

# ITU-R의 대류권 산란 전파 모델에 관한 연구

이인석, 오성준

고려대학교

insukee@korea.ac.kr, \*seongjun@korea.ac.kr

## A Study on the troposcatter propagation model of ITU-R recommendation

Lee In Seok, Oh Seong Jun

Korea Univ.

### 요 약

본 논문은 국제전기통신연합인 ITU-R의 장거리 전파 모델 권고서인 P.452와 P.2001의 대류권 산란 전파 모델을 연구하고, 특정 상황을 가정하여 시뮬레이션을 수행해보았다. 같은 지형이라 하더라도, P.452와 P.2001의 대류권 산란 모델은 차이가 10~20dB 정도 존재함을 실험을 통해 확인하였다.

### I. 서 론

무선통신의 급격한 발전으로 인해, 전 세계적으로 수많은 무선통신망이 설치되고 적극적으로 활용되고 있다. 하지만 무선통신에서 전파가 전달될 때 의도하지 않은 간섭이 발생하는 것은 피할 수 없다. 특히, 바다나 국경을 넘어서 전달되는 전파로 인해 발생하는 간섭은 국가 간의 큰 문제로 이어질 가능성이 있다. 전파가 장거리로 전달되는 원인 중 하나는 전파가 대류권에 의해 산란되기 때문이다. 본 논문에서는 국제전기통신연합(ITU)에서 권고서의 형태로 제안하고 있는, 대류권 산란(Troposcatter)으로 인한 장거리 전파 모델에 대하여 연구를 진행하였다.

### II. 본론

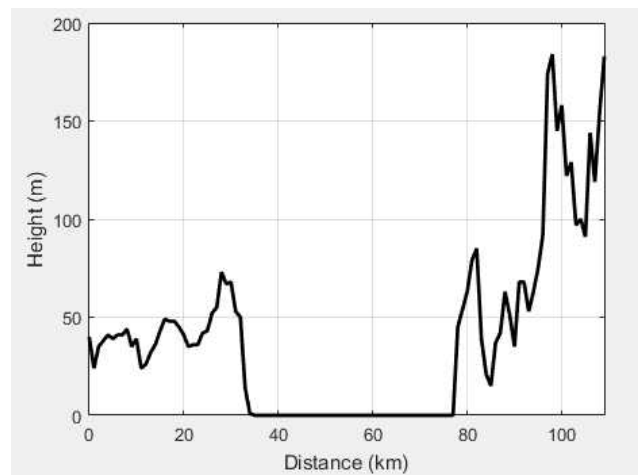
본 논문에서는 ITU-R에서 권고서의 형태로 제안하는 장거리 전파, 간섭 모델인 P.452와 P.2001에서 대류권 산란에 의한 전파의 감쇠 모델을 비교하고 분석해보았다. 대류권 산란이란, 지표상 1~12km의 대류권 대기의 불균일성에 의해 전파 산란이 일어나는 현상을 말한다. 공기의 난류에 의해 전파가 반사, 산란되며, 지형적인 특징이나 계절, 날씨에 의해 전파의 감쇠에 영향을 받게 된다. 이러한 현상 때문에 의도치 않게 전파가 멀리까지도 전달되기도 하며, 이를 이용한 대류권 산란 통신도 종종 활용되고 있다. 대류권 산란은 수평선 너머로의 약 800km가 넘는 원거리 통신도 가능하게 한다. 대류권 산란에 의한 전파 전달 모델은 이미 ITU-R에 의해 제안되어 있다. 대류권 산란 모델 중에서 본 논문에서 살펴볼 문서는 2가지로 P.452와 P.2001이다.[1][2] P.452는 전파가 장거리로 전달될 때의 간섭을 예측하기 위한 목적으로 만들어졌다. 전파가 간섭을 주는 경우를 예측하기 때문에, 최악의 경우를 가정한다. 즉, 간섭이 최대한 강한 경우를 상정하고 있다. 반면 P.2001 문서의 경우는 좀 더 일반적인 장거리 전파 모델이다. 전파가 장거리로 전달될 때의 일반적인 감쇠 모델을 제시하고 있으며, 대류권 산란 모델의 경우 P.452보다 더 세밀한 보정 과정을 거친다. 대류권 산란으로 인한 감쇠는 기본적인 전송감쇠 외에도 강우로 인한 감쇠, 가스 흡수에 의한 감쇠 등 기상변화에 의한 감쇠도 존재한다. 기본적

인 전송 감쇠는 크게 주파수, 거리, 안테나에 의한 감쇠로 구분할 수 있다. 주파수로 인한 감쇠는 P.452와 P.2001 모두 동일하나, 거리와 안테나에 의한 감쇠는 차이가 있다. 특히, 거리에 의한 감쇠에서 특징적인 차이가 존재한다. P.452에서 거리에 의한 감쇠는 식(1)과 같다.

$$L_{dist} = 20\log(d) + 0.573\theta \quad (1)$$

$$L_{dist} = \max[10\log(d) + 30\log(\theta) + L_N, 20\log(d) + 0.573\theta + 20] \quad (2)$$

식(1)은 거리  $d$ 와 산란각도  $\theta$ 에 대한 식으로 단순하게 표현되어 있다. 하지만 P.2001의 거리에 의한 감쇠 모델은 식(2)와 같다. 식(2)에서 보이는 바로는, P.452의 거리 감쇠와 비교하면  $\max$  함수의 왼쪽 식이 추가되어 있는 것을 확인할 수 있다. 여기서  $L_N$ 은 대류권 산란이 일어나는 부분인 common volume의 위/경도에 따른 감쇠 보정값이다. 이처럼 전체적으로 P.2001 문서는 P.452보다 좀 더 보정이 추가된 모델을 제시하고 있다. 그 외에도 기후에 의한 감쇠도 P.2001에서 좀 더 자세하게 모델링을 하고 있다.

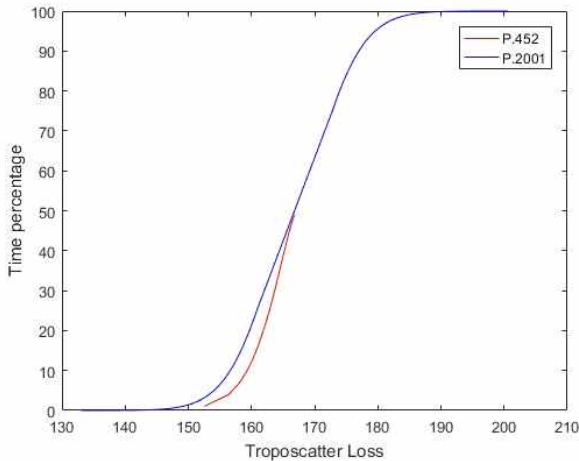


[그림 1] 시뮬레이션 지형 프로파일

## 참 고 문 헌

- [1] ITU-R P.452, 'Prediction procedure for the evaluation of interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 0.1 GHz'
- [2] ITU-R P.2001, 'A general purpose wide-range terrestrial propagation model in the frequency range 30 MHz to 50 GHz'
- [3] ITU SG3 data bank, 'https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg3/Pages/iono-tropo-spheric.aspx'

ITU에서 제공하고 있는 P.452와 P.2001의 Matlab 구현 시뮬레이터를 이용해 간단히 두 모델의 대류권 산란 감쇠를 시뮬레이션해보았다. [그림 1]은 가상의 무선통신 지형의 프로파일을 출력한 것이다. 거리가 0km인 위치에 송신기가 존재하고, 끝부분에 수신기가 존재한다. 높이가 0m인 중간 지형은 바다이며 그 외의 부분은 내륙 지형을 가정했다. 주파수 대역은 0.2GHz로 설정했고, 송신기의 안테나 이득값은 20dBi, 수신기의 안테나 이득값은 5dBi로 설정했다. 그 외의 상세한 시뮬레이션 설정값은 ITU에서 제공하는 P.452 software의 'test\_profile\_mixed\_109km' 시나리오를 따른다.[3]



[그림 2] P.452와 P.2001의 대류권 산란 감쇠량 비교

[그림 2]는 P.452와 P.2001 모델의 대류권 산란 감쇠량을 계산한 것이다. P.452 모델의 대류권 산란 감쇠량이 P.2001의 감쇠량보다 약간 큰 것을 알 수 있다. 이러한 차이는 P.2001의 common volume의 보정값과 기상 인자로 인한 감쇠량의 차이가 그래프에 나타난 것으로 보인다. P.452의 그래프가 절반밖에 없는 이유는, P.452의 모델은 시간율을 50%까지만 설정 가능하도록 되어있기 때문이다. 따라서, 시간율을 0~100까지 설정할 수 있는 P.2001이 좀 더 일반적으로 활용할 수 있는 모델임을 확인할 수 있었다.

### III. 결론

본 논문에서는 ITU에서 제시하고 있는 장거리 전파 모델 권고서인 P.452와 P.2001 문서를 참고하여, 대류권 산란에만 초점을 맞추어 두 모델의 감쇠량을 비교해보았다. 두 모델의 대류권 산란 모델링 방법은 거리나 안테나, 기상 인자에 의한 차이를 보이고 있었고, 실제 시뮬레이션 결과 [그림 2]에 보이는 것처럼 약간의 감쇠량 차이가 있음을 알 수 있다. 사실 P.452의 모델은 간섭의 영향이 큰 최악의 상황을 가정하고 있기 때문에 대체적으로 P.452의 총 경로 감쇠량은 P.2001보다 낮게 나온다. [그림 2]의 경우는 대류권 산란의 경우만을 가정한 것이며, P.452와 P.2001의 모델은 대류권 산란 뿐만 아니라 회절, 반사, 덕팅 등의 다양한 감쇠 원인을 함께 고려하는 모델이기 때문이다. 결론적으로 사용하는 주파수 대역, 지형, 안테나 이득, 기후 등에 의해 P.452의 전파 모델과 P.2001의 전파 모델은 차이가 꽤 존재한다. 대류권 산란 전파 혹은 일반적인 장거리 전파의 신뢰성 있는 감쇠량 예측을 위해서는 한 가지 모델만 적용하는 것이 아니라, 원하는 지형조건과 통신 환경을 정확히 파악한 뒤에, 두 가지 모델을 적용하여 그 차이점을 확인하고 원인을 분석해보는 것이 적절한 방법일 것이다.