overlay of each layer
 - Each layer made by Different Organization.
 - Update Budget is small each Org.
 - Do not connect on the Network



Up-to-Date of Geographic Database

- The Update system requires so many complicated process.
- Update period > 1 Year

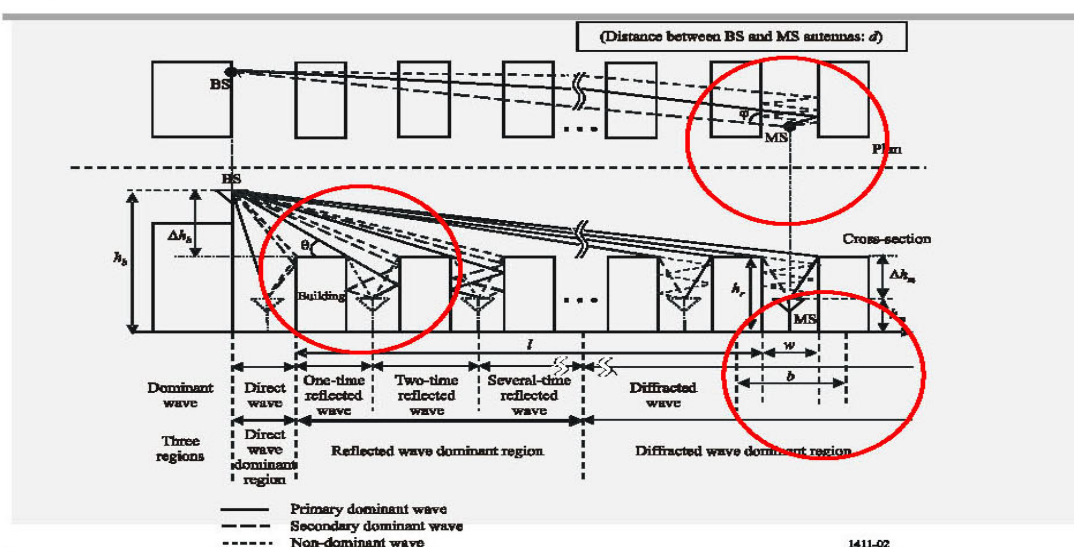


Public Services for Station Licenses

Short Processes of Approval of radio station are short of period

Service Type	Sub type	Duration
Approval of Communication Equipment Installation		15 days
Application for Radio Station Permission	General Radio Station	14 days
	Amateur Radio Station	7 days
	Radio Station in Small Ship	10 days
	Small Radio Station	7 days
Notification of Radio Station Change	General Change	2 days
	Frequency Allocation	10 days
Application for Broadcasting System Permission	Application for Permission	90 days
	Application for Change	90 days
	Application for Repermission	90 days
Approval of building construction or change		14 days
Frequency allocation or reallocation		180 days
Interference removal		10 days

Increasing of GIS factor(P.1411)



Weak definition of environment

P.1411's Physical operating environment – Propagation impairments

Environment	Description and propagation impairments of concern
Urban high-rise	<ul style="list-style-type: none"> – Urban canyon, characterized by streets lined with tall buildings of several floors each – Building height makes significant contributions from propagation over roof-tops unlikely – Rows of tall buildings provide the possibility of long path delays – Large numbers of moving vehicles in the area act as reflectors adding Doppler shift to the reflected waves
Urban/suburban low-rise	<ul style="list-style-type: none"> – Typified by wide streets – Building heights are generally less than three stories making diffraction over roof-top likely – Reflections and shadowing from moving vehicles can sometimes occur – Primary effects are long delays and small Doppler shifts
Residential	<ul style="list-style-type: none"> – Single and double storey dwellings – Roads are generally two lanes wide with cars parked along sides – Heavy to light foliage possible – Motor traffic usually light
Rural	<ul style="list-style-type: none"> – Small houses surrounded by large gardens – Influence of terrain height (topography) – Heavy to light foliage possible – Motor traffic sometimes high

Control of Geographic Data Quality

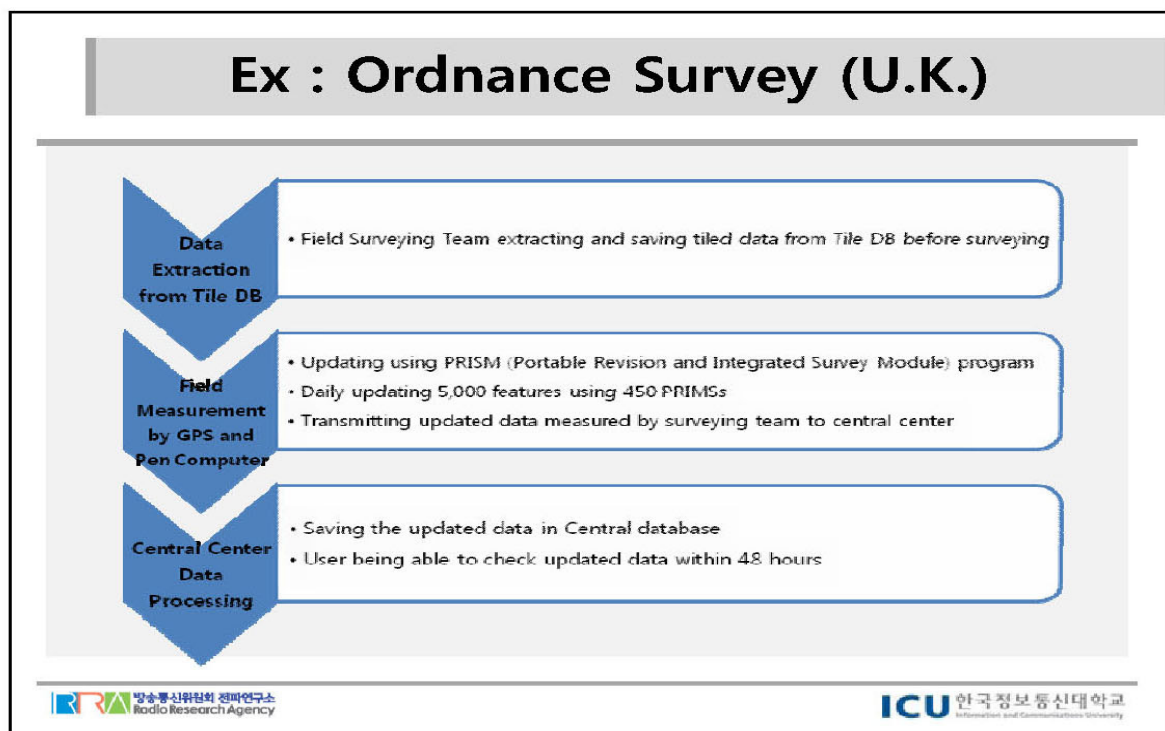
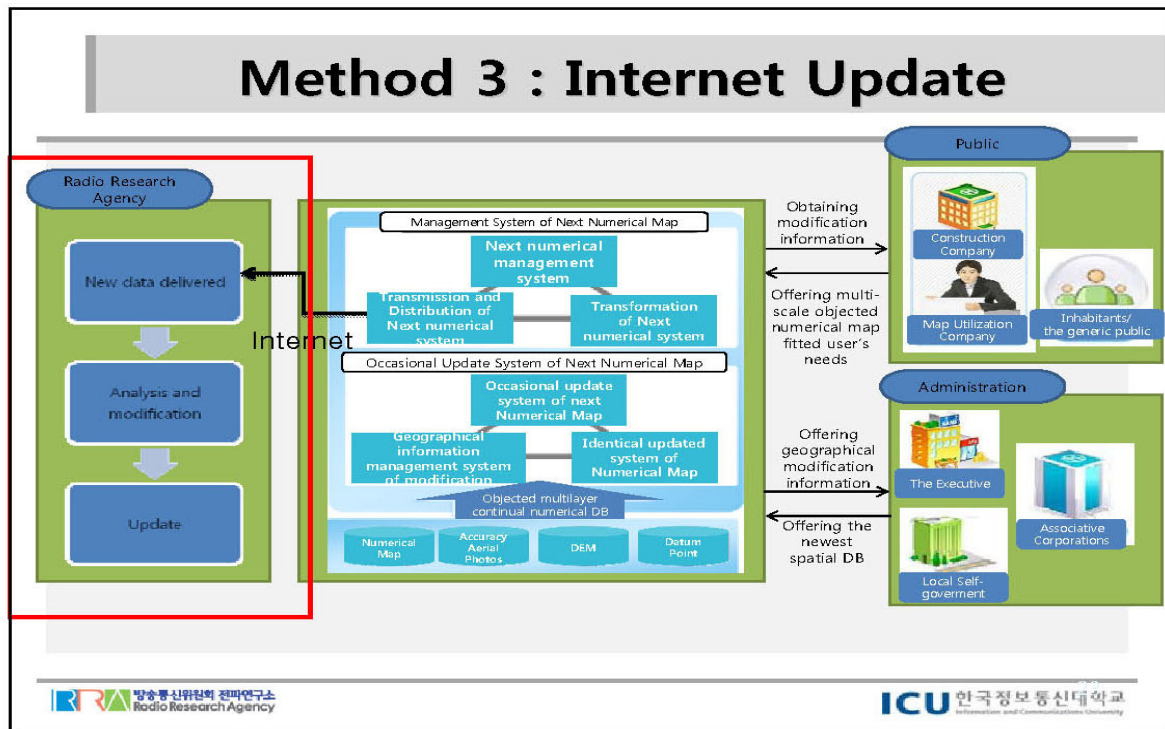
Geographic Data Quality Factor

Availability		Usefulness			
Accuracy	Coherency	Usability	Proximity	Appropriateness	Security
Validity Suitability Essentiality Relationality	Correspondency Consentaneity Integrity	Sufficiency Pliability Usability Traceability	Proximity	Appropriateness	Protectivity Liability Safety

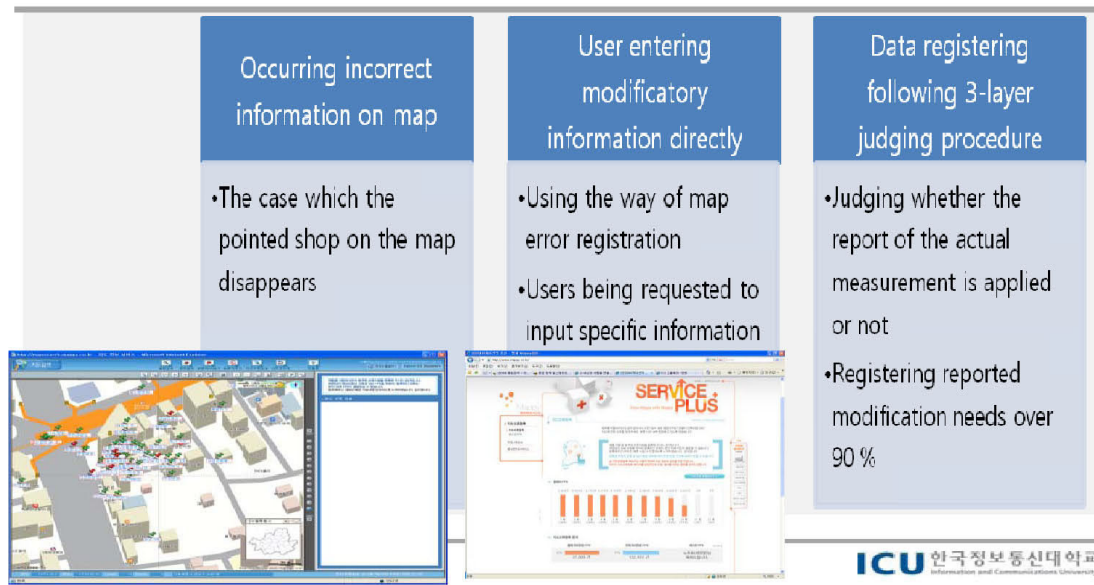
Factor		Definition	Detail Factor
Data Quality Factor	Completeness	Geographical Information Geographical Information Features	Commission, Omission
	Logical Consistency	Data construction The logical principle observation of geographical data attribute/relation	Conceptual Consistency, Domain Consistency, Format Consistency, Topological Consistency
	Positional Accuracy	The positional accuracy of geographical information	Absolute or External Accuracy, Relative or Internal Accuracy, Gridded Data Position Accuracy
	Temporal Accuracy	The temporal feature and relationship of the geographical information	Accuracy of a Time Measurement, Temporal Consistency, Temporal Validity
	Thematic Accuracy	The quantitative ,non-quantitative and classificatory accuracy of geographical information feature	Classification Correctness, Non-Quantitative Attribute Correctness, Quantitative Attribute Accuracy

Methods of Up-to-date of GIS

- Manual Outsourcing Update
- Updating by Users
- Internet Update ← Future System
- Order Update



Method 2.Update of Private Navigation Co.



Redefinition GIS factor on Propagation Environment

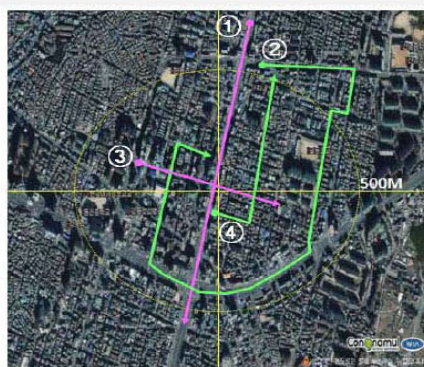
- Redefinition of Coverage Environment
 - Urban Micro/Urban Macro
 - Suburban Micro/Suburban Macro
 - Rural Macro
- Redefinition of Path Environment
 - Urban Area : high density, high, middle, low height
 - Suburban Area : middle density, middle, low height
 - Rural area : low density, low height

Method 1 : Redefinition Coverage Environment

Urban Micro/Urban Macro/Rural Macro

- **Urban Micro**
 - Building density : above 30%
 - BS is assumed to be below the average surrounding building height
- **Urban Macro**
 - Building density : above 30%
 - BS is clearly above the surrounding building
- **Rural Macro**
 - Building density : about 5%
 - BS is clearly above the surrounding building

Urban Micro(Kildong)

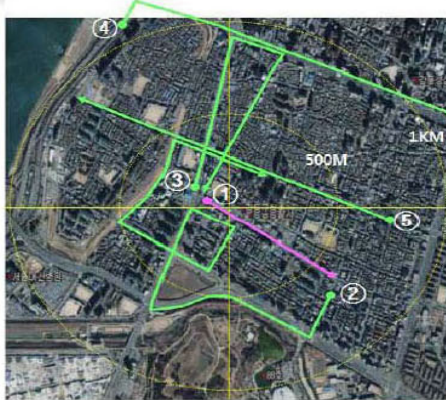


Route		Radius
1	LOS	30 ~ 800 m
2	NLOS	200 ~ 700 m
3	LOS	20 ~ 300 m
4	NLOS	100 ~ 600 m

BS Array	Tx - ULA (8 elements) Rx - UCA (8 elements)
MS Array	Tx - Dipole Rx - UCA (8 elements)

Site Name	BS Height [m]	Avg. Building Height [m] (500m)	Δh [m] ($h_{BS} - h_{build}$)	Building Density [%] (500m)
Kildong	16.2	10.96	5.24	37.51

Urban Macro(Pungnab)



Route		Radius
1	LOS	30 ~ 700 m
2	NLOS	100 ~ 900 m
3	NLOS	200 ~ 300 m
4	NLOS	800 ~ 1000 m
5	NLOS	300 ~ 900 m

BS Array Tx - ULA (8 elements)
Rx - UCA (8 elements)

MS Array Tx - Dipole
Rx - UCA (8 elements)

Site Name	BS Height [m]	Avg. Building Height [m] (1 km)	Δh [m] ($h_{BS} - h_{build}$)	Building Density [%] (1 km)
Pungnab	28.9	10.96	17.94	29.4

Rural Macro(Ochang)



Route		Radius
1	LOS	100 ~ 2000 m
2	LOS	100 ~ 2000 m
3	LOS	600 ~ 3000 m
4	LOS	600 ~ 3000 m

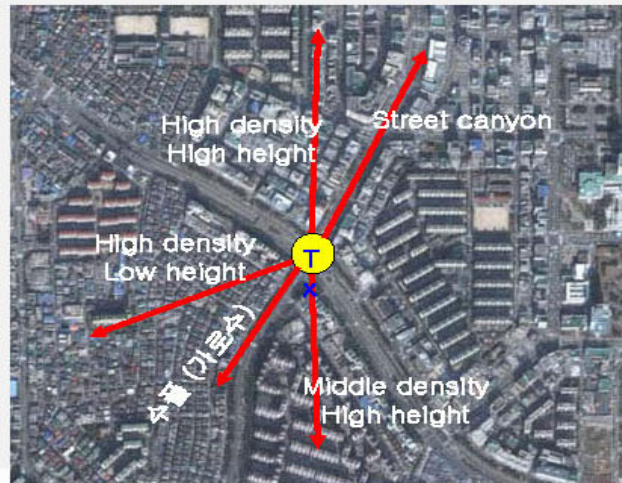
BS Array Tx - ULA (8 elements)
Rx - UCA (8 elements)

MS Array Tx - Dipole
Rx - UCA (8 elements)

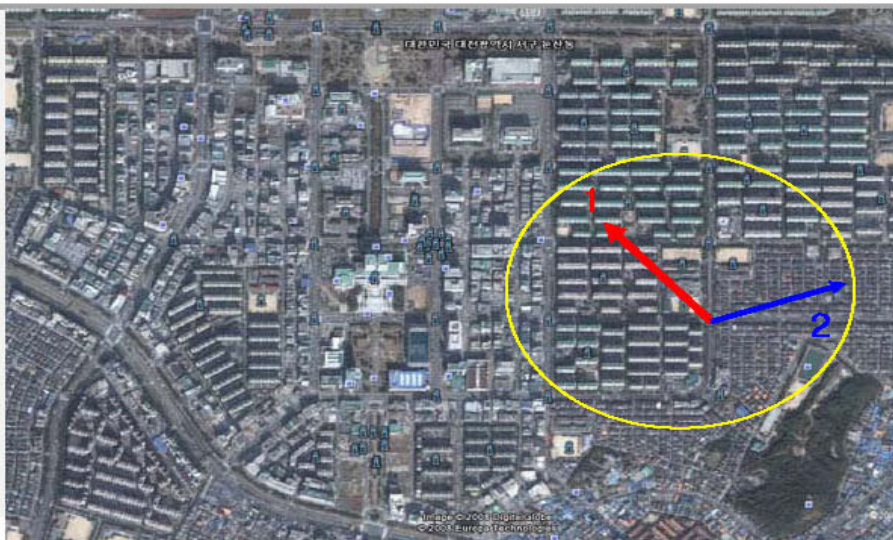
Site Name	BS Height [m]	Avg. Building Height [m] (3 km)	Δh [m] ($h_{BS} - h_{build}$)	Building Density [%] (3 km)
Ochang	37.8	< 6	-	< 5

Method 2 : Redefinition of Path Environment

- Urban Area
 - high density
 - high, middle, low height
- Suburban Area
 - middle density
 - middle, low height
- Rural area
 - low density
 - low height



Redefinition of Path Environment



Height density high height [1]



RRM 방송통신위원회의 전파연구소
Radio Research Agency

ICU 한국정보통신대학교
Information and Communications University

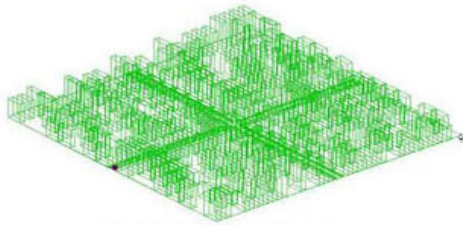
High density low height [2]



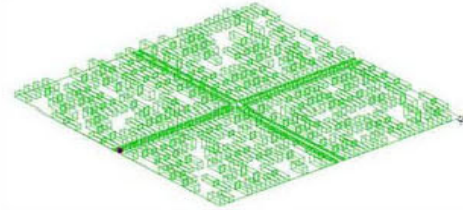
RRM 방송통신위원회의 전파연구소
Radio Research Agency

ICU 한국정보통신대학교
Information and Communications University

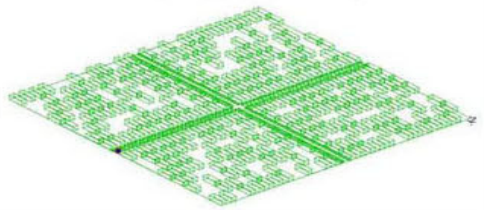
Numerical Model



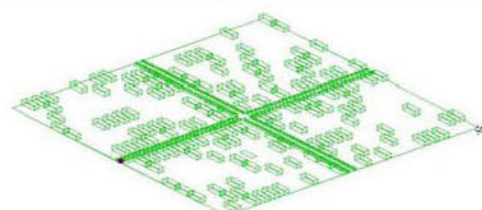
High height-high density



Low height-high density

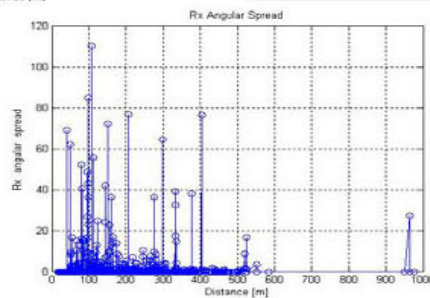
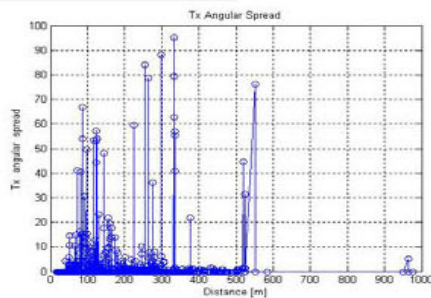
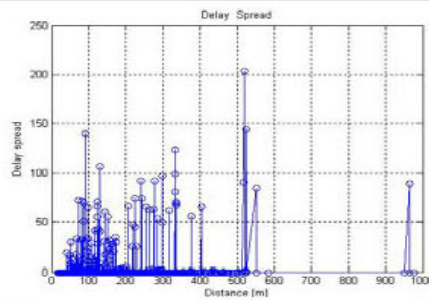


Middle height-high density

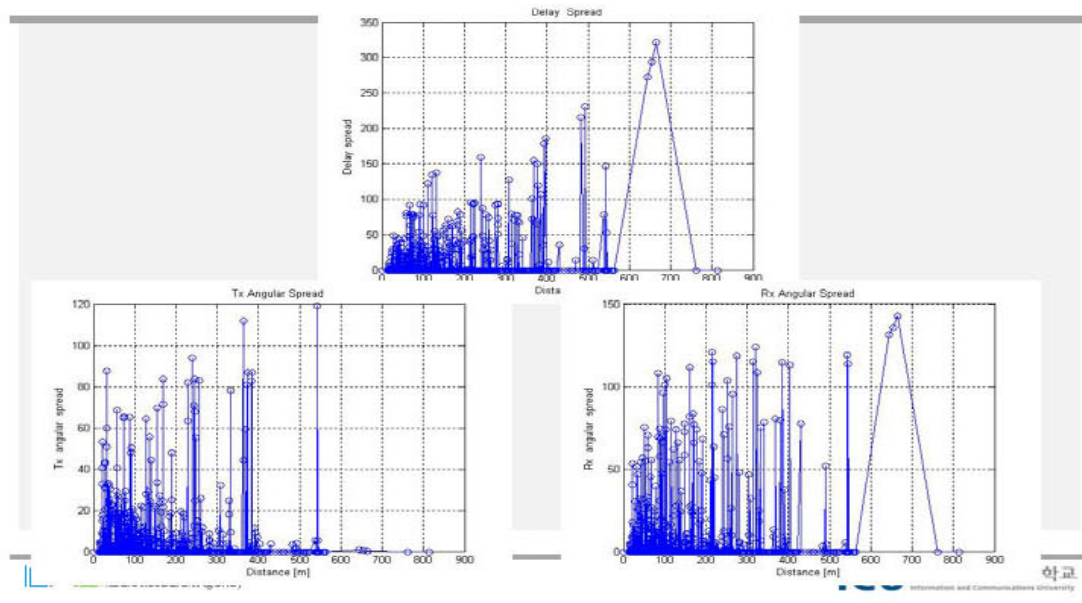


Middle height-low density

Simulation : Urban, High height



Simulation : Urban, Low height



Conclusion & Future Work

- For Accuracy and Reliability for Propagation Analysis, **Update for local GIS data in detail**
- **Redefined GIS environment** for Propagation Prediction Model
- Future Work
 - We need to plan of GIS Quality control Update system automatically.
 - Further study for redefine of GIS Char.

전파분석 및 전파감시를 위한 국내지형의 ITU 분류체계 도입에 관한 연구



140-848 서울시 용산구 원효로 군자감길 46

발 행 일 : 2009. 2

발 행 인 : 김 춘 희

발 행 처 : 방송통신위원회 전파연구소

전 화 : 02) 710-6452

인 쇄 : 한국장애인이워크협회

Tel. 02) 2272-0307

ISBN-978-89-93720-02-0

비매품

주 의

1. 이 연구보고서는 전파연구소에서 수행한 연구결과입니다.
2. 이 보고서의 내용을 인용하거나 발표할 때에는 반드시 전파연구소 연구결과임을 밝혀야 한다.