

지상파 DTV 채널 모델에 관한 연구

(A Study on the Terrestrial DTV Channel Model)

이승연* · 나채동

(Seung-Youn Lee · Chae-Dong Na)

요 약

본 논문에서는 한국 지형에 적합한 지상파 ATSC DTV용 채널 모델을 제시하였다. 이를 위해 지상파 DTV 방송과 관련된 기존 전파 모델을 연구하고, 한국방송공사에서 실시한 지상파 DTV 방송 필드테스트의 실측 데이터를 분석하였다. 실제 측정된 전계강도를 기반으로 제시한 채널 모델은 기존의 전파모델에 비해 더 정확한 값을 가진다. 제시한 채널 모델은 지상파 DTV 시스템 실행시 요구되는 link budget 계산에 유용할 것이다.

Abstract

In this paper we proposed channel models for terrestrial ATSC (Advanced Television Systems Committee) DTV (Digital Television) system in South Korea. For the purpose of this model, we research on propagation model involved in terrestrial DTV system and analyze out field test data of terrestrial DTV broadcasting carried out in korean Broadcasting System. Using the measured values of received field strength, newly proposed Path-loss models have more correctly than that of conventional Path-loss models. This models can be utilized usefully for the efficient ATSC DTV system implementation requiring accurate link-budget calculation

Key Words : Terrestrial ATSC DTV , Propagation Path-Loss Models

1. 서 론

지상파 DTV 방송의 수신 가능 지역을 예측하고 안정된 통신환경을 만들기 위해서는 채널 모델에 관

* 주저자 : 동서울대학
Tel : 031-720-2062, Fax : 031-720-2262
E-mail : alyssa@dsc.ac.kr
접수일자 : 2009년 12월 2일
1차심사 : 2009년 12월 3일, 2차심사 : 2010년 1월 25일
3차심사 : 2010년 2월 1일, 심사완료 : 2010년 2월 8일

한 연구가 필요하다. DTV 채널 모델과 관련된 주요한 연구결과로는 FRISS[1], LEE[2], OKUMURA[3], HATA[4]등이 있다. FRISS는 자유공간에서 전파 경로 손실을 모델링하였고, LEE는 회절을 고려한 채널 모델을 제안하였다. OKUMURA는 일본 동경 지역에서 VHF/UHF 대역에 대해 실측데이터를 기반으로 전파예측모델을 만들었고, HATA는 OKUMURA 모델의 단점을 수학적으로 모델링하여 간편하게 만들었다.

그러나 FRISS나 LEE의 전파모델은 광활한 평지에서 잘 적용이 되나 다른 전파 장애요인들이 있는 경우 그 값의 편차가 심하고 OKUMURA나 HATA 모델은 일본 동경지역에서 실측한 데이터를 기반으로 만들어졌으므로 국내 지상파 DTV 채널 모델에 적용시키기에 부적합하다. 따라서 국내 지상파 DTV 채널 모델을 위한 이론적인 연구와 국내 환경에 적합한 채널모델의 확립이 필요하다.

본 논문에서는 국내 지상파 DTV 관련 지형 및 실측 데이터[5]를 활용하여, 기존의 전파모델과 실측 결과를 비교 분석하고, 이를 기반으로 한국 지형에 적합한 지상파 DTV용 전파 모델을 새롭게 제시하고, 그 유용성을 검증했다.

2. 지상파 DTV 관련 채널 모델

전파는 직진성외에 반사, 산란, 회절, 굴절되는 성질을 가지고 있다. 송신기와 수신기 사이에 아무런 장애물이 없다면 전파는 바로 전달되고, 건물이 가로막고 있더라도 전파는 주변 건물들에 의해 반사, 산란되어 들어온다. 물론 건물에 의해 회절도 되지만 전파 특성상 건물이 근거리에서 있으면 회절되어 들어오는 성분은 다른 것에 비해 적다. 하지만 산과 같은 큰 장애물이 송/수신기 중간에 존재하면 수신되는 전파는 대부분 회절되어 들어오는 것이다. 가시거리(LOS : Line of Sight)와 비가시거리(Non-LOS)의 구분은 송신기와 수신기 사이에 거대한 장애물의 유무로써 전파가 직선으로 전달되는지 장애물로 인해 회절되어 전달되는지에 관한 구분이다. 본 논문에서는 송신안테나로부터 측정위치까지의 지형데이터를 사용하여 송신안테나와 수신기 사이가 직선으로 연결되면 가시거리 영역, 산으로 막힌 경우는 비가시거리 영역으로 구분 하였다.

2.1 가시거리영역의 기존 채널 모델

가시거리에서 실측된 전송손실 값과 비교하기 위하여 기본적인 몇가지 이론모델(자유공간, FRISS)과 실험 모델인 HATA모델에 한국방송공사에서 필드테스

트한 데이터를 적용시켜 비교분석하였다. 그림 1은 각 이론 모델과 실측데이터와의 편차를 그래프로 도시한 것으로 자유공간 모델은 대략 ± 20 [dB]의 편차범위내에 존재하고 있으며 HATA대도시 모델, FRISS모델은 실측값과 대략 $+5 \sim +35$ [dB]의 편차를 보이고 있다. 이것을 그림 2에 나타냈다.

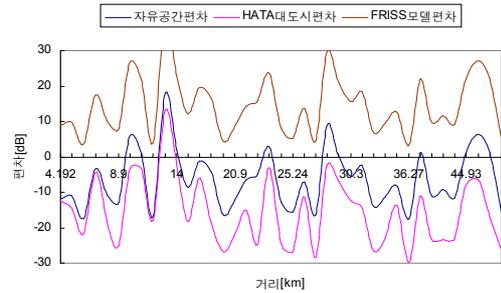


그림 1. 가시거리 실측 결과와 이론모델 및 HATA 대도시 모델 예측 전송 손실값과의 편차

Fig. 1. A deviation of LOS measured data to transmission loss values of theoretical model and HATA large-city model

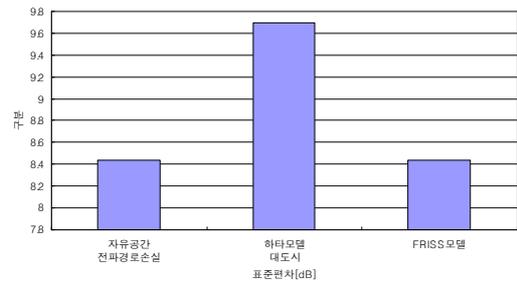


그림 2. 이론모델과 HATA대도시 모델과의 표준편차

Fig. 2. A standard deviation of theoretical model and HATA large-city model

2.2 비가시거리 영역의 기존 채널 모델

비가시거리 영역에서 실측된 전송손실 값과 비교하기 위해 사용된 회절 모델은 정보통신부고시 제 1998-49호의 “방송구역전계강도의 기준·작성요령 및 표시방법” 중 자유공간에서 산악에 의한 모서리형 회절손실[6]과 ITU-R(International Telecommunication Union-Radio)에서 권고한 PN 526-3(Propagation in Non-ionized media)[7] 회절 모델이다. 정보

통신부에서 고시한 자유공간에서의 산악에 의한 모서리형 회절손실의 계산법은 LEE모델[2]과 동일하다.

LEE 모델과 ITU-R 526-3 회절모델의 전송손실값과 실측데이터의 편차는 그림 3과 같다.

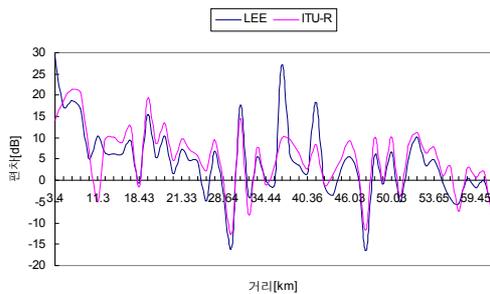


그림 3. 비가시거리 실측값과 LEE, ITU-R 526-3 모델의 편차

Fig. 3. A deviation of non-LOS measured data, LEE model and ITU-R 526-3 model

LEE모델과 ITU-R 회절모델의 계산결과와 실측값을 비교 출력한 결과 위의 그림들과 같으며, 각 모델과 실측 결과와의 편차에서 볼 수 있듯이 ITU-R 회절모델이 LEE모델보다 약 5~10[dB] 정도 실측값에 가까우며 이들의 실측값과의 편차, 분산, 표준편차는 아래와 같다.

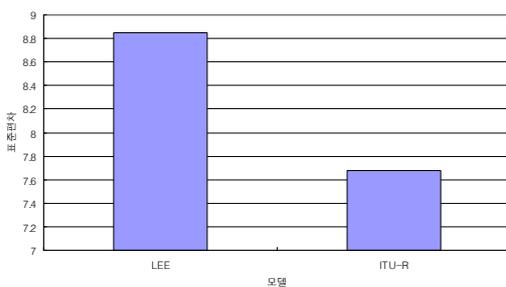


그림 4. LEE 모델과 ITU-R 526-3 모델의 표준편차

Fig. 4. A standard deviation of LEE model and ITU-R 526-3 model

필드테스트 데이터의 지형을 구분하면서 관악산 송신소로부터 실측지점까지의 지형정보만을 사용하였고 그 사이에 존재하는 건물 등에 대한 사항은 고려되지 아니하였다. 따라서 단일회절로 구분한 지역이 실

제로는 전송경로 사이에 존재하는 고층 건물 등에 의하여 다중회절이 되는 경우도 발생할 수 있으나 본 논문에서는 지형 자료만을 바탕으로 하고 지상 건축 구조물은 고려하지 아니한 결과로 실측값에 비하여 회절 모델의 결과에는 가시거리에 비하여 대략 10~15[dB] 이상의 편차가 존재한다.

3. 필드테스트 기반의 새로운 지상파 DTV용 채널 모델 제시

3.1 가시거리영역의 채널 모델

가시거리 영역에 대한 실측 결과와 이론모델의 비교에서 자유공간 모델이 실측 결과의 대략적인 중간값의 변화 추이를 보이고 있으므로 가시거리의 직접파와 지표면에서 반사되는 반사파의 영향을 고려한 2-Ray (Ground Reflection)모델을 적용해 보았다. 그 결과를 실측값과 대비하여 연구해 본 결과 가장 경로 손실과 유사한 패턴을 보여 이를 개선하여 한국형 지상파 DTV에 적합한 가시거리용 모델을 제안했다.

앞에서 언급한 바와 같이 2-Ray ground reflection model은 직접파 외에 지면에 의한 반사파(ground reflected wave)성분까지 고려한 것으로 최소한 수 [km]이상의 거리에서 이동형 무선통신시스템에 대하여 잘 적용되며, 특히 large-scale 신호의 전계강도를 예측하는데 적합한 특성을 갖고 있다.

2-Ray 모델은 송수신기사이의 거리가 d일 경우, 수신 전력은 다음과 같이 표현된다[8].

$$P_r = \left(\frac{h_t^2 h_r^2}{d^4} \right) \times G_t \times G_r \times P_t \tag{1}$$

P_r : 수신전력

P_t : 송신전력

h_t : 송신기의 높이

h_r : 수신기의 높이

G_t : 송신 안테나의 전력 이득

G_r : 수신 안테나의 전력 이득

d : 송수신기 간의 거리([m])

위 수식은 송수신기간의 거리가 상당히 긴 구간 ($d \gg \sqrt{h_t h_r}$)에서는, 수신전력이 거리의 4제곱에 반비례한다는 것을 의미하며, 안테나이득을 고려할 때, 2-Ray모델에서의 path loss(PL)는 다음과 같이 표시된다[8].

$$PL(dB) = 40\log d - (10\log G_t + 10\log G_r + 10\log h_t + 10\log h_r) \quad (2)$$

필드테스트 데이터의 가시거리지형의 실측 결과와 2-Ray 모델의 결과를 함께 출력하면 그림 5와 같다.

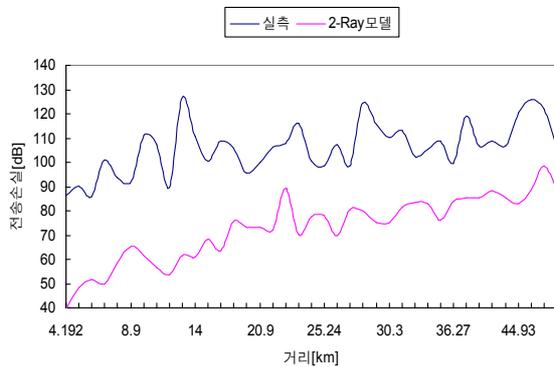


그림 5. 가시거리 실측 결과와 2-Ray 모델 비교
Fig. 5. A comparison of LOS measured data and 2-Ray model

2-Ray 모델로부터 계산된 결과는 실측값과 변화하는 패턴이 매우 유사함을 알 수 있다. 다만 실측값과 2-Ray 기본 모델은 패턴이 상당히 유사하나 각 지점에서의 편차가 각각 다른 크기를 가진다. 가시거리 영역을 구분하기 위한 기준[5]을 적용하였다. 가시거리 실측에 사용된 지역을 부도심, 도심, 밀집도심으로 구분하여 각 구분지역의 특성에 맞도록 각종 전송손실 요소를 추가하여 수식으로 정리한 것이 3.3항의 표 1이다.

이 수식은 가시거리영역에서 송신기 안테나로부터 수신기까지 직접 도달하는 직접파와 지표면 반사파를 고려한 2-Ray 모델을 기본으로 삼고 있다. 그러나 2-Ray 모델은 수식의 전개에서 각 단계별로 많이 간

략화 되어 있어 최종 수식에는 기초수식에서 고려된 많은 요소들이 생략되어 있다. 따라서 이를 보완하고 일부 요소는 생략하지 않고 수식에 반영하여 표 1의 “기본전송손실” 수식을 제안하게 되었으며 이 수식에 각각 구분된 지형별 전파장애요소를 고려하여 이를 평균화한 상수 값을 더하는 방식으로 부도심, 대도심, 밀집도심에 적용되는 가시거리 한국형 DTV 채널모델을 제시하였다.

3.2 비가시거리영역의 채널 모델

2.2항에서 언급한 바와 같이 정보통신부고시 모서리형 회절손실 모델(LEE 모델)과 ITU-R 526.3 회절 모델은 전반적으로 실측값과 유사한 변화패턴을 보이고 있다. 다만 지형 정보만이 고려되었고 지표상에 건축된 실제 건물 등에 대한 요소가 고려되지 아니하여 완벽히 일치하지는 않는다. LEE 모델이 손실값의 변화가 생기는 부분에서 보다 급격한 추세로 변하고 있으나, ITU-R 526.3 회절 모델은 실측값에 근사하며 LEE 모델보다 완만하게 변한다.

비가시거리 영역의 회절모델에 대하여 본 논문에서 접근한 방식은 기존 모델들(LEE 모델, ITU-R526.3 모델)과 파라미터 값을 다르게 정의하는 방식이다. 국내 지상파 DTV는 기존 모델들과 달리 안테나 위치가 산위에 있어 고도가 높다. 이것을 이용하여 거리요소를 변경하여 적용하였다.

기존의 LEE 모델과 ITU-R 526.3 모델은 그림 6과 같이 전파모델의 수식을 유도하는 데에 있어서 필요한 거리요소를 다르게 하였다. 국내 지상파 DTV의 송신안테나의 위치가 기존의 모델들과 달리 상당히 높은 고도를 가진다는 특성을 반영시키기 위해서 그림 7에서 나타낸 바와 같이 송신안테나와 수신안테나를 서로 일직선으로 연결한 선을 d1과 d2로 설정하고, d1과 d2의 경계지점서 수직방향으로 장애물의 높이에 해당되는 h를 설정하였다. 그림 7의 하단에서는 그림 6에 비해서 거리d의 요소가 더 길어지는 것을 비교해 주기 위해 상단부에서 표시한 d1과 d2 및 h의 관계 도면을 나타내었다.

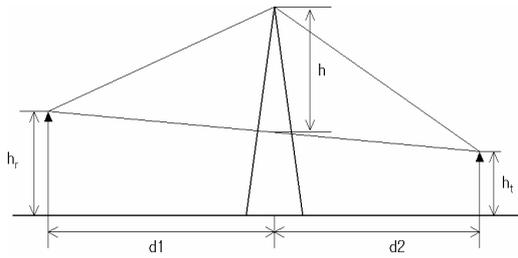


그림 6. 기존 모델에서의 송신점과 수신점, 장애물과의 거리요소 및 높이

Fig. 6. Distance elements and height between transmission point, receiving point, and obstacle of conventional diffraction model

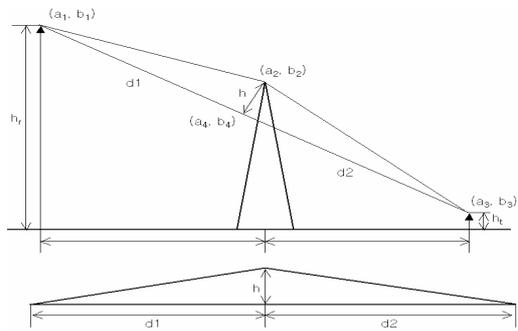


그림 7. 변경된 송신점, 수신점과 장애물과의 거리요소 및 높이

Fig. 7. Distance elements and height between transmission point, receiving point, and obstacle of proposed model in this paper

- h_t = 송신 안테나 높이
- h_t = 수신 안테나 높이
- h = 장애물의 높이
- d_1 = 송신안테나와 장애물과의 거리
- d_2 = 수신안테나와 장애물과의 거리

회절 모델을 위한 d_1 , d_2 , h 의 값을 다음과 같은 식으로 계산하였다. 송신안테나(a_1, b_1)와 수신안테나(a_3, b_3)를 연결하는 직선은

$$\left(\frac{b_3 - b_1}{a_3 - a_1}\right) \cdot (x - a_1) = (y - b_1) \quad (3)$$

장애물의 꼭지점(a_2, b_2)과 송수신점을 연결한 직선이 수직으로 만나는 점(a_4, b_4)을 지나는 직선은

$$\left(\frac{b_4 - b_2}{a_4 - a_2}\right) \cdot (x - a_2) = (y - b_2) \quad (4)$$

(3)과 (4)는 서로 수직이므로

$$\left(\frac{b_4 - b_2}{a_4 - a_2}\right) \cdot \left(\frac{b_3 - b_1}{a_3 - a_1}\right) = -1 \quad (5)$$

이고 (4) 식에 대입하면 아래와 같이 된다.

$$y = -\left(\frac{a_3 - a_1}{b_3 - b_1}\right)x + \left(\frac{a_3 - a_1}{b_3 - b_1}\right)a_2 + b_2 \quad (6)$$

수식을 a_4 와 b_4 에 대하여 정리하여 표현하면 아래 식 (7)와 같다.

$$a_4 = \left(\frac{(a_3 - a_1) \cdot (b_3 - b_1)}{(a_3 - a_1)^2 + (b_3 - b_1)^2}\right) \cdot \left\{ \left(\frac{b_3 - b_1}{a_3 - a_1}\right)a_3 + \left(\frac{a_3 - a_1}{b_3 - b_1}\right)a_2 - b_3 + b_2 \right\}$$

$$b_4 = \left(\frac{(a_3 - a_1) \cdot (b_3 - b_1)}{(a_3 - a_1)^2 + (b_3 - b_1)^2}\right) \cdot \left\{ \left(\frac{b_3 - b_1}{a_3 - a_1}\right)b_2 + \left(\frac{a_3 - a_1}{b_3 - b_1}\right)b_3 + a_2 - a_3 \right\} \quad (7)$$

따라서 송신점과 장애물과의 거리 d_1 , 장애물과 수신점과의 거리 d_2 , 장애물의 높이 h 는 식 (8), (9), (10)과 같이 정의할 수 있다

$$d_1 = \sqrt{(a_4 - a_1)^2 + (b_4 - b_1)^2} \quad (8)$$

$$d_2 = \sqrt{(a_4 - a_3)^2 + (b_4 - b_3)^2} \quad (9)$$

$$h = \sqrt{(a_4 - a_2)^2 + (b_4 - b_2)^2} \quad (10)$$

제안한 방식에서는 단일회절 전파모델의 수식은 LEE 모델을 그대로 적용은 하되, 입력 요소인 거리 및 안테나의 길이를 기존방식과 달리하여 위와 같은 방법으로 적용했다.

다중회절은 두 회절지점에 대한 회절 손실을 각각 계산하고 여기에 보정항을 더하여 계산하였다. 다중회절에 LEE모델을 적용 했을 때 측정결과에 비해 편차가 커지므로 ITU-R 526.3에서 권고한 방식을 적용하였다.

3.3 새로운 국내 지상파 DTV용 전파모델 제시

이상에서 열거한 가시거리와 비가시거리영역에 대한 전송손실예측모델과 관련해서 본 논문에서 제시한 가시거리와 비가시거리의 전송손실 예측 모델을 요약하여 기술하면 다음과 같다.

표 1. 제안한 국내 지상파 DTV용 채널 모델
Table 1. Proposed Channel Model for terrestrial DTV system in Korea

Equations of Proposed Path loss Model		
Basic Eq.	$PL[dB] = 40\log(d[km]) - \{10\log(G_t) + 10\log(G_r) + 20\log(ht) + 20\log(hr)\} + 120 + a(k)$	
Suburban Eq.	In this case, $a(k)$ of Basic Eq = 22.17[dB]	
Urban Eq.	In this case, $a(k)$ of Basic Eq = 37.32[dB]	
Massed Urban Eq.	In this case, $a(k)$ of Basic Eq = 55.58[dB]	
Single Knife-edge Diffraction Model	$v = h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)}$	
	$v \leq -1$	$L = 0 \text{ (dB)}$
	$-1 \leq v \leq 0$	$L = 20 \log(0.5 - 0.62v) \text{ (dB)}$
	$0 \leq v \leq 1$	$L = 20 \log(0.5e^{0.95v}) \text{ (dB)}$
	$1 \leq v \leq 2.4$	$L = 20 \log(0.4 - \sqrt{0.1184 - (0.1v - 0.38)^2}) \text{ (dB)}$
	$v \geq 2.4$	$L = 20 \log(-0.225/v) \text{ (dB)}$
Mutiple Knife-edge Diffraction Model	$L = L_1 + L_2 + L_c$	
P_r : Received power, P_t : Transmitted Power h_t : Height of Transmitter(Tx), h_r : Height of Receiver(Rx) G_t : Tx Antenna Gain, G_r : Rx Antenna Gain λ : wave-length d (m) : Distance between Tx and Rx, f : frequency h : (Height of Knife-edge obstacle)-(Height of Line between Tx and Rx Antenna) d_1 : Distance between Tx Antenna and Knife-edge obstacle. d_2 : Distance between Knife-edge obstacle and Rx Antenna. L_1 : diffraction loss over the first cylinder([dB]). L_2 : diffraction loss over the second cylinder([dB]). L_c : correction factor to account for spreading loss diffraction over successive cylinders.		

4. 지상파 DTV 채널모델의 시뮬레이션 및 성능검증

4.1 가시거리 영역의 지상파 DTV 채널 모델 시뮬레이션

제안한 가시거리 전송손실 모델을 적용하여 앞에서 정리된 가시거리 지형 요소 중 지역구분 항목을 적용하여 실측결과와 함께 출력하면 아래와 같이 나타남을 알 수 있다. 아래의 그림 8에서 보면 가시거리에 대하여 제안 모델은 실측 결과와 변화 패턴뿐만 아니라 각 지점에서의 값도 상당히 근사함을 알 수 있다.

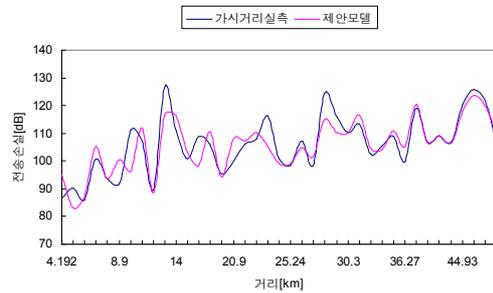


그림 8. LOS 실측 결과와 제안된 LOS모델의 비교
Fig. 8. A comparison of LOS measured data and proposed LOS model

본 논문에서 언급된 가시거리 모델들과 제안모델을 비교하면 그림 9와 같다. 가시거리 최적 모델의 표준편차는 5.45로 여타 다른 모델과 실측값과의 비교결과보다 매우 우수함을 알 수 있다.

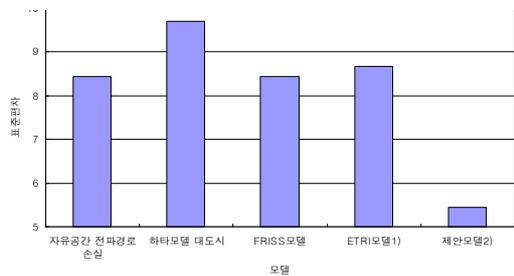


그림 9. 가시거리 모델들의 실측결과와의 표준편차 비교
Fig. 9. A standard deviation comparison of LOS models and measured data

- 1) ETRI의 가시거리 모델에 대하여 지형구분 요소를 반영하여 각 지점에서 적절한 모델 수식을 사용하여 얻은 결과를 사용하여 비교한 편차의 평균, 분산, 표준편차임.
- 2) 제안된 모델에 지형 구분요소를 반영하여 얻어진 결과와 실측 결과에 대한 비교 편차평균 및 분산, 표준편차임.

4.2 비가시거리 영역의 지상파 DTV 채널 모델 시뮬레이션

비가시거리 영역 채널 모델을 시뮬레이션 해 본 결과 기존 모델에 비해서 제안한 방식이 더 작은 편차를 갖는 결과가 나왔다. LEE 모델과 ITU-R 526.3 회절 모델에 제안한 방식을 사용하여 비가시거리 영역을 단일회절, 다중회절으로 구분한 것에 따라 손실 값을 얻어 실측결과와 비교 출력하면 다음 그림 10과 같다. 기존에 제안된 회절모델에 비하여 보다 제안된 방식에 의한 결과가 비가시거리 실측값에 더욱 근사한 결과를 얻었다.

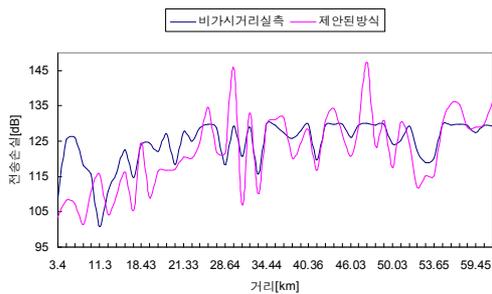


그림 10. 실측 결과와 제안한 방식의 회절 모델 비교
 Fig. 10. A comparison of non-LOS measured data and non-LOS diffraction model by proposed method

비가시거리 영역에서 제안한 방식에 의한 모델의 변화 추세도는 전체적으로 다른 회절모델들과 패턴이 유사하기는 하지만, 좀 더 비가시거리 실측값에 가까운 결과가 나온다. 그림 11은 제안한 방식에 의한 모델과 비가시거리 실측결과와의 편차를 비교하여 보여 준다.

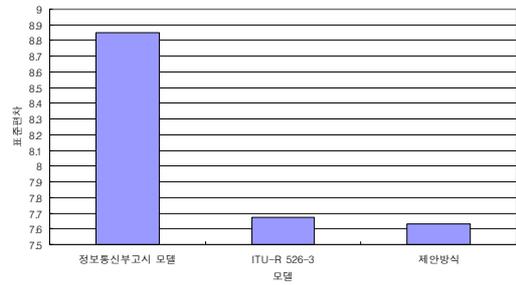


그림 11. 비가시거리 모델들의 실측 결과와의 표준편차 비교
 Fig. 11. A comparison of standard deviation and measured data of non-LOS models

이상의 결과에서 기존에 방송용 회절모델로 많이 사용되는 정보통신부고시의 LEE 모델이나 ITU-R526-3 모델보다 제안한 비가시거리영역 전송손실 예측 모델이 보다 실측값에 정확한 결과를 얻었음을 볼 수 있다. 다만, 가시거리 전송손실 예측 모델과 달리 비가시거리 영역에 대해서는 송신소와 수신기 사이에 존재하는 장애물에 대한 지상 구조물 등 자세한 자료가 없이 송/수신단간의 지표고와 같은 지형데이터만을 사용하여 예측 모델을 개발하였으므로 가시거리 예측모델보다 실측값과의 표준편차에 약 +5[dB] 정도의 차이를 보였다.

4.3 제안한 채널 모델의 응용 (link-budget 계산)

무선 통신시스템에서 시스템의 종합적인 성능 판별을 위해 송수신기의 gain이나 NF 등을 정해진 계산식에 의해 계산하여 요구되는 송수신기 감도나 전송능에 만족하는지를 평가한다. 이러한 평가과정을 Link Budget 계산이라고 하며 이것은 무선 통신시스템에서 중간의 신호전달 채널의 감쇄 등을 고려하여 송신기와 수신기가 성공적으로 통신이 이루어지도록 spec을 정하거나 조정하는 작업 또는 그 계산 결과를 의미한다.

본 논문에서는 제안한 전파모델을 이용하여 국내 지상파 DTV system의 Link budget을 계산하였다. 실제 송수신 시스템의 여러 값들이 이미 필드 테스트에서

구해져 있으므로 본 논문에서 구한 전파모델을 이용하여 전송손실 값을 예상하여 DTV수신이 힘든 지역에서 송신이나 수신 안테나의 성능을 어느 정도까지 높이면 수신이 가능한지를 예측할 수 있다.

표 2에서는 거리에 따른 Link budget을 계산하여 보여주고 있다. 이 표를 참조하면 송신안테나로부터 거리가 60[km]까지는 수신이 양호하지만 80[km]는 보정이 필요하다는 것을 알 수 있다.

표 2. 지상파 DTV 시스템을 위한 link budget 계산 예

Table 2. The calculated example of Link budget for the ATSC DTV system

Parameters	Value				
Bandwidth	6[MHz]				
Information data rate	19.39[Mbps]				
Distance : d([km])	10	20	40	60	80
Average Tx power : $P_t = 1[kW]$ ([dBm])	30	30	30	30	30
Tx antenna gain : G_t	6.6[dBi]				
Center frequency : f_c	473[MHz]				
Proposed Path Loss at d : PL(dB)	72.89	84.93	96.97	104.02	109.01
Rx antenna gain : G_r	17.00[dBi]				
Rx power : $P_r = P_t - PL$ ([dBm])	-42.89	-54.93	-66.97	-74.02	-79.01
Average noise power per bit : N	-106.2[dBm]				
Rx noise figure : N_f	10.00[dB]				
Average noise power per bit : $P_N = N + N_f$	-96.20[dBm]				
Minimum E_b/N_0 : S	15.20[dB]				
Implementation Loss : I	3.50[dB]				
Link Margin : $M = P_r - P_N - S - I$ ([dB])	34.61	22.57	10.53	3.48	-1.51

이 Link budget 계산에서 사용 한 여러 요소들은 다음과 같다. data rate은 19.39[Mbps]이고 bandwidth

는 6[MHz]로 이는 ATSC방식의 DTV 방송규격이다. 계산에 사용된 방송시스템은 모두 MBC 디지털 방송으로 중간 주파수인 473[MHz]를 사용하였고 송수신 안테나의 파워나 이득, 그리고 시스템 손실들은 모두 MBC 방송 시스템을 따른다. 평균잡음전력과 $E_b/N_0(S)$, 그리고 Implementation Loss는 모두 FCC (Federal Communications Commission) 권고안을 따라 작성하였다. 마지막으로 이 계산에서 사용한 채널 모델은 가시거리 영역의 부도심모델이다.

Link budget 계산 결과 거리에 따라 링크 마진이 줄어들고 있는데 안정적인 채널 확보를 위해선 링크 마진이 0보다 큰 값을 유지해야 한다. 송신안테나로부터 80[km] 떨어진 지역의 링크마진은 -1.51로 0보다 큰 값을 위해서는 송신전력의 증가 또는 수신 안테나의 성능이 더 향상되어야 한다. 필드테스트를 시행했을 때의 송출 방송은 DTV 시험 방송으로 송신전력이 1[kW], 30[dB]인데 비해 본방송의 송출전력은 2.5[kW] 즉, 34[dB]로 4[dB] 증가하게 된다. 이 4[dB]의 증가로 링크마진은 2.5가 되어 송신안테나로부터 80[km] 떨어진 지역에서도 부도심이라면 안정된 수신이 가능하다는 것을 예측할 수 있었다.

5. 결 론

- 한국방송공사에서 실시한 지상파 DTV Field Test 결과를 분석하여 기존의 전파모델과 국내 지상파 DTV의 실측결과를 비교 및 분석하였다.
- 기존의 모델로는 국내 지상파 DTV 채널에 적용시키는데 한계가 있음을 확인하고 실측자료에 근거한 국내 지상파 DTV용 채널모델을 제안하였다.
- 제안한 DTV 채널 모델과 기존의 모델들의 편차 비교를 통해 제안 모델이 우수함을 검증하였다.
- 제안한 모델을 이용해 DTV 시스템의 link budget을 계산하여 수신 전계강도 예측 및 수신 성능 개선 방향을 제시할 수 있음을 확인하였고 이것은 통신 채널모델 시뮬레이터 구축을 위한 기반으로 활용될 수 있을 것이다.

References

- [1] FRISSE H.T., "A Note on a simple transmission formula", Proc. IRE, 34, 1946.
- [2] LEE, W. C. Y., "Mobile communications Engineering", McGraw Hill Publications, New York, ch 2, 1982.
- [3] Okumura, T. Ohmori, E., and Fukuda, K., "Field Strength and Its Variability in VHF and UHF Land Mobile Service," Review Electrical Communication Laboratory, Vol. 16, No. 9-10, pp. 825-873, September-October 1968.
- [4] HATA M., " Empirical formula for propagation loss in land mobile radio service", IEEE Trans., VT-29, No. 3, pp.317-325, 1980.
- [5] 정보통신부, 한국방송공사, "지상파 디지털TV방송 테스트베드 구축지원에 관한 연구", 2000.10.31.
- [6] 정보통신부, " 방송구역 전계강도의 기준작성요령", 정보통신부고시 제1998-49호, 1998.
- [7] Recommendation ITU-R PN.526-3, "Propagation By Diffraction" PN series Volume, pp.129~149, 1994.
- [8] Theodore S. Rappaport, "Wireless Communications", IEEE press, pp.69~192, 1996.

◇ 저자소개 ◇



이승연(李丞淵)

1973년 11월 11일생. 1999년 성균관대학교 전기공학과 졸업. 2001년 동 대학원 전기전자컴퓨터공학부 졸업(석사). 2006년 동 대학원 전기전자컴퓨터공학부 졸업(박사). 2006~2007년 애틀란타 조지아텍(Post-Doc.). 2008년~현재 동서울대학교 전기정보제어과 교수.



나채동(羅萊東)

1954년 11월 3일생. 1979년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1983~1991년 한국전기연구원 선임연구원. 1991년~현재 동서울대학교 전기정보제어과 교수/산학협력처장.