

부산지역 Digital 방송 전파환경 분석

Analysis of Radio Propagation Environment for Digital Broadcasting in Busan

김수홍 (한국해양대학교) 이정원 (한국해양대학교) 조형래 (한국해양대학교) 원영수 (PSB부산방송)

Key Words : 디지털방송, 전계강도, 전파환경, ETRI 전파모델

목 차

- I. 서 론
- II. 디지털방송 개념
 - 1. 디지털방송 개념
 - 2. 지상파 DTV 전송기술
- III. 전파모델
 - 1. ETRI 전파모델의 기본식
- 2. 기본전계강도(BFS)
- 3. 회절 손실(DL)
- IV. 전계강도 측정
- V. 전계강도 분석
- VI. 결 론

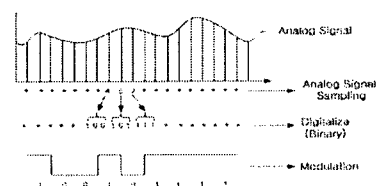
I. 서 론

최근까지 전파의 서비스 영역 분석을 위한 많은 전파모델이 개발되었다. 이들은 각자 자신들의 경험과 실측에 의한 전파모델을 개발하고 예측식과 파라미터를 정립하였으나 국가별, 지역별, 기후별로 차이가 있으므로 이를 국내에 그대로 적용하기에는 무리가 있다. 따라서 국내 실정에 적합한 모델과 수식이 필요하게 되는데 한국전자통신연구원(ETRI)에서 다년간 국내 현장실험을 통해 개발된 ETRI 모델을 적용하는 것이 타당한 것으로 판단된다. 이 모델은 국내 지형과 기후 등 국내 환경요소를 적용하였고 또한 30MHz 이상의 주파수에서 가시거리(LOS : Line of Sight)와 비가시거리(NLOS : Non Line of Sight)에 대해 각각 다른 수식을 적용하여 신뢰성을 높였으며, 장거리 구간에 대해 적용이 가능하다. 본 논문은 부산지역 전파환경 측정을 위해 진북을 기점으로 하여 황령산 송신소를 중심으로 15° 간격으로 총 24방향으로 나누고, 황령산 송신소로부터 1km 단위로 확장하며 원을 표시하여 총 17km 반경 내의 전파환경을 측정하였다. 그리고 측정이 어려운 경우에 대해 교차점과 가장 근접한 곳으로 대체하여 표본점을 추출하였다. 단, 바다나 측정용 차량이 진입할 수 없는 산악이나 특수한 곳에 대해서는 측정이 불가능한 지역으로 판단하여 측정 표본점으로 선정하지 않았다. 본 논문은 II장에서 디지털방송의 개념을 알아보고, III장에서는 전파모델의 적용에 대하여 알아본다. IV장에서는 전계강도 측정에 대하여 알아보고, V장에서는 측정 데이터를 분석해 보고, 마지막 VI장에서 결론을 내린다.

II. 디지털방송 개념

1. 디지털방송 개념

디지털 방송 시스템이란 문자 그대로 비디오, 오디오 및 데이터 등 모든 것을 디지털 처리를 한 후 디지털 전송 방식에 의거 전송하는 시스템을 말한다. 디지털 처리란 고도의 디지털 기술을 이용하여 아날로그 신호를 0과 1로 구성된 디지털 신호로 변환하는 것을 말한다.



<그림 1> 아날로그 신호의 디지털화

이렇게 변환된 신호는 다른 정보와 함께 압축된 이후 디지털 전송 방식에 의해 전송되며, 전송된 신호는 수신기에서 다시 원래의 비디오 및 오디오로 변환되며 디지털 방송기술이다.

2. 지상파 DTV 전송기술

지상파 전송은 산과 빌딩 등의 반사파에 의한 고스트 방해가 커다란 문제가 된다. 이는 지상 방송용 주파수가 VHF, UHF등 비교적 낮은 주파수이기 때문에 회절과 반사가 일어나기 쉽다는데 기인한다. 그러나 이것은 수신점으로부터 송신

점이 보이지 않는 경우에도 회절과 반사파에 의해 수신 전계를 확보하기 쉽고, 안테나가 낮은 자동차에서의 수신과 휴대 단말기에서의 수신에 적합하다. 지상파 전송은 또한 위성 방송과는 달리 한 곳의 송신소에서 전국을 커버하는 것이 불가능하기 때문에 넓은 지역을 커버하기 위해서는 많은 송신소가 필요하고 따라서 비용도 많이 든다. 이 때문에 지상파 디지털 방송을 도입하는 경우 전파의 특성을 살리고, 고스트 방해에 강하며, 이동체에서 수신에 적합한 전송방식을 채택함으로써 위성방송과 차별화 하는 것이 바람직하다. 그리하여 먼저 부산지역에서의 전파환경에 대하여 분석해 보았다.

III. 전파모델

무선전파(Radio Propagation) 모델이란 전파(電波)가 전파(傳播)하면서 발생하는 전파손실과 반사, 회절 등을 예측하는 기법으로 국내외에서 여러 가지 방법이 발표되고 있다. 그러나 전파 모델의 대다수가 실측에 의한 통계 자료임을 고려해 볼 때 측정기관, 측정지역, 측정환경 여부에 따라 다를 수 있으므로 어떤 방법이 정확하다는 판단은 적용하고자 하는 지역에서 실측하는 방법이 가장 타당하다.[1]

지금까지 발표된 전파예측모델은 각각 적용된 파라미터 및 가중치, 사용범위등에 따라 장단점을 가지고 있으므로 이를 검토하여 실제 측정값과 비교하여 선택되어 질 수 있다. ETRI 전파모델은 한국전자통신연구원에서 우리나라 환경에 알맞은 전파 모델 정립을 위해 개발한 모델이다. 이 ETRI 전파모델의 수식은 30MHz에서 1GHz 사이의 주파수 대역에 적용되는 모델로써, 수신안테나의 높이에 따른 영향을 포함시키기 위해 국내 지형의 특성에 따라 개발지, 중소도시, 대도시 밀집대도시 4가지형태로 지형을 분류하였다.[2][3] 회절손실로는 Knife Edge 회절을 고려하였으며 단일 장애물일 때와 다중 장애물일 때의 수식을 달리 적용하여 신뢰성을 높였다.[4]

1. ETRI 전파모델의 기본식

○ Line of Sight 조건인 경우

$$E = BFS + RAL + BAL$$

○ Non Line of Sight 조건인 경우

$$E = \min(BFS, DL) + RAL + BAL$$

E : 전계강도 예측값 (dB μ V/m)

BFS : 기본전계강도(Basic Field Strength) (dB μ V/m)

RAL : 수신안테나 높이에 따른 손실 보정항 (dB)

BAL : 기지국 안테나의 높이에 따른 보정항 (dB)

DL : 회절손실 (dB μ V/m)

2. 기본전계강도(BFS)

BFS는 ETRI 전파모델의 가장 기본이 되는 식으로 거리별 전계강도를 구하기 위해 사용된다. 여기서 기본적인 전계강도를 구한 후 보정값을 통해 전파의 실제 통달거리를 구하게 된다. BFS는 다음의 기본 전제조건을 만족하면서 측정된 데이터를 통계 처리한 결과를 수식으로 변환한 것이다.

1) BFS의 기본 전제조건

EIRP : 1kW

지형 : 반평탄 지형

송신안테나 높이 : 30 m

수신안테나 높이 : 1.8 m

$$BFS = -40.15 \log(d) - 2.91 \log(f) + 112.86 + 20 \log\left(\frac{h_{te}}{30}\right)$$

d : 거리 (km)

f : 주파수 (MHz)

h_{te} : 송신 기지국 안테나 높이

2) 지역별 수신 안테나 높이 보정항(RAL)

BFS로 계산된 기본 전계강도 수신안테나 높이에 따른 영향을 포함시키기 위해 RAL을 도입하였으며 이 값은 지형 특징별로 다르게 표현된다. 즉, 국내 지형의 특성에 따라 개발지, 중소도시, 대도시, 밀집대도시 4가지 형태로 지형을 분류한 것으로 다음과 같다

○ 중소도시

$$E_1 = BFS + 10.84 \log(h_m) - 2.89 \log(f) - 16.05$$

○ 대도시

$$E_2 = BFS + 14.74 \log(h_m) - 5.24 \log(f) - 23.48$$

○ 밀집대도시

$$E_3 = BFS + 18.20 \log(h_m) - 5.55 \log(f) - 27.11$$

h_m : 수신 단말기 안테나 높이

3. 회절 손실(DL)

○ 단일 장애물

$$BFS = \min(BFS, DL), \quad DL = E_F - J(v)$$

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

$$J(v) = 6.9 + 20 \log(\sqrt{(v-0.1)^2 + 1} + v - 0.1) [dB]$$

○ 다중 장애물(DL)

$$BFS = \min(BFS, DL), \quad DL = E_F - J(v)$$

$$L_d = \sum_{i=1}^N L_i' + L^+(wx)_1 + \sum_{i=1}^N L^+(yz)_i$$

h : 송수신 안테나를 연결하는 가상의 선 위로의 장애물 높이

$d_{1,2}$: 송수신 안테나로부터 장애물까지의 거리
 N : 장애물 수

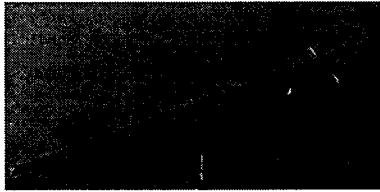
본 논문에서는 대도시 지역 LOS 환경에 대하여 다음 식과 같이 적용하였다.

$$BFS = -40.15 \log(d) - 2.91 \log(f) + 112.86 + 20 \log\left(\frac{h_{te}}{30}\right) + 6.9$$

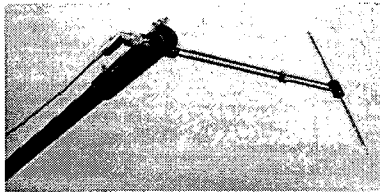
위의 식에 있어서, 기존의 ETRI 전파모델은 1KW 송신출력을 근거로 하였다. 따라서 FM 라디오 방송의 송신 출력이 5KW이므로 기본 전계강도(BFS) 산출식에 6.9dB를 보상한 식이다.

IV. 전계강도 측정

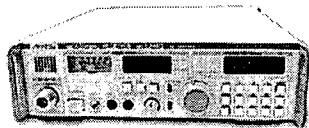
전계강도 측정을 위해 사용된 수신기는 그림 2에서와 같은 DTV 수신성 테스트를 위하여 10dB의 이득을 갖는 UHF 대역 Yagi Antenna를 사용하였으며, 송신안테나는 Anritsu사의 MP534B Dipole Antenna를 사용했다.



<그림 2> DTV 수신용 야기안테나



<그림 3> MP534B Dipole Antenna



<그림 4> 전계강도 측정기

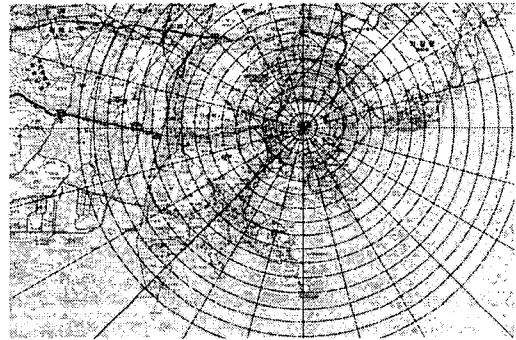
거리별 전계강도 측정을 위하여 MP534A 다이폴 안테나를 지상으로부터 4m 높이에 설치하고 5m의 동축 케이블 양단의 N-type(m) 어댑터를 통해 ML521B 수신 전계강도 측정기에 연결하여 측정하였다. 이때, ML521B 수신 전계강도 측정기의 설정을 아래의 표 1에 나타내었다.

<표 1> ML521B 수신 전계강도 측정기 설정

설정 항목	설정	단위
Frequency	99.9	MHz
Pass Bandwidth	15	kHz
De-modulator	FM	-
Units	dBμV/m	-
20dB RF Attenuation	Off	-
Calibration	On	-

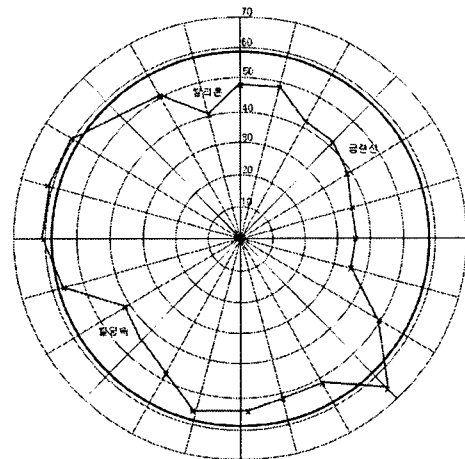
V. 전계강도 분석

FM 전파환경 측정에 있어서 FM 송신 출력을 5KW로 두고 주파수를 99.9MHz로 하여 전파원(Source)을 황령산 송신소로 하였다. 부산지역 전파환경 측정을 위해 제작된 지도는 그림 5에 나타내었다.



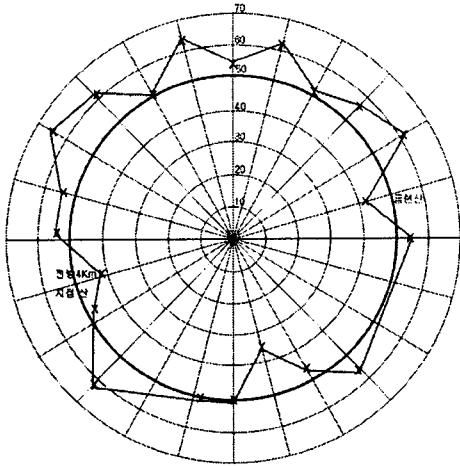
<그림 5> 전파환경 측정을 위한 지도 제작(부산)

그림 6에서 그림 9까지는 거리가 3km, 5km, 9km, 15km인 경우에 대해서 ETRI 전파모델에 의해 산출된 이론치와 실제 측정을 통해 얻은 측정치를 동시에 나타내었다. 그림에서는 이론치를 파란색으로 표시하였고 측정치를 빨간색으로 표시하였다.



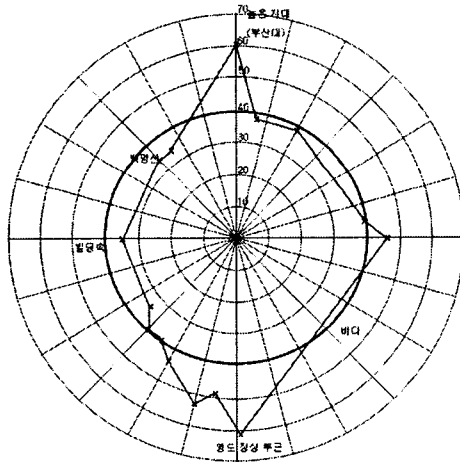
<그림 6> 거리별 수신 전계강도 분포(3km)

그림 6은 황령산 송신소를 기점으로 약 3km 떨어진 지점에 대한 각도별 수신 전계강도의 이론치와 측정치를 나타내고 있다. 이론치와 측정치 간에 금련산, 빌딩속이라는 전파 환경에 의해 이론치보다 낮게 나온 것을 알 수 있다.



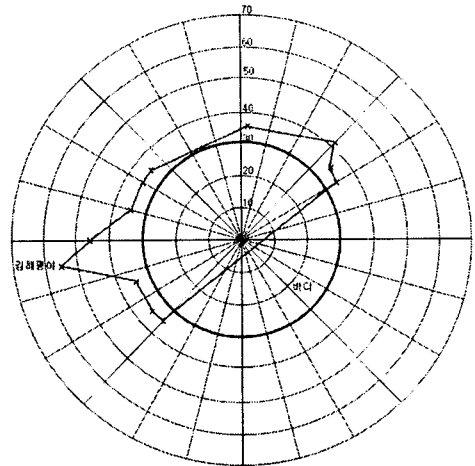
<그림 7> 거리별 수신 전계강도 분포(5km)

그림 7은 5km 떨어진 지점에 대한 수신 전계강도의 이론치와 측정치를 나타내고 있다. 여기서, 금련산과 업광산에 대한 영향을 받는 지점을 제외하고는 대부분 이론치보다 높게 나왔으며, 백양산과 전방 4Km에 있는 산의 영향을 받는 부분은 이론치보다 낮게 나왔다.



<그림 8> 거리별 수신 전계강도 분포(9km)

그림 8은 9km 떨어진 지점에 대한 수신 전계강도의 이론치와 측정치를 나타내고 있다. 여기서 바다 방향으로는 측정할 수 없었으며, 다른 방향에 대해서는 이론치와 측정치가 비슷한 결과를 얻는 것으로 볼 수 있으나 해운대 달맞이고개와 영도 정상부근에서는 황령산 송신소가 LOS의 경우이므로 이론치보다 높게 나왔다.



<그림 9> 거리별 수신 전계강도 분포(15km)

그림 9는 15km 떨어진 지점에 대한 수신 전계강도의 이론치와 측정치를 나타내고 있다. 여기서 김해평야 방향이 높게 나온 것은 LOS의 경우이며 전체적인 패턴이 김해 방향으로 전파 전파되고 있음을 알 수 있었다.

이상을 정리하면 거리별 전계강도 이론치와 3km, 5km, 9km, 15km에 대한 측정치(그림6, 그림7, 그림8, 그림9)를 분석한 결과, 수평면내 지향 특성은 기존의 아날로그 전파 환경과 동일한 패턴임을 알 수 있었다. 특히 15km지점(그림9)의 경우는 가야로를 중심으로 백양산과 구덕, 천마산 영향으로 김해 서부경남 방향으로 전파 전파됨을 알 수 있었다. 또한, 위의 결과는 수평면내 지향특성을 나타내고 있으므로 PSB 황령산 송신소에 설치된 디지털방송 송출 전력을 결정하는데 중요한 파라미터로서 역할을 한다.

VI. 결 론

본 논문에서는 시뮬레이션을 통해 결과를 얻은 수신 전계강도 분포와 실제 측정된 전계강도를 비교한 결과, 전체적으로 시뮬레이션 결과보다 낮은 결과를 갖지만 분포 패턴은 비슷하게 나타났다.

이론치와 실측치를 비교하기 위해서 자유공간에 대한 전파 전파의 이론적 모델링과 ETRI 전파모델을 통해 이론치를 산출하였다. 그러나 ETRI 전파모델의 경우는 평탄한 지형에 한해서는 비슷한 결과를 가지지만 도심 밀집지역 및 산악 지형으로 판단되는 지역에서는 차이를 가지는 것으로 나타났다. 그 결과, ETRI 전파모델 및 자유공간에 대한 전파전파 모델링이 부산 지역에 대해서는 적합하지 않아 앞으로 적용하게 될 부산 디지털방송에서는 산악 및 밀집지대에서 회절에 따른 전파손실과 출력의 변화에 따른 추가적인 검토로 부산의 지형적 형태에 알맞은 모델이 필요하다.

참고문헌

1. Yasuhiro Oda, Reiko Tsuchihashi, Kouichi Tsunekawa, Masaharu Hata "Measured Path Loss and Multipath Propagation Characteristics in UHF and Microwave Frequency Bands for Urban Mobile Communications," Proceedings of the IEEE VTS 53rd Vehicular Technology Conference - Volume 1
2. Sakagami, S. ; Kuboi, K. "Mobile Propagation Loss Prediction for Arbitrary Urban Environments," Electron. commun. Jpn., Part 1, Commun, Vol.74 No.10, P.87, 1991
3. Shuiji Sakagami, Kiyoshi Kuboi, "Mobile Propagation Loss Prediction for Arbitrary Urban Environments," Electronics and Communications in Japan, Part 1, Vol. 74, Jan 1991
4. Ao Tang, JiXian Sun, Ke Gong "Mobile Propagation Loss with a Low Base Station Antenna for NLOS Street Microcells in Urban Area" Proceedings of the IEEE VTS 53rd Vehicular Technology Conference - Volume 1