

한일간 대기굴절 채널환경을 고려한 전파모델 연구

이경량* · 김성권*

Study of the Propagation Model considering Refractive Channel Environment between Korea and Japan

Kyung-Ryang Lee* · Seong-Kweon Kim*

요약

본 논문에서는 대략 250 km 이상 떨어져 있는 한국과 일본의 대기 채널 환경에 대한 분석을 하였으며, 대기 굴절도 변화량에 따르는 한일간의 채널 환경에 Radio Duct 현상이 발생하고 있으며, 그로 인한 전파 월경으로 채널 간섭이 발생하고 있음을 확인하였다. 일본 NHK에서 측정한 한국채널 수신전계강도 실험결과를 바탕으로 인접국간 전파예측모델 P 1546의 유효한 굴절도 변화량 보정치로 1% 시간율에서 -91.80 [N-units/km], 10% 시간율에서 -43.92 [N-units/km], 50% 시간율에서 -586.19 [N-units/km]의 보정된 굴절도 변화량을 제시하였으며, 제시된 굴절도 변화량은 한일간의 대기 채널 환경을 반영하는 실질적인 전파모델 예측수행에 기여할 것으로 기대된다.

ABSTRACT

Japan and South Korea since 2004 until now for the broadcast channel interference, by measuring the ongoing conflict are expected to prepare for the future, but Korea's preparation are not enough. In this study, it is pointed that cause of the interference through channel environmental analysis, and effective application of propagation prediction model was carried out between neighboring countries. Between Korea and Japan, radio duct occurs on hold due to changes in the refractive gradient, and confirmed occurrence of broadcasts interference. The results are presented that 1% time variable, -91.80 [N-units/km], 10% time variable, -43.92 [N-units/km], 50% time variable, -586.19 [N-units/km], for effective refractive gradient. Proposed refractive gradient could contribute to actual radio propagation prediction

키워드

ITU-R, Radio Propagation Model, Refractive Gradient, Channel Environment
ITU-R, 전파모델, 굴절도 변화량, 채널환경

1. 서론

방송서비스를 포함하는 Point-to-Area 전파예측모델인 ITU-R. P.370, 529, 1146의 경우, Revision을 거듭하여 2001년 ITU-R SG3 에 의해 새로운 권고안

ITU-R P.1546이 채택되었다.

ITU-R P.1546 권고안의 구조는 북해와 지중해 연안의 전계강도 실측치를 기초로 Interpolation /Extrapolation 기법을 통해 예측 전계강도를 산출하고 있으며, 다양한 채널 환경의 차이를 보정하기 위해

* 서울과학기술대학교(corenc@seoultech.ac.kr)

* 교신저자 : 서울과학기술대학교(kim12632@seoultech.ac.kr)

접수일자 : 2012. 09. 10

심사(수정)일자 : 2012. 12. 10

게재확정일자 : 2013. 01. 21

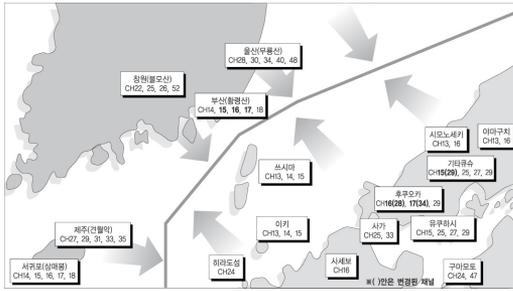


그림 1. 한일간 방송채널간섭[1]
Fig. 1 Channel interference between Korea-Japan[1]

Annex 8을 통해 대기 환경을 대표하는 변수로 굴절도 변화량을 사용하고 있다[3]. ITU-R P.1546 은 굴절도 변화량을 권고안 ITU-R P.453 을 참조할 것을 명시하고 있으며, ITU-R P.453 은 굴절률에 관한 일반 정리와 각각의 위도, 경도에 따른 굴절도 변화량을 제시하고 있다[4].

그러나, ITU-R P.453 권고안에서 제시된 굴절도 변화량을 사용하여 ITU-R P.1546의 예측 전계강도는 산출값과 실측 전계강도의 비교에서 큰 오차가 발생하고 있는 문제점이 있다. 이에 한일양국은 한일 DTV방송 협력 추진준비반 구성을 통해 전파월경을 지속적으로 논의해오며, 양국간 상호 유입되는 지상파 방송 간섭신호 측정결과를 공유해왔다.

일본방송협회(NHK)는 2004~2009년까지 한국의 채널 간섭을 지속적으로 모니터링해왔으며, NHK는 일본내 한국과 인접한 나가사키 3개, 후쿠오카 2개, 시마네현 2개, 야마구치와 가나자와현 각 1개소씩 총 9개 지점을 실측지점으로 하였으며, 실측채널은 부산, 창원, 포항, 제주, 대구와 같은 일본과 인접한 국내 송신국의 UHF대역 방송 14번 채널(470 [MHz])에서 45번 채널(650 [MHz])을 대상으로 하였다[2].

그 결과, 실측값은 ITU-R P.1546 예측값에 비해 전파의 간섭이 가장 크다고 할 수 있는 연중 최악월 평균의 경우 연평균 간섭량보다 1% 시간율에서 5~9 [dBuV/m] 낮은 결과를 보였으며, 대표적인 간섭 측정지역인 후쿠오카 측정지점에서 부산 22번 채널의 경우 시간율 50%에서 연평균 3~7 [dBuV/m], 시간율 1~10% 의 강전계강도 측정에서는 ITU-R P.1546 예측값과 실측값은 평균 10 [dBuV/m]의 큰 차이를 확

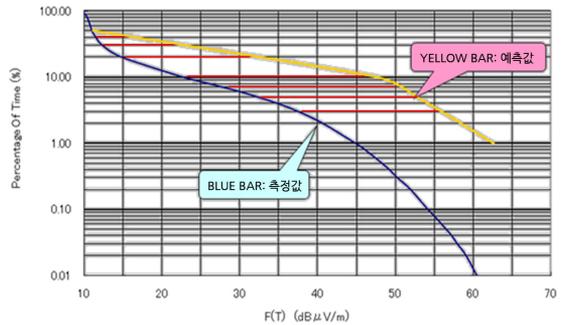


그림 2. 후쿠오카에서 측정한 부산 송신국 22번 채널에 대한 전파모델 예측값과 실측값 비교[2]
Fig. 2 Comparison of measurement and expectation of radion propagation model from channel 22 of Busan Tx. in Korea Which is observed at Hukuoka Rx in Japan[1]

인할 수 있다. 따라서, 한일간의 실질적인 채널 환경을 반영하는 예측전계강도 산출을 위해서는 ITU-R P.1546 전파모델을 유지하는 조건에서 ITU-R P.453 권고안의 굴절도 변화량의 실질적인 제시가 필요하다고 판단할 수 있다.

ITU-R P.1546 전파모델의 대기 중 채널 환경을 대표하는 요소로 사용되는 굴절도 변화량은 Annex 8에서 dN 향으로 ITU-R P.453 권고안의 각 시간율에 따른 DNDZ 데이터의 굴절도 변화량을 참조하고 있다. 이 변화량은 온난한 지중해 기후에서의 측정을 바탕으로 하기 때문에 한일 간의 채널 환경에 적합하지 않다고 할 수 있다. 따라서 한일 간 채널환경에 적합한 굴절도 변화량이 필요하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 한일간의 대기 굴절률 변화로 인해 채널 환경에 Radio Duct 현상이 발생하여, 채널 간섭이 발생하고 있음을 확인하고, 구현된 전파모델과 실측 전계강도간의 분석을 통해 ITU-R P.453 권고안에서 한일간의 실질적인 대기굴절 채널환경을 반영하는 굴절도 변화량을 제시하고자 한다.

II. 본 론

2.1. 경로거리 250km 이상의 채널 간섭 요인

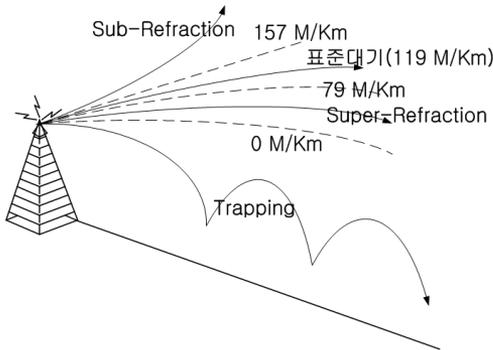


그림 3. 표준대기와 전파굴절형태
Fig. 3 Radio Propagation for Modified Refractivity Gradient(M)

표 1. 대기 굴절도변화량에 따른 전파굴절 형태
Table 1. M, N gradient Relation

굴절 형태	수정굴절도(M) 변화량 (M units/m)	굴절도(N) 변화량 (N units/m)
Trapping	0 이하	-157 이하
Super-Refracton	0~79	-157~-79
Normal	79~157	-79~0
Standard	119	-40
Sub-Refracton	157 이상	0 이상

ITU-R에서는 일반적인 채널간섭 요인을 장기간 간섭(Long-Term Effects)과 단기간 간섭(Short-Term Effects)으로 분류하고 있다. ITU-R P.452-10 권고안에 따르면 경로거리 250km 이상인 경우 회절에 의해 도달하는 전파강도가 약해 간섭을 일으킬 수 있는 요소에서 제외할 수 있다고 권고하고 있으므로, 한일간과 같은 200~250km 이상의 최소경로거리를 유지하고 있는 채널의 경우 장기간 간섭요인의 관점에서 가지거리에 의한 전파 유입현상은 배제된다고 할 수 있다. 또한, 대류권 산란에 의한 간섭 역시 배경 잡음으로 인식되거나 VHF/UHF 대역 전파는 전리층에서 반사되지 않고 투과하므로 전리층에 의한 채널간섭 역시 배제될 수 있다. 따라서, 250km 이상의 경로거리를 유지하고 있는 채널의 경우 장기간 간

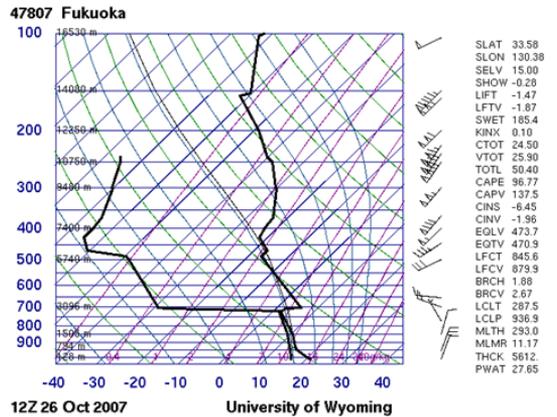


그림 4. 후쿠오카에서 단열선도
(12Z 26 Oct2007)
Fig. 4 Skew-T Diagram measured in Fukuoka
(12Z 26 Oct2007)

$$N = \frac{77.6}{T} \left(p + \frac{4810 \times H \times 6.1121 \times e^{\left(\frac{17.502 \times t}{t+240.97} \right)}}{100 \times T} \right)$$

섭요인은 배제되며, 단기간 간섭 요인중 연중 일시적으로 간섭을 일으키는 주요 원인으로 지목받고 있는 Radio Duct 현상에 의한 채널간섭이라 판단할 수 있다. Radio Duct 는 전파통로를 의미하며 대기의 굴절률의 변화로 일정한 높이의 대기층에 전파에너지의 일부를 가둔 채 작은 손실로 장거리로 전파되는 Duct 가 형성되는 현상이다. 즉, Radio Duct 는 주로 대기층의 굴절률이 급격한 변화가 발생하는 지점에서 형성된다[5].

그림 2는 표준대기와 전파굴절형태를 그림으로 나타내며, 표 1은 대기 굴절도 변화량에 따른 전파굴절 형태를 나타낸다. 표준대기 상태는 굴절도 변화량이 -40 [N units/m]의 경우이며 -157 [N units/m]보다 크고 -79 [N units/m]보다 작은 경우는 초굴절(Super-Refracton) 현상이라 하며, 초굴절에서 Radio Duct 의 형성이 시작된다. 굴절도 변화량이 -157 [N units/m]보다 작은 경우에는 전파가 지표면을 따라 간히는 Trapping 현상에 이른다. 일반적으로 Radio Duct 현상은 따뜻하고 건조한 공기가 차갑고 습한 공기와 만날 때 그 경계면에서 주로 발생하며 대기에서는 고기압이 저기압을 타고 올라가는 경우에 발생

다고 할 수 있다[6].

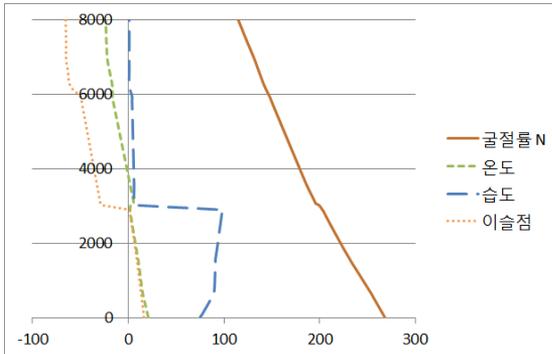


그림 5. 후쿠오카에서 굴절도 변화량(12Z 26 Oct2007)
Fig. 5 Refractivity Gradient measured in Fukuoka(12Z 26 Oct2007)

굴절도[N-units]는 대기 단면의 절대온도(T), 수증기압(H), 대기압(p)으로 결정된다[7]. 일반적인 굴절도(N)을 구하는 식에 ITU-R P.453 권고안의 한일간과 같은 바다경로(Sea-path)에서의 상수를 적용하여 위 수식과 같은 굴절도를 구하는 식을 구할 수 있다[8].

그림 4는 후쿠오카에서의 2007년 10월 26일 측정된 대기 단열선도(Skew-T Diagram)를 나타낸다. 대기 단면의 관측값을 의미하며, 관측지역의 시간과 대기높이에 따른 절대온도, 수증기압, 대기압을 확인할 수 있다. 이 식에 바다경로의 상수 및 변수에 단열선도 값을 사용하면, 한일간의 Radio Duct 형성을 확인할 수 있다.

이와 같은 과정을 통해 그림 5는 후쿠오카에서의 굴절도 변화량을 나타내었다. 가로축은 굴절률, 세로축은 각 지표에 따른 변화량을 나타낸다. NHK 표본 측정값에서 채널간섭이 빈번한 기간을 의미하는 High-Season에서 -79 [N units/m]보다 작은 굴절도 변화량을 보이는 구간을 통해 Radio Duct가 형성으로 인한 전계강도 유입이 발생되었으며, 이로 인한 채널 간섭으로 인해, 구현된 전파모델 예측값과 NHK 실측값이 오차를 보였다고 할 수 있다[9]. 따라서 본 논문에서는 일본측의 실측값을 기반으로 하여 각 측정지점에서의 오차를 산출하고, 오차를 보완할 굴절도 변화량을 적용하여 한일간의 채널 환경에 적합한 전파모델의 예측 전계강도를 산출할 수 있는 굴절도 변화량을 제안하였다.

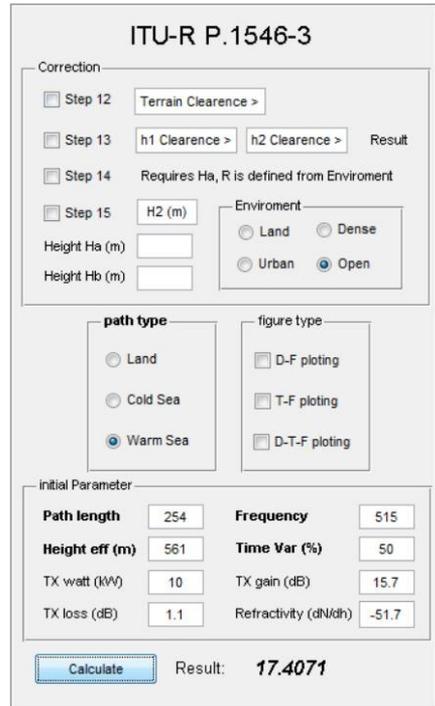


그림 6. ITU-R P.1546 시뮬레이터
Fig. 6 ITU-R P.1546-3 Simulator

2.2. ITU-R P.1546 전파예측모델 구현

본 연구에서는 ITU-R P.453 권고안에서 제시된 굴절도 변화량을 사용하여 ITU-R P.1546의 전파모델 전계강도 예측 및 검증에 위해 시뮬레이터를 그림 6과 같이 구현하였다. 전파모델 구현은 ITU-R P.1546-3 권고안에 따른 Radio Propagation 예측과정을 matlab을 통해 구현하였으며, 권고안과 일치하는 예측결과를 확인하여 모델을 검증하였다[10].

권고안 구현 이외 추가적으로 송신국의 채널, 출력, 이득, 손실과 같은 송신국 파라미터 입력을 받아 예측이 가능하도록 하였으며, 1kW ERP를 기준으로 하는 결과치 산출이 가능하도록 하였다.

이를 통해 2004년부터 일본 NHK가 한국방송에 대한 채널간섭 측정값과의 비교를 수행하였으며, 전계강도 예측치와 실측값이 일치하는 유효한 한일간의 채널 환경에 적합한 굴절도 변화량 보정치를 제시하였다.

표 2. 보정된 한일간 채널 굴절도 변화량
Table 2. Suggested refractivity gradient result

시간율	1%	10%	50%
굴절도변화량 [N-units/km]	-91.80	-43.92	-586.19

2.3 대기굴절 채널환경을 고려한 굴절도 변화량

본 논문에서는 일본의 Fukuoka, Kitakyusyu, Hirado, Shimane Masuda, Shimane Gotsu 등의 5개 수신국으로부터의 측정결과 중, 총 809건의 측정표본에서 송수신국간 채널환경을 대표하는 ITU-R P.453 권고안의 중간수역 W 35, E 130.5 에서의 굴절도 변화량을 참조하였다. 일본 NHK 실측자료의 총 5개소의 측정지점에서 UHF대역 방송 14번 채널(470 [MHz])에서 45번 채널(650 [MHz])까지의 채널별, 날짜별에 따라, 시간율에 따른 Radio Duct로 인한 강한 채널 간섭이 유입되는 평균 전계강도의 측정치와 각 실측값의 조건과 일치하는 ITU-R Rec. P.1546 시뮬레이터의 예측값을 비교하였다. 이를 통해 각 수신국별 전파모델 예측치와의 차이를 보완할 수 있는 굴절도 변화량 값을 산출하였다.

표 2에서 나타낸 일본 5개 지점 측정으로부터의 분석을 통해 제시된 시간율별 굴절도 변화량 크기는 한일간의 대기 채널환경에 관한 시간율별 굴절도 변화량 평균치를 의미하며, 1%와 10% 시간율의 경우 ITU-R 권고안보다 큰 굴절도 크기를 보이고 있으며, 한일간의 채널환경은 권고안의 예측치보다 큰 굴절도 변화량을 보이는 채널환경이라고 판단할 수 있다.

이 결과는 한일간 해안지역의 대기환경에 따른 방송채널환경에 관한 시간율별 굴절도 변화량 평균치를 의미하고, 이 굴절도 변화량 크기는 한일간 대기의 채널환경을 반영하기 때문에 ITU-R Rec. P.1546 전파모델을 사용한 한일간 간섭량 예측시 효과적이라고 할 수 있다. 하지만, 시간율 50%에서의 굴절도 변화량은 초굴절 (Super-Refraction) 현상을 벗어난 Trapping 영역으로 분류되어, ITU-R Rec. P.1546 전파모델에 관한 수정이 불가피할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 ITU-R에서 방송 서비스가 포함되어 있는 Point-to-Area 영역의 전파모델로 권고하고 있는 ITU-R P.1546 전파모델 예측전계강도와 실측전계강도 사이에 발생하는 오차보완을 위한 연구를 수행하였다. 실제 채널 환경을 반영하는 전파모델이 전체될 경우에만 유효한 전계강도의 산출이 가능하기 때문에 본 연구에서는 한일 간과 같은 인접국 간 바다경로 채널환경에서 대기 채널을 대표하는 굴절도 변화량 제시를 목적으로 하였다.

이를 위해 한일간 접경 지역의 채널 및 수신 전계 측정 결과로 간섭을 분석하였다. 일본에서의 한국 채널의 전계강도 실측값의 분석을 통해 한일간 채널환경에 적합한 전파 모델을 보정하였다. 특히, 세계 각 지역의 상이한 대기 채널환경을 고려한 전파모델의 구체적인 적용을 위해서 권고하고 있는 굴절도 변화량에 주목하였으며, 그 결과, 채널 간섭분석을 위한 전파모델의 한일간 채널환경을 반영하는 실질적인 대기 굴절도 변화량 크기를 산출하였다.

산출된 굴절도 변화량 크기는 단기적으로는 한일간 대기환경 채널을 반영하기 때문에 향후 한일간 전파 월경에 대한 실질적인 전파모델로써, 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] 이경량, "한국과 일본간의 전파모델 적용에 관한 연구", 한국전자통신학회 학술대회논문지, 4 권, 2호, pp. 488-489, 2010.
- [2] NHK, "Measurement and Analysis of Korea TV broadcasting in Japan", 2009.
- [3] ITU-R, "R. Rec P.1546-3, Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz", ITU, pp. 2-8, 2007.
- [4] ITU-R, "R. Rec. P.453-9 The radio refractive index its formula and refractivity data", ITU, pp. 3-4, 2003.
- [5] ITU-R, "R. Rec Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems", ITU, pp. 5-7, 2001.
- [6] Christopher haslett, "Essentials of Radio Wave Propagation", Cambridge University Press, pp.

III. 결 론

324-338, 2008.

- [7] ITU-R, "R. Rec Water vapour: surface density and total columnar content", ITU, pp. 1-2, 2009.
- [8] 이경량, "전계강도 실측값을 통한 대기 굴절도 변화량의 분석", 한국전자통신학회 학술대회지, 5권, 2호, pp. 488-489, 2011.
- [9] 김성권, "Monte-Carlo 기반의 간섭분석에 관한 연구", 한국전자통신학회논문지, 3권, 2호, pp. 61-67, 2008.
- [10] 이경량, "송신국 파라미터를 이용한 ITU-R Rec. P.1546-3 전파예측 모델 시뮬레이터 설계", 한국전자통신학회논문지, 6권, 2호, pp. 157-162, 2011.

저자 소개



이경량(Kyung-Ryang Lee)

2006년 명지대학교 컴퓨터공학과
2009~2011년 서울과학기술대학교
NID융합기술대학원 석사
2011년~현재 서울과학기술대학교

NID융합기술대학원 박사과정

※ 관심분야 : VLSI, SoC, POSIX



김성권(Seong-Kweon Kim)

2002년 일본TOHOKU대학교 대학
원 전자공학과(공학박사)

2002~2004년 일본TOHOKU대학교
전기통신연구소 Assistant Professor

& Research Fellow

2004~2009년 목포해양대학교 해양전자통신공학부
조교수

2009년~현재 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학
과 부교수

※ 관심분야 : 무선통신용 LSI 설계, 고주파 회로설
계, 차세대 무선통신시스템, 무선망 설계, 디지털
방송 채널 배치 및 간섭분석