

GIS를 활용한 아파트 지역의 전파 장애 실태 평가

김진택*, 엄정섭**

Assessment of actual condition based on GIS for UHF band Propagation Interference caused by Apartment

Jin-Taek Kim*, Jung-Sup Um**,

요약 : 본 연구는 GIS를 이용하여 아파트 단지의 UHF대역의 전파장애에 대한 예측모델을 제시한다. 전파예측모델은 기지국 및 중계기 위치설계와 전파음영지역 결정 등 무선네트워크 서비스에 결정적으로 활용된다. 기존의 전파예측모델은 한국지형요소나 3차원 공간기술이 반영되지 않고 외국지형기반의 2차원적인 접근으로 개발되어 있다. 특히 많은 사람이 거주하는 아파트단지에 대해서는 고려가 되어 있지 않은 실정이며, 마치 아파트 단지가 일반건물로 취급되어 전파환경 요소로 분류되지 않은 상태이다. 그리고 전파관리자가 기존 전파 예측모델을 이용한 무선네트워크 설계 및 운용등에 있어 정확한 의사결정지원에 어려움이 많다. 본 연구는 이러한 한계와 문제점을 해결하기 위해서 아파트 단지의 전파에 대한 영향을 3차원 공간밀집, 건물높이, 전파의 전송방향에 대한 건물배치등 3가지 요소로 분류하고 GIS 도구로 그 요소들을 분석하였다. 그 결과로 상관과 회귀분석등 정량적인 방법으로 평가하여 아파트 전파예측모델(GARP)을 개발하여 다음의 결과를 얻었다. 첫째, 아파트 단지가 UHF 대역의 전파에 대한 영향은 전파진행방향성이 57%, 공간밀집이 30%, 건물높이가 13%의 순으로 나타났다. 둘째, 본 연구에서 개발된 아파트 모델은 기존 모델에 비해 평균 6.3dBm, 최소 2.15 ~ 최대 12.48dBm의 개선 효과가 있다. 셋째, 급속히 확산되는 도시 개발에 3차원 공간상에서 전파예측모델을 시뮬레이션하여 전파의 영향을 예측할 수 있으며, 대단지 아파트 건설과 전파환경영향평가의 기초정보 수집에 활용될 수 있다. 본 연구는 GARP모델과 GIS 가시권 분석기능을 이용하여 실제 지형공간상에서 전파경로 손실치를 도시화함으로써 전파관리자가 무선서비스지역 설계, 전파음영지역 판단, 최적 중계기와 기지국 위치 선정에 기여할 것으로 판단된다.

주요어 : GIS, 전파장애, 아파트전파예측모델(GARP)

* 경북대학교 지역정보학과 (Department of Interdisciplinary Program in Geographic Information, Kyungpook National University)

** 경북대학교 지리학과 조교수(Assistant Professor, Department of Geography, Kyungpook National University)

I. 머리말

인류가 의사전달을 위해 다양한 수단으로 통신을 시작한 이래로 가장 고도화되고 급속한 발전을 거듭한 분야가 바로 무선 전파통신이다. 구리선 등 다양한 유선 매체를 이용하는 유선통신과는 달리 전파통신은 공간을 전송매체로 하여 전송로의 비용을 절감할 수 있다는 장점이 있는 반면에 균일하지 못한 매질(媒質)과 지형지물의 변화가 원인이 되어 안정된 신호의 전송이 어렵고 전송범위를 정확히 예측하기가 거의 불가능한 단점이 있다.

과거 도시가 발달하기 이전에는 전파에 대한 장애물이 거의 존재하지 않았기 때문에 전파통신환경은 비교적 안정적이고, 전파의 도달범위 또한 어느 정도 예측 가능하여 무선중계망 구성이 용이하고, 무선서비스도 비교적 원활하였으나, 현대사회는 도시 인구의 증대, 보dana은 삶의 질, 산업의 다원화 등으로 급속한 도시환경변화를 야기하여 지형공간을 전송매체로 하는 무선전파환경의 변화를 가져왔다. 이러한 전파환경의 변화는 이동 통화중 통신 두절·잡음·혼신등 전파장애의 주된 요인으로 작용하고 있다. 주로 사용자가 많은 휴대용 이동통신과 산불, 대형화재등 재난 발생시 활용되는 긴급업무용 이동통신(UHF: Ultra High Frequency)대역의 무선서비스에 문제가 심각하다. 또한 국내의 대단지 아파트 건설 등 주거환경변화는 전파도달범위에 적지 않은 영향을 미치고, 점점 고층화·밀집화·대형화되어 전파(電波)의 전파(傳播)에 극심한 장애를 일으키고 있는 실정이다.

이와 같은 전파(傳播)장애를 극복하고 보다 원활한 무선통신서비스를 제공하기 위해 기지국설계를 하고자 하지만, 전파환경의 변화에 적용할 수 있는 예측모델의 부재로 인하여 최적의 기지국설계가 불가

능하다. 이에 따라 통신업체에서는 상호간의 경쟁적이고 무분별적으로 기지국을 설치하고 있고, 이는 전파사용의 기초비용이 증가시키는 요인으로 작용하고 있으며, 더욱이 도심미관의 손상과 자연환경이 훼손되는 결과를 초래한다.

이러한 문제점들을 극복하고자 지형공간이 전파에 미치는 영향과 개선방법론들에 대한 연구가 진행되고 있다. 그러나 현재까지 활용되고 있는 전파 예측 모델 및 이를 기반으로 개발된 전파 예측시스템은 외국지역, 특정지역·지형만 적용하고, 국내 대단지 아파트가 전파에 미치는 영향은 고려하지 않은 실정이다. 그리고 지형고도, 건물, 수목 등 지역환경요인과 급속한 도시확산에 따른 광범위 지역의 전파영향을 해석하기 위해서는 GIS를 활용한 공간분석이 필요하여, 몇몇 전파예측연구에서 이러한 것에 대해 GIS의 기능을 이용하고자 하였지만, 단면도(Profile)분석 및 지도상에 전파 도달범위를 표현한 평면적 해석정도에 그치고 있다. 이와 같이 비공간적인 방법으로 제작된 예측모델은 기지국·중계국 입지 선정과 같은 서비스망 설계와 전파음영지역 판단 등 의사지원과정에 부정확하고 신뢰도가 떨어지는 문제점이 있다. 또한 아파트 등의 건설시 TV 및 라디오의 전파상황과 수신상황에 대한 환경영향평가를 수행함에 있어서 아파트 건설후 직접 현장방문 등을 통하여 기초 자료를 수집하는 불편함이 있다.

본 연구는 이러한 문제점을 극복하기 위해서 GIS의 공간분석기법과 전파의 특성을 결합한 아파트 전파경로손실모형을 개발하여 아파트가 전파에 미치는 영향을 정량화하고, GIS의 입체적인 전파예측방법론을 제시하였다.

II. 전파 환경분석 및 모델개발

1. 데이터 수집 및 가공

전파분석에 활용하기 위한 지형데이터는 자료의 정확도를 높이기 위해서 최근의 연구지역 1:5,000 수치지도 30도엽을 수집하여 분석에 필요한 레이어를 추출하여 하나의 도엽으로 합치는 모자이크과정을 수행하였으며, 지형고도자료를 제작하기 위해서 5m 간격의 주곡선과 25m 간격의 계곡선을 병합하여 등고선 레이어로 만들었다. 그리고 아파트 단지의 특성을 모델화 하기 위해 아파트단지와 지형상의 건물높이 및 건물폭 영향을 고려하기 위한 건물, 도로폭 영향을 적용하기 위한 도로, 기타 하천 등 지형지물 Layer를 추출·분류하였다. 속성데이터로는 아파트 단지별 위치, 상호, 층수, 면적 등을 수집·분류하여 GIS 분석도구로 처리에 용이한 형태로 가공하였다.

2. 지형고도자료의 제작 및 정확도 평가

우선 지형의 고도자료를 제작하기 위한 절차는 등고선 레이어를 지형고도자료로 작성하기 위해서는 DXF형식의 수치지도를 ArcInfo 형식인 Arc형태의 등고선 Coverage로 변환하고, 등고선 Coverage를 이용하여 TIN을 작성하고 이를 다시 10m 해상도의 Grid로 변환하였으며, 완전한 지형지물의 고도자료를 제작하기 위해 아파트 높이 Grid와 일반건물 높이 Grid를 각기 제작하여 공간연산을 통하여 최종 지형고도자료를 제작하였다(그림 1). 이의 DEM 정확도평가로서 국립지리원에서 고시하고 있는 기술기준(RMSE 오차평가하여 등고선 간격의 1/2이내 : $\pm 2.5m$)를 만족하기 위해 규정대로 실시하여(건설교통부 2001; 국립지리원 2002; ITU, 1999), 기준이내인 1.06m의 오차가 있는 정확도를 얻었다.

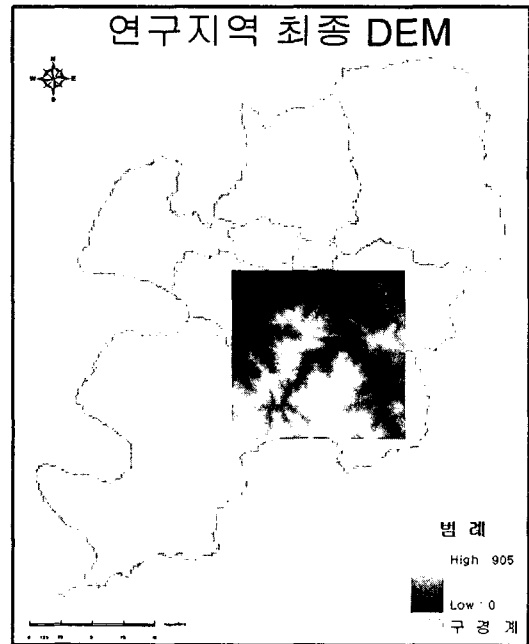


그림 1. 연구지역의 DEM 영상

3. 아파트의 전파환경요소 모형화

아파트의 특성을 고려한 전파환경요소의 모형을 분류하였으며, 이는 공간밀집도, 전파방향에 대한배치형태, 층수(높이)를 기준으로 하였다. 먼저 아파트단지의 밀집도를 상대적으로 분류하기 위해서는 용적률, 건폐율 등으로 평가할 수 있으나, 본 연구에서는 건축물의 공간밀집을 측정하여 분류하는 것이므로 건폐율과 더 관계가 있다. 따라서 아파트의 건폐율 산출공식을 이용하여 공간 밀집도를 계산하였다. 즉 바닥면적과 부지면적의 비율을 아파트 각 동 바닥면적별 층수의 곱과 부지면적의 최고층 높이의 곱에다 적용시켜 밀집도가 0.2미만이면 저밀집, 0.3미만이면 중밀집, 0.3이상이면 고밀집으로 분류하였다.

무선기지국에서 전파를 송신하는 방향에 비추어 보면 아파트단지 배치형태는 개방성과 밀폐성에 따라 전파도달에 영향을

미친다. 이를 고려하여 전파방향과 아파트 배치형태별로 분류하였다. 즉 전파 진행방향에 수평이며 단지의 개방범위가 큰 것을 수평형, 전파 진행방향에 수직이며 단지의 개방범위가 작은 것을 수직형, 전파 진행방향에 혼합이며 단지의 개방범위가 보통인 것은 혼합형으로 하였다.

아파트의 층수(높이)는 전파의 특성상 가시·비가시권역 영향을 가장 많이 받는 상당히 중요한 요소이다. 일반적인 아파트 높이에 따른 분류는 저층(6층 이하), 중층(7-10층), 고층(11-15층), 초고층(16층 이상) 등으로 구분되지만, 본 연구에서는 아파트 높이에 따른 유형을 저층(5층 이하), 중층(6-15층), 고층(16층 이상)으로 분류하였다.

4. 전파 전파(傳播)예측 모델별 분석

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

본 연구에서는 가시지역에 자유공간 예측모델(구분희 외, 1996)을 적용하고, 비가시지역은 Okumura-Hata 예측모델(Hata, 1980; ITU-R, 1995)과 Cost231 예측모델을 각각 적용하고 평균치를 산출하였다. 지형공간상 아파트가 전파에 미치는 영향을 분석하기 위해 앞서 구축한 지형자료를 이용하고, 전파 기본이론에 근거하여 『ArcGIS 8.1』의 공간연산기능으로 전파예측모델별로 분석을 수행하였고(그림 2), 자유공간(그림 3), 오쿠무라모델(그림 4), Cost-231모델(그림 5) 분석결과를 최종적으로 공간연산(그림 6)을 통해 아파트지역의 경로손실치를 분석하였다.

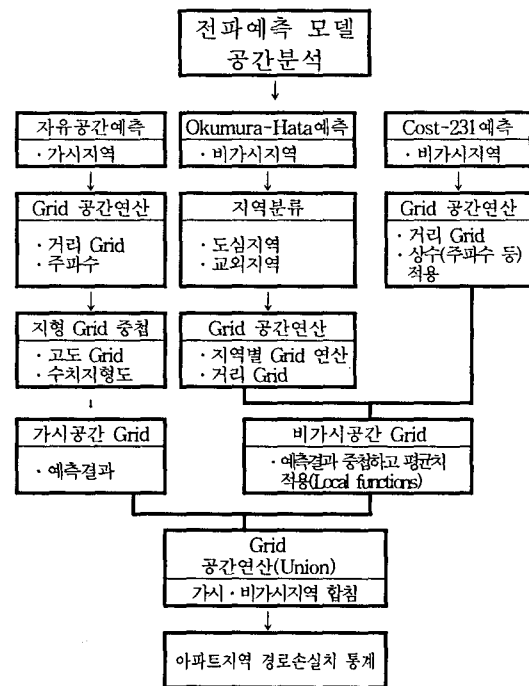


그림 2. 전파예측모델 분석과정



그림 3. 자유공간 분석결과

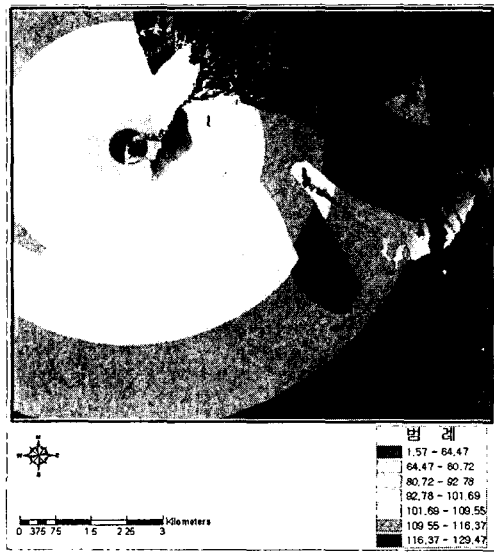


그림 4. Okumura-Hata 분석결과

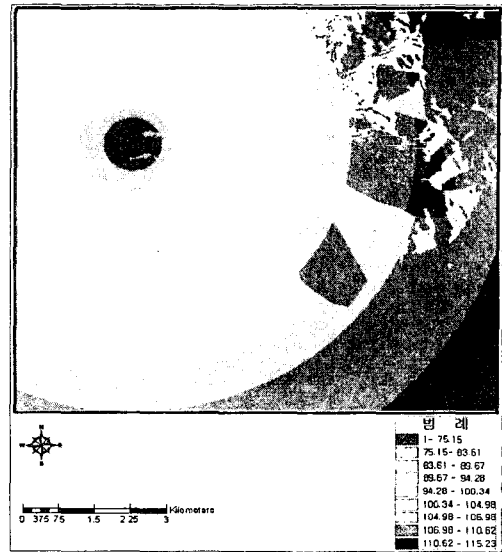


그림 6. 전파예측모델링 최종결과

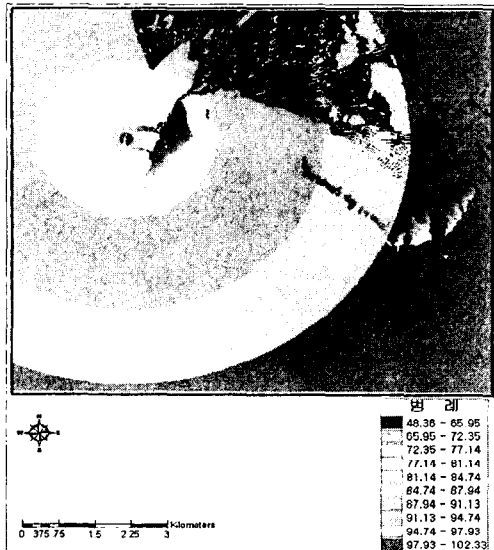


그림 5. Cost-231 분석결과

5. 아파트의 특성에 따른 모델 개발

아파트 단지의 공간밀집도와 층 높이, 전파진행방향에 대한 입지형태에 대한 전파영향 분석을 통해 밀집도와 층 높이가 높을수록 전파손실이 크고, 전파방향에 대한 건물 개방정도가 낮을수록 전파손실이 크다는 것을 알 수 있었으며, 이들 분류가 경로손실에 미치는 영향도를 파악하기 위해서 경로손실치와 지수형태별로 상관도를 분석한 결과로는 공간밀집도와 전파방향에 대한 배치형태가 아파트 층 높이 보다도 더 큰 상관성이 있었다. 이러한 결과를 분류별 상관계수에서 백분율로 전환하여 아파트모형의 가중치에 적용하였다(표 1).

표 1. 아파트 모형별 경로손실 상관도

구 분	밀집도	층 높이	입지형태
상관계수	0.48	0.21	0.9
가중치	30%	13%	57%

본 연구에서는 아파트의 공간밀집도, 층 높이, 입지형태별 경로손실 모형을 다음과 같이 가정하였다.

$$[\text{아파트모형} = K_a * 0.3 + K_b * 0.13 + K_c * 0.57]$$

- Ka : 밀집수준(1-저밀도, 2-중밀도, 3-고밀도)
 - Kb : 높이(1-저층, 2-중층, 3-고층)
 - Kc : 입지형태(1-수평향, 2-혼합향, 3-수직향)
- 아파트 전파영향형태인 Ka, Kb, Kc의 기본값으로는 전파에 영향을 가장 적게 미치는 저밀도, 저층, 수평향을 기준인 “1”로 하였으며, 점차적으로 영향을 미치는 단계별로는 평균값의 변화량을 이용하였다(표 2).

표 2. 아파트 모형의 단계별 적용변수

구 분	Ka	Kb	Kc
1단계(저밀,저층,수평)	1	1	1
2단계(중밀,중층,혼합)	1.57	0.78	2.74
3단계(고밀,고층,수직)	2.55	3.70	5.44

그리고 Ka, Kb, Kc의 계수를 산출하기 위해서 본 연구에서는 단순 회귀직선을 이용하고, 그 기울기를 계수로 적용하여 최종 아파트 모형을 개발한 결과는 다음과 같다.

$$[\text{GARP}(\text{GIS for Apartment's Radio-wave - Propagation Prediction})[\text{dBm}] = 1.28K_a * 0.3 + 1.85K_b * 0.13 + 2.72K_c * 0.57]$$

III. GARP 모델에 대한 고찰

1. 현장 실측결과와 비교

본 연구에서는 실제 전파 환경이 구축된 상태에서 연구지역의 전계강도에 대한 현지측정을 시행하고, 아파트 모형을 적용한 수정된 전파예측모델과의 비교분석을 하였다. 즉 아파트 단지별 전파환경특성을 정밀히 진단하기 위해서 현지측정은 아파트 단지내 5-10m의 주기적인 간격을 두어 균일하게 샘플링 하였으며, 최소 5개 지점에서 최대 13개 지점까지 샘플링하여 정확도를 높이고자 현지측정시스템을 구성하였다. 현지 전파측정을 위한 전계강도 측정기는 AGILENT사의 Agilent-8594E를 사용하였으며, 공간위치의 정확도를 높이

기 위해 GPS수신기로부터 입력되는 위치(좌표)정보를 함께 경위도 좌표의 TM좌표로 변환하는 공식을 이용하여(유복모, 2000) 특정 포맷으로 컴퓨터에 저장하였다(표 3). 현지 측정결과 자료를 저장된 위치와 전계강도값으로 ArcInfo Point Coverage를 작성하였으며, 이를 다시 DBF화일형식으로 Export하여 정리한 결과로서 전체 경로손실치의 분포는 113~133dBm이다. 현지측정결과에서 가장 낮은 경로손실치를 기록한 것은 지산동서와 근로자아파트였으며, 실제 현지답사결과 타아파트단지에 비해 상대적으로 전파방향에 대한 개방성이 높았으며 단지의 밀집정도 역시 양호하였다. 가장 높은 경로손실치를 기록한 것은 송정타운과 삼주아파트 등이며 이들은 전파방향에 대한 개방성이 낮고, 단지의 밀집 또한 높았다. 이는 본 연구의 아파트 전파환경분류의 모형선정과 상관도에 따른 가중치 부여 역시 타당하였음을 나타낸다.

표 3. 현지측정 저장형식

아파트 번호	TM		전계 강도
	X좌표	Y좌표	
Num(2)	Num(15)	Num(15)	Num(10)

1) 개방성이 높은 아파트에 GARP 모델 적용 비교적 전파 수신이 양호한 환경이라고 판단되는 개방성이 좋은 아파트 단지에 대해 경로손실모형을 적용한 결과 그래프는 GARP모델이 기존예측모델에서 크게 개선되지는 않았지만 약간의 보정개선 효과와 현장실측 추이선에 따라 분포됨을 알 수 있다(표 4, 그림 7). 그리고 4번(지산시영1차)와 10번(서한청산)의 예측치가 급격한 차이를 보이는 것은 거리, 높이 등 적용되는 전파변수가 비교적 차이가 많고, 인접도로, 단지내 시설물 등 주변여건 또한 영향을 미치기 때문이며, 또한 GARP

모델을 적용한 경로손실치가 기존 예측모델 결과치와 추이선이 유사하게 분포되고, 보정개선효과가 낮게 나타나는 이유는 GARP모델이 전파이론과 기존 예측모델을 기초로 하여 개발되었기 때문이다.

표 4. 전파환경이 양호한 아파트
(단위: dBm)

순번	아파트 명	기존모델	GARP모델	현장실측값
1	수성동아아파트	104.24	106.39	121.04
2	지산화성	103.65	105.99	114.88
3	지산협화	107.31	109.65	118.62
4	지산시영1단지	106.74	109.51	114.11
5	지산목련	107.60	110.37	119.23
6	지산시영2단지	107.33	110.29	119.40
7	지산에덴	108.03	110.99	121.71
8	지산동서	103.73	106.69	113.86
9	지산현대	108.25	111.21	121.50
10	서한청산	104.92	107.88	122.68
11	지산영남	107.88	111.22	120.31
12	지산보성	108.15	111.50	121.59
평균		106.48	109.31	119.07

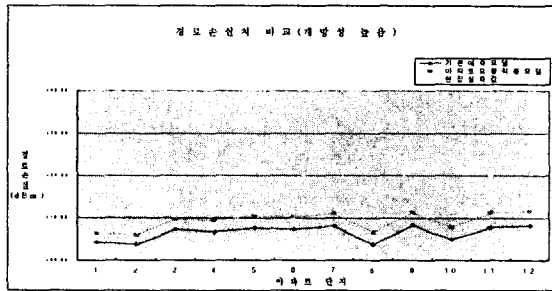


그림 7. 개방성이 좋은 아파트의 경로손실치 비교

2) 개방성이 낮은 아파트에 GARP모델 적용
전파 수신이 비교적 불량한 환경이라고 판단되는 개방성이 낮은 아파트에 대해 분석해 보면 기존 예측모델의 경로손실이 평균 108.5dBm로서 현장실측값 평균 127.2dBm에 18.7dBm의 차이가 있는데 비해, GARP 모델을 적용한 값은 117.9dBm으로서 현장실측값에 9.3dBm의 차이를 나타냄으로서 이는 기존 예측모델에서 크게 개선되었음을 의미한다(표 5). 그래프로 나타내 본 결과 현장실측값의 추이선과

비등하게 분포되어 모형의 예측 가능성이 높음을 나타낸다(그림 8). 그러나 8번(범물청구)과 10번(근로자아파트)의 예측치가 크게 차이를 보이는 것은 거리, 높이 등 전파변수 및 주변여건의 차이가 있는 것으로 판단된다.

표 24. 전파환경이 열악한 아파트
(단위: dBm)

순번	아파트 명	기존모델	GARP모델	현장실측값
1	신화맨션	109.64	120.42	128.94
2	범물용지	108.85	119.63	129.49
3	범물태성한라	109.23	116.44	123.55
4	서한화성	110.07	121.55	125.75
5	에덴맨션	109.39	120.78	126.90
6	범물청아	110.00	121.40	128.80
7	지산한라	108.65	115.16	125.65
8	범물청구	105.33	111.84	129.06
9	범물보성	106.62	113.12	128.22
10	근로자아파트	104.40	111.91	113.82
11	삼주아파트	110.18	121.58	133.26
12	지산청구	107.84	116.05	127.66
13	송정타운	110.38	122.87	132.60
평균		108.5	117.9	127.2

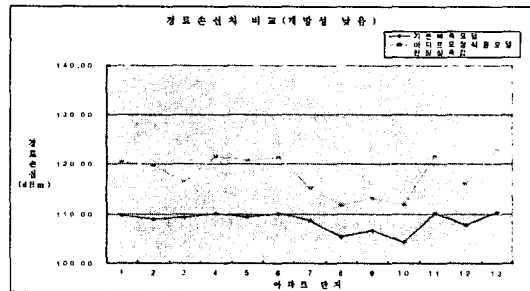


그림 8. 개방성이 낮은 아파트의 경로손실치 비교

2. 3차원 가시공간 도시화

기존 비공간적, 평면적 예측모델에서 지원할 수 없었던 3차원 기능을 본 연구에서는 지형고도자료와 건물 높이자료를 기반으로 전파의 경로손실치 값을 3차원 도시화(圖示化)함으로써 무선서비스 반경범위설계, 전파음영지역 판단, 최적 기지국 및 중계소 입지선정 등에 효과적으로 활용될 수 있다.

전체 경로손실치에 대한 광범위한 지역

의 전파예측을 입체적으로 나타낼 수 있으며(그림 9), 이를 활용하면 비교적 넓은 지역의 전파서비스 반경을 설계할 수 있다. 또한 아파트단지의 전파예측을 입체적으로 보다 상세하게 나타내기에도 용이하여(그림 10) 전파음영지역 여부를 명확하게 판단할 수 있다.

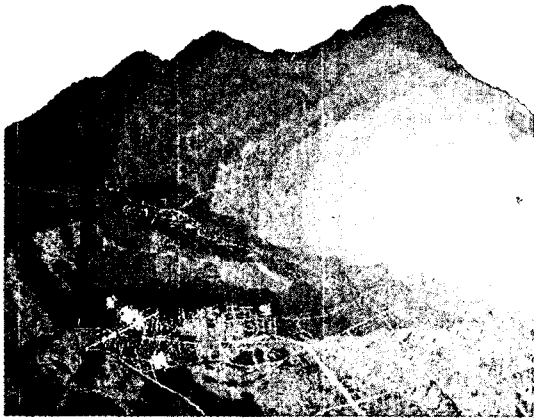


그림 9. 광범위지역의 경로손실치 3차원 표현



그림 10. 아파트 단지범위의 경로손실치 3차원 표현

IV. 결 론

고층·밀집 아파트 단지의 무계획적인 건설이 의사와 정보전달의 편의성을 최대의 목적으로 하는 개인휴대통신과 인명·재산 보호를 위한 긴급업무용 이동통신

(JHF)에 통신두절·불능, 잡음 및 혼신 등 전파장애를 초래하였다. 이러한 상태에서 원활한 통신수단을 확보하기 위해 적절치 않은 예측모델을 이용함으로써 기지국 등의 무분별한 설치를 가져오고, 그로 인한 비용증대와 환경파괴의 악순환이 거듭 되풀이되고 있는 것이 현실이다.

또한 과거에도 지형공간을 매개로 하여 전파(傳播)되는 무선통신과 지형공간정보를 기본으로 하여 의사결정지원에 활용되는 GIS와의 접목이 당연하였지만, 하드웨어와 관련장비의 한계, GIS 소프트웨어의 활성화 부족, 수치지형자료의 부재 등으로 인해 연구가 부족하였고, 평면적이고 비공간적인 해석에만 치우쳐 있었으며, 기존의 아파트 전파환경영향을 미적용한 모델로서는 전파도달범위 예측, 기지국입지 선정, 전파음영지역 판단함에 있어서 오차정도수준이 아닌 신뢰도까지 문제가 부각될 수밖에 없었다.

본 연구는 GIS와 전파의 기본이론과 주요 예측방법론을 상호 접목하여 무선통신의 이용량이 많고 주변지역에 전파장애를 미치는 아파트 밀집단지가 전파에 미치는 영향을 정량적으로 분석하고 모형화 하였다. 보다 세부적으로는 한국지형에서 아파트 단지가 전파에 미치는 여러 가지 환경요소 가운데 공간밀집도, 전파방향에 대한 개방성 정도, 층 높이 등으로 새로운 전파 예측모형(GARP)를 개발하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 첫째, 아파트의 높이가 전파도달에 많은 영향을 끼친다는 일반상식과는 달리 본 연구로서 다음과 같은 순위로 전파영향을 평가할 수 있다. 즉 가장 큰 영향 요소로 전파방향에 대한 개방성정도(57%)이고, 그 다음으로는 아파트의 부지에 대한 건물 밀집을 나타내는 공간밀집정도(30%)였으며, 마지막으로 층 높이(13%)의 순서이다.

둘째, 아파트가 전파에 미치는 영향을 경로손실 모형화하여 전파예측모델에 적용한 결과 기존 예측모델에 비해 최소 2.15~최대 12.48dBm의 경로손실 예측치 개선과 평균 6.3dBm 개선효과를 거양하였다. 셋째, 아파트 단지 형태에 대한 전파환경영향을 정량적인 경로손실 모형화함으로써, 가상 공간의 전파환경 시뮬레이션을 통해 급속한 도시변화에 대한 전파영향을 사전 예측이 가능하고, 전파환경영향평가 기초자료수집에도 유용하게 활용될 수 있다.

GIS의 3차원 가시화 기능을 활용하여 가상 지형공간에서 경로손실치의 도시화(圖示化)를 통해 무선 서비스망 설계, 전파음영지역 판단, 최적 기지국 및 중계소 입지선정 등 전파관리자의 의사결정에 크게 기여함으로써 불필요한 기지국을 제거하고, 재배치를 통해 비용절감의 효과를 거둘 수 있을 것으로 판단된다.

향후 연구과제로는 국내의 전파지형환경에 대한 다양한 접근과 표준화방안 등의 연구가 필요하다. 즉 GIS를 이용하여 전파 지형적 측면에서 하천, 강변, 산악, 숲, 공단지역 등 국내 지형에 맞는 분류가 선행되어야 한다. 그리고 이를 기반으로 하여 국가 전파지형환경을 표준화하고 전파예측모델의 개발에 활용될 수 있도록 하여야 할 것이다.

文 獻

- 유복모, 2000, 지형공간정보론, 동명사, 606pages
- 주택업무편람, 2002, 2000년도 주택보급율·유형별 주택현황, 건설교통부, 293pages
- 건설교통부, 2001, 한국지형에 적합한 수치표고모형 구축방안 연구, 건설교통부 2000년 NGIS 지원연구사업, 180pages
- 구본희·김채영·목진담, 1996, 전파경로손실 예측모델, 전자통신동향분석 11(2), 17-29
- 국립지리원, 2002, 수치표고자료구축에 관한 작업규정, 내규 제2002-107호
- Hata, M., 1980, Empirical formula for propagation loss in land mobile radio service, IEEE Transactions on Vehicular Technology 29(3), 317-325
- ITU-R Assembly, 1995, VHF and UHF propagation curves for the frequency range from 30 MHz to 1000 MHz (Question ITU-R 203/3), ITU-R P.370-7, Geneva, 1-33
- ITU-R Assembly, 1999, Digital topographic databases for propagation studies, (Question ITU-R 202/3), ITU-R P.1058-2, Geneva, 1-7