



고층기상에 따른 AESA 레이더의 전파특성 분석

Atmospheric Effect on Radar Wave Propagation in AESA Radar Applications

저자 (Authors)	임태흥, 왕성식, 고진원, 고민호, 서철현, 추호성 Tae Heung Lim, Sungsik Wang, Jinwon Ko, Minho Go, ChulHun Seo, Hosung Choo
출처 (Source)	전자공학회논문지 56(1) , 2019.1, 11-17 (7 pages) Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers 56(1) , 2019.1, 11-17 (7 pages)
발행처 (Publisher)	대한전자공학회 The Institute of Electronics and Information Engineers
URL	http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE07610607
APA Style	임태흥, 왕성식, 고진원, 고민호, 서철현, 추호성 (2019). 고층기상에 따른 AESA 레이더의 전파특성 분석. 전자공학회논문지, 56(1), 11-17.
이용정보 (Accessed)	홍익대학교 203.249.64.*** 2019/03/11 17:14 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

논문 2019-56-1-2

고층기상에 따른 AESA 레이더의 전파특성 분석

(Atmospheric Effect on Radar Wave Propagation in
AESA Radar Applications)

임 태 흥*, 왕 성 식**, 고 진 원***, 고 민 호***, 서 철 현****, 추 호 성*****

(Tae Heung Lim, Sungsik Wang, Jinwon Ko, Minho Go, ChulHun Seo, and Hosung Choo[©])

요 약

본 논문에서는 AREPS(Advanced Refractive Effects Prediction System) 시뮬레이션을 사용하여 공대공 AESA 레이더 전파특성 및 표적 탐지를 위한 경로손실 값을 분석하였다. 국내 도심 지역의 지형 정보를 반영하고 실측 대기 특성을 기반으로 한 trilinear 수정 대기 굴절률을 모델링하여, normal, surface duct, elevated duct, combined atmospheric condition 대기에 대한 네 가지 시나리오를 설정하였다. 또한, zx -plane에서 4.4° 의 HPBW와 -35.7 dB의 SLL을 가지는 AESA 레이더 배열안테나의 방사패턴을 적용하여 네 가지 시나리오에 따른 경로손실 값을 도출하였다. 고도 5000 m에 위치시킨 AESA 레이더를 전면 방향으로 조향 하였을 때, combined condition에서 150 km 거리의 경로 손실 값이 171 dB로 계산되어 전면방향으로 표적 탐지 성능이 저하되는 결과를 확인하였다. Combined atmospheric condition의 대기 상태에서 trap의 높이와 두께를 변화시키며 고도 5000 m의 전면방향 표적 위치에 대한 경로손실을 분석하였으며, trap이 발생한 높이 h_t 가 AESA 레이더 위치와 유사한 4800 m부터 5200 m까지 위치할 때 표적 탐지 성능이 많이 열화되는 것을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we analyzed the radar wave propagation characteristics for air-to-air AESA radars and calculated the path loss for estimating target detection performance using Advanced Refractive Effects Prediction System (AREPS) simulation software. Four atmospheric scenarios of normal, surface duct, elevated duct, and combined atmospheric conditions were set up by using the trilinear modified refractivity model, including the terrain data of the urban area of Korea. In addition, we applied the radiation pattern of the AESA radar array antenna with HPBW of 4.4° and SLL of -35.7 dB in zx -plane to the path loss simulations with four atmospheric scenarios. When AESA radar located at a height of 5000 m is steered to the bore-sight direction, the path loss of 171 dB is obtained at a distance of 150 km in the combined atmospheric condition, which indicates that the target detection performance in the bore-sight direction may be degraded. In the combined atmospheric condition, the path losses according to the variation of the trap height and thickness were obtained when the target was located at the height of 5000 m. It is found that the target detection performance is drastically deteriorated when the height h_t resides between 4800 m and 5200 m, where the trap height is similar to the AESA radar altitude.

Keywords : 공대공 전파특성, AREPS, 대기굴절률, AESA 레이더 전파특성

* 정회원, ** 학생회원, ***** 평생회원, 홍익대학교 전자전기공학과
(School of Electronic and Electrical Engineering, Hongik University)

*** 정회원, 한화시스템(주)(Hanwha Systems Co., Ltd.)

**** 평생회원, 숭실대학교 정보통신전자공학부

(Department of Information and Telecommunication Engineering, Soongsil University)

© Corresponding Author(E-mail : hschoo@hongik.ac.kr)

※ 이 논문은 2018년도 한화시스템(주)의 재원을 지원 받아 수행된 연구이며, 2018년도 과학기술정보통신부의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2017-0-00066, 선제적 주파수 이용을 위한 시공간 적 스펙트럼 엔지니어링 기술개발).

Received : October 2, 2018

Revised : October 17, 2018

Accepted : December 18, 2018

I. 서 론

AESA(Active Electronically Scanned Array) 레이다, SAR(Synthetic Aperture Radar), DASR(Digital Airport Surveillance Radar) 등의 다양한 장거리 레이다는 민수 및 군수 분야에서 관제용 레이다와 다기능 레이다로 사용되고 있다^[1~3]. 장거리에 있는 표적을 정확하게 탐지하기 위해서는 고성능 레이다를 필요로 한다. 하지만, 레이다의 특성과 관계없이 외부 노이즈, 클러터, 대기의 가스나 수증기의 의한 전파감쇄, 다중경로에 의한 편파 변화와 간섭, 온도, 기압, 이슬점 온도에 따른 대기 굴절률 등의 전파 환경이 표적탐지 성능을 저하시킨다^[4]. 특히, 대기 굴절률의 경우는 고도에 따른 굴절 기울기 변화로 sub, super, normal, duct 등과 같은 상이한 전파 전송특성을 보여, 표적 위치를 탐지에 어려움을 야기한다^[5]. 따라서 정확한 전파의 진행방향, 경로손실(Path loss), 전파계수(Propagation factor) 등을 예측하기 위해서는 고도에 따른 대기 굴절률의 모델링과 대기 굴절률을 반영한 계산을 필요로 한다. 이러한 대기 굴절률 모델링을 위해 고도 1 km 이하의 저고도에서 측정된 경로손실 값이나 클러터 전력 값으로부터 최적화 기법을 통해 다양한 duct 현상에 대한 대기 굴절률을 예측한 연구가 있다^[6~7]. 해외 또는 국내에 저장되어있는 기상데이터를 사용하여 특정 지역에서 통계적 해석이나 수식적으로 고도에 따른 대기 굴절률을 모델링 하는 연구들도 활발하게 진행되어왔다^[8~11]. 또한, 해외 지역의 대기 특성을 반영하여 지대공, 지대지에서 전파 진행 변화에 관한 다양한 연구가 수행되어왔다. 미국, 유럽, 중국 등의 특정 해안지역에서 대기의 duct 특성과 실질적인 저고도 기상데이터를 반영한 경로손실 분석에 대한 여러 연구들이 진행 되어왔다^[12~15]. 앞서 언급한 연구들은 해외 해안지역에 대한 지형정보와 대기 굴절률 데이터에 국한하여 레이다 전파특성에 대해 분석하였기 때문에, 국내 도심 지역의 지형정보와 대기 특성을 반영한 연구가 부족한 실정이다.

본 논문에서는 공대공 상황에서 AREPS(Advanced Refractive Effects Prediction System) 상용 시뮬레이션 툴을 이용해 AESA 레이다 전파특성 및 표적 탐지를 위한 경로손실 값을 분석하였다. 또한, 시뮬레이션 조건에 국내 도심 지역 지형의 DTED(Digital terrain elevation data)와 오산 기상관측소에서 측정된 대기 특성을 trilinear 모델로 근사화시킨 수정 대기 굴절률을 반영하여 다양한 대기 현상에 대한 시뮬레이션 결과를

도출하였다. 보다 정확한 공대공 환경을 고려하기 위해 전투기에서 사용되는 AESA 안테나의 배열 특성을 고려한, y-shift가 적용된 32×32 배열 안테나의 방사패턴을 AREPS 시뮬레이션에 적용하였다. 앞서 trilinear 모델링한 수정 대기 굴절률을 이용하여, normal, surface duct, elevated duct, combined atmospheric condition 대기에 대한 네 가지 시나리오를 설정하였다. 도출한 안테나 방사패턴을 고도 5000 m에 위치시키고, 네 가지 대기특성 시나리오를 반영함으로써, 공대공 상황에서의 경로손실 도출 및 전면방향에 대한 표적 탐지 성능을 확인하였다. 최종적으로 전면방향에 있는 표적을 탐지하는 경우에 대해, trap의 높이와 두께를 동시에 변화시키며 경로손실 특성의 변이를 분석하였다.

II. 공대공 AESA 레이다 전파특성 모델링

그림 1은 공대공 상황에서 대기 굴절 기울기에 따라 진행되는 전파 전송의 변화와 송신 안테나 및 표적의 위치를 나타내고 있다. 송신안테나의 높이는 h_s 이며 표적의 높이와 거리는 각각 h_t 와 r_t 로 정의한다. 대기의 굴절 기울기 ∇M 이 157보다 큰 경우에는 sub, 79에서 157 사이에는 normal, 0에서 79는 super의 대기 특성을 나타내고, ∇M 이 0미만인 경우 trap, 즉 duct 현상이 일어날 때의 대기 특성을 보여주고 있다. 그림 2는 오산기상관측소에서 2010년 1월 8일, 2013년 5월 6일, 2017년 12월 12일에 관측한 기압, 온도, 이슬점 온도를 이용하여 수정 대기 굴절률을 계산한 그래프를 나타내며, 해당 대기 굴절률 데이터는 선형 라인의 조합으로 표현 할 수 있다^[16].

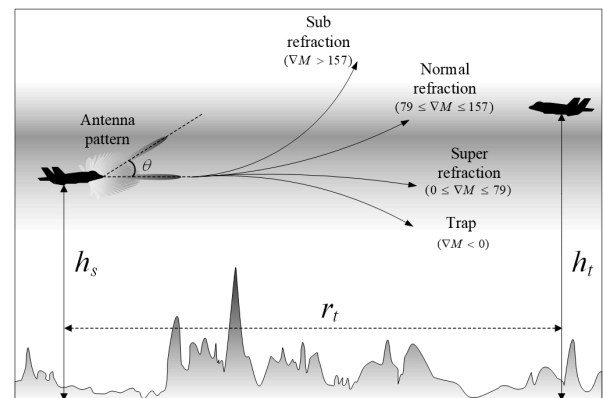
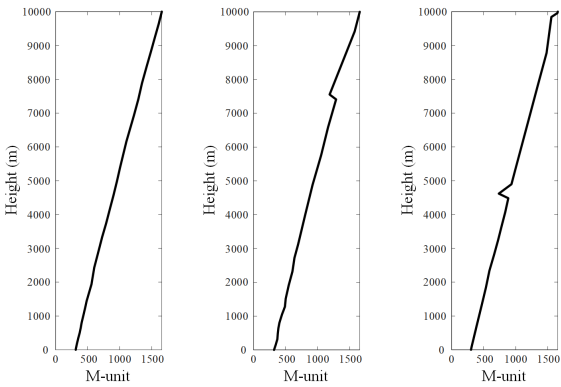


그림 1. 공대공 상황에 대한 전파 진행 및 표적 탐지 시나리오

Fig. 1. Scenario of wave propagation and target detection in an air-to-air situation.



(a) 2010년 1월 8일 (b) 2013년 5월 6일 (c) 2017년 12월 10일

그림 2. 오산 기상관측소에서 고도에 따른 수정 대기 굴절률

Fig. 2. Modified atmospheric refractivity according to altitude at Osan meteorological observatory.

이러한 대기 특성을 나타내기 위해 그림 3과 같이 세 개의 선형 라인으로 조합하여 고도에 따른 대기 굴절률을 trilinear 모델링 하였으며, 첫 번째와 두 번째 선형 라인이 가지는 높이와 기울기를 각각 h_1, d_1, h_2, d_2 로 정의하였다. 최대 고도와 세 번째 선형라인 기울기는 h_{max} 와 d_3 로 표현하였고, 두 번째 선형 라인의 기울기가 음수인 경우는 trap이 발생하는 것을 보여주며, trap의 두께는 h_1 과 h_2 의 차이인 Δh 로 정의하였다. 국내 오산기상 관측소에서 확인한 대다수의 수정 대기 굴절률은 모델링한 trilinear 모델을 사용하여 근사화시킬 수 있었으며, 다양한 기상 현상의 변화를 각 선형 라인의 기울기와 높이를 변화함으로써 AREPS에 입력할 수정 대기 굴절률을 쉽게 도출하였다.

공대공에서 전파 분석을 위해 중요한 입력 변수 중

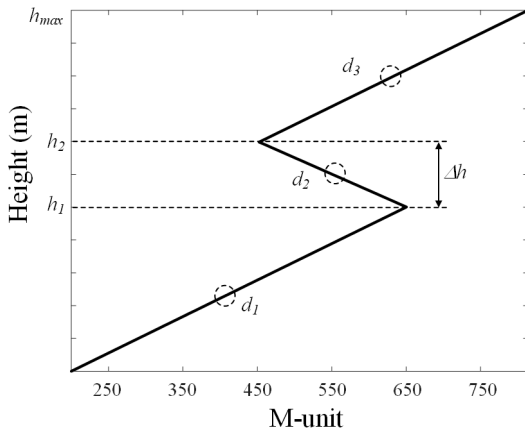


그림 3. 고도에 따른 수정 대기 굴절률의 trilinear 모델링
Fig. 3. Trilinear modeling of modified refractivity according to altitude.

하나인 안테나 방사패턴을 도출하기 위해 AESA 배열 안테나를 사용하였다. 그림 4는 32×32 의 총 1024개 등방성 배열 소자를 사용한 AESA 평면형 배열안테나를 보여주며, 배열 소자의 위치는 grating lobe 개선을 위해 x 축의 간격 dx 는 0.475λ , y 축 간격 dy 는 0.538λ 로 y -shift하여 고정하였다. 그림 5는 전면방향에서 배열 안테나의 방사패턴을 $u-v$ 도메인에서 보여준다. 그림 6은 zx -plane에 따른 directivity를 나타내고, 도출한 방사패턴은 4.4° 의 HPBW(Half power beam width)와 -35.7 dB의 SLL(Side lobe level)를 가진다. 해당 방사패턴을 AREPS 시뮬레이션 틀에 입력하여 h_s 높이에서 소스윈드로 사용하였다.

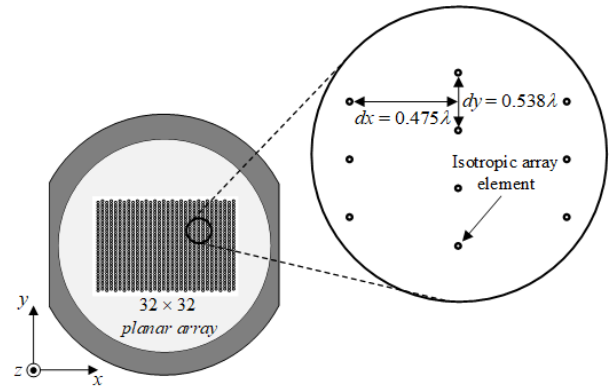


그림 4. 32×32 AESA 안테나의 배열 형상 및 배열 간격
Fig. 4. Array configuration and spacing of the 32×32 AESA antenna.

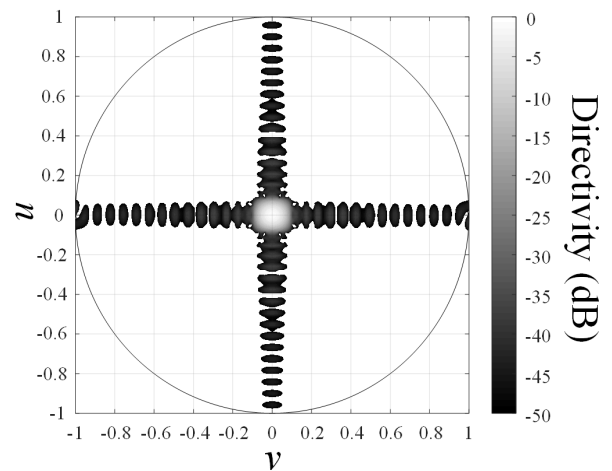


그림 5. 전면 방향에 대한 $u-v$ 도메인의 directivity 패턴
Fig. 5. Directivity patterns at the bore-sight direction in the $u-v$ domain.

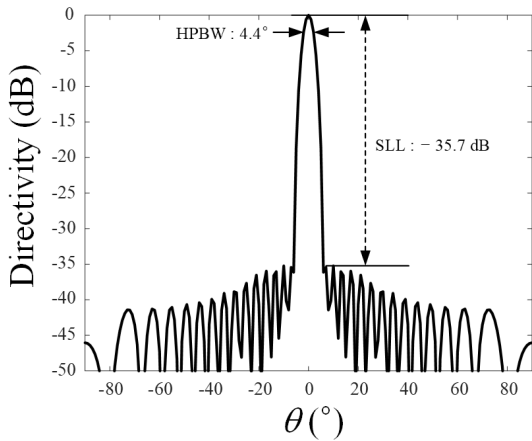


그림 6. θ 방향에 따른 전면 방향 지향 directivity 패턴 ($\phi = 0^\circ$)
 Fig. 6. Directivity pattern at the bore-sight direction according to θ ($\phi = 0^\circ$).

III. 전파특성 시뮬레이션 결과

그림 7은 공대공에서 다양한 상황을 확인하기 위해 최대 고도 h_{max} 는 10000 m로 고정하고, 고도에 따른 수정 대기 굴절률의 네 가지 시나리오를 모사하였다. 그림 7(a)는 수정 대기 굴절 기울기 $d_1 = d_2 = d_3 = 90$ 인

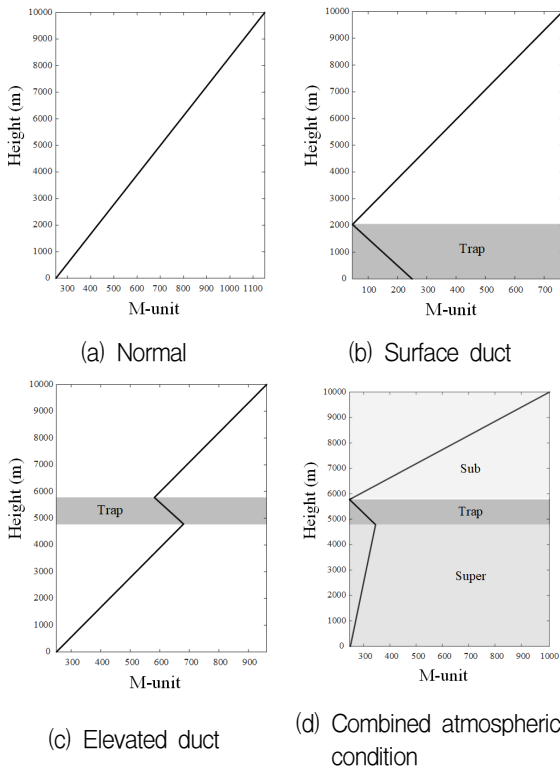
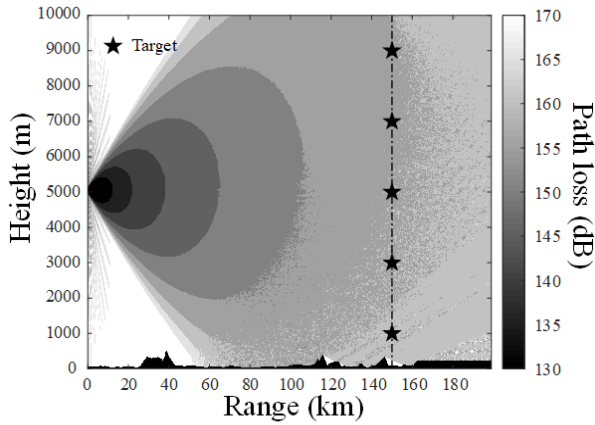


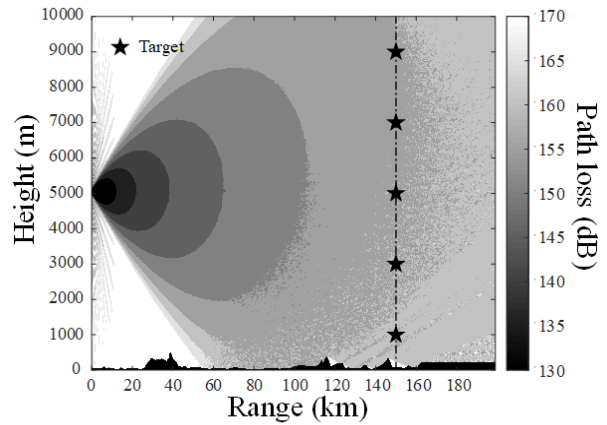
그림 7. 네 가지 시나리오에 대한 대기 굴절률 그래프
 Fig. 7. Graphs of modified refractivity for the four scenarios.

normal 대기를 나타내며, 그림 7(b)는 $h_l = 0$ m, $h_e = 2000$ m, $\Delta h = 2000$ m, $d_2 = -100$, $d_3 = 90$ 인 surface duct에 대한 대기를 보여준다. 그림 7(c)는 $h_l = 4800$ m, $h_e = 5800$ m, $\Delta h = 1000$ m, $d_1 = 90$, $d_2 = -100$, $d_3 = 90$ 으로 AESA 레이다 근처에서의 elevated duct를 나타낸다. 그림 7(d)는 $h_l = 4800$ m, $h_e = 5800$ m, $\Delta h = 1000$ m, $d_1 = 20$, $d_2 = -100$, $d_3 = 180$ 으로 고정하여 낮은 고도부터 super, trap, sub의 세 가지 대기에 대한 조합으로 표현하였다. 앞서 도출한 안테나 방사패턴과 네 종류에 대한 수정 대기굴절률 조건을 각각 AREPS 상용 시뮬레이션 틀에 입력하였고, 국내 오산지역 200 km의 DTED를 추출하여 소스원 높이 $h_s = 5000$ m와 함께 시뮬레이션 조건으로 사용하였다. 그림 8(a)는 normal 대기에 대한 시뮬레이션 결과를 보여주며, 일반적인 대기 상태에서 지형 반사를 고려한 전파손실이다. 그림 8(b)의 경우는 surface duct 대기이지만 소스원의 고도가 duct 발생 지점에 비해 충분히 높을 때, normal 대기와 유사하게 시뮬레이션 결과가 도출되는 것을 확인하였다. AESA 레이다에서 전면방향으로 빔 조향시 경로손실값이 상승하여 표적 탐지 성능의 열화가 예상되는 경우는 그림 8(c)와 (d)에 나타나 있는 것과 같이 elevated duct와 combined atmospheric condition의 대기 특성이 반영되는 조건이다. Elevated duct가 송신안테나 보다 약간 낮은 위치에 있을 경우, trap에 의해 소스원을 기준으로 아래 부분으로 전파가 진행하게 되어 전파의 진행이 두 갈래로 갈라져 진행되는 것처럼 보이게 된다. 이에 따라 레이다의 전면방향으로는 경로손실이 큰 부분이 발생하게 되어 전면방향에 있는 표적 탐지 성능이 열화 될 수 있다. Combined atmospheric condition에 대한 대기는 duct 발생 위치의 아래와 위에서 각각 super와 sub 굴절이 일어나기 때문에 전면방향에서 경로손실이 급격하게 증가하여 표적 탐지 성능이 열화되는 영역이 늘어나는 것을 확인할 수 있다. 공대공 상황에서 AESA 레이다의 전면방향 입사에 따른 표적 탐지 성능을 확인하기 위해 표적 거리 $r_t = 150$ km, 표적 높이 $h_t = 1000, 3000, 5000, 7000, 9000$ m에서 경로손실 값을 표 1에 나타내었다.

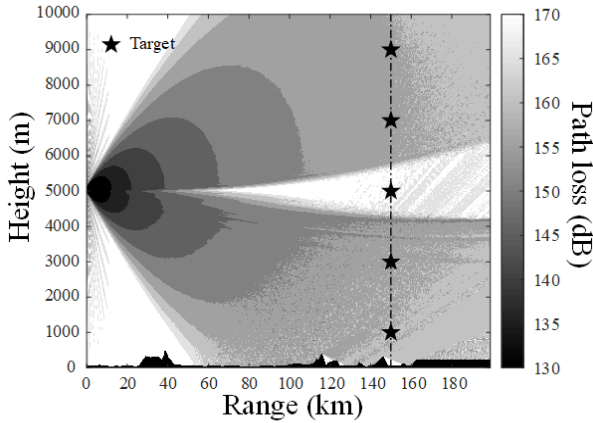
그림 9는 네 가지 시나리오 중 가장 심각한 상황인 combined atmospheric condition에서 trap의 시작 높이 ($500 \text{ m} \leq h_l \leq 6000 \text{ m}$)와 두께($50 \text{ m} \leq \Delta h \leq 2000 \text{ m}$)에 따른 경로손실의 시뮬레이션 결과를 보여준다. 이때 기울기는 $d_1 = 20$, $d_2 = -100$, $d_3 = 180$ 으로 하였고, 전면방향 표적의 높이는 $h_t = 5000$ m로 고정하였다. 그



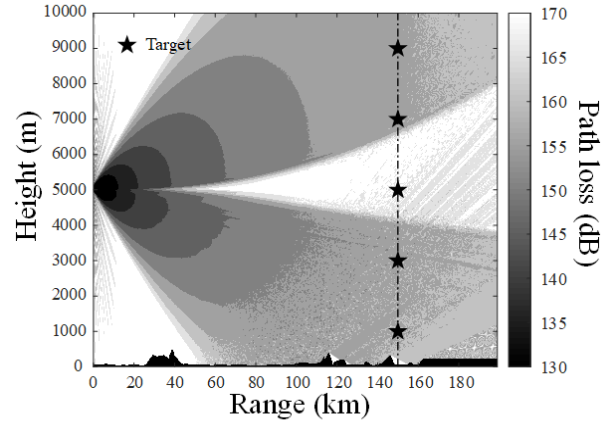
(a) Normal 대기 시뮬레이션 결과



(b) Surface duct 대기 시뮬레이션 결과



(c) Elevated duct 대기 시뮬레이션 결과



(d) Combined atmospheric condition 대기 시뮬레이션 결과

그림 8. 네 가지 대기굴절률 시나리오에 대한 경로손실 시뮬레이션 결과

Fig. 8. Simulation results of the path loss for the four refractivity scenarios.

표 1. 표적 위치와 네 가지 대기굴절률 시나리오에 따른 경로손실 값

Table 1. Path losses according to the target locations for the four refractivity scenarios.

		표적 높이 (m)				
		1000	3000	5000	7000	9000
		경로손실 (dB)				
시 나 리 오	Normal	161.4	157.1	156.5	160.1	158.7
	Surface duct	160.4	157.1	158.7	159.2	159.2
	Elevated duct	159.8	155.8	167.6	160.0	159.3
	Combined atmospheric condition	159.7	158.3	171.0	160.5	158.8

래프에서 검은색 점선으로 나타낸 부분은 trap의 높이 h_2 와 두께 Δh 가 각각 4800 m ~ 5800 m, 50 m ~ 2000 m로 경로손실 값이 크게 상승한 영역을 나타낸다. 해당 영역에서는 전파 감쇄에 의해 수신 전력 값이 크게 감소

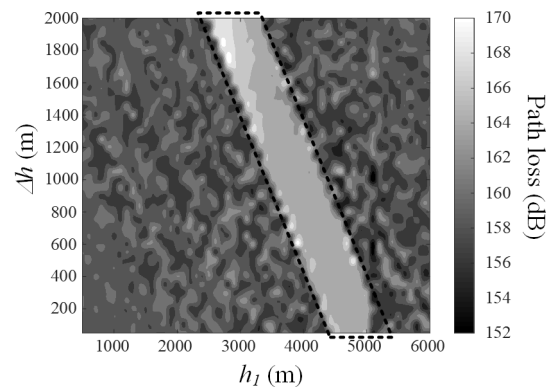


그림 9. 표적높이 5000 m에서 h_t 와 Δh 에 따른 경로손실 시뮬레이션 결과

Fig. 9. Simulation results of the path loss at the target height of 5000 m according to h_t and Δh .

하므로 표적 탐지 성능의 급격한 열화가 발생함을 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 trilinear 모델을 이용한 normal, elevated duct, surface duct, combined atmospheric condition 대기 굴절률과 국내 오산지형 DTED를 추출 후 AREPS 시뮬레이션에 적용하여, 공대공 AESA 레이더 전파특성 분석 및 표적 위치에 따른 경로손실 값을 도출하였다. 이때 AESA 레이더의 배열안테나는 32×32 의 y -shift 평면 배열 형상을 사용하였고, zx -plane에서 HPBW와 SLL이 4.4° 와 -35.7 dB인 방사패턴을 해석에 적용하였다. Combined atmospheric condition 대기의 AREPS 시뮬레이션 결과에서 소스원으로부터 150 km 떨어진 전면 방향 표적 위치에 대한 경로손실 값이 171 dB로 나타나 표적 탐지 성능이 크게 열화됨을 확인하였다. 그리고 combined atmospheric condition의 대기 상태에서 trap의 높이와 두께를 변화시키며 고도 5000 m의 전면방향 표적 위치에 대한 경로손실 값을 분석하였다. 해당 결과로부터 trap이 발생한 높이 h_2 가 AESA 레이더 위치와 유사한 4800 m부터 5200 m까지의 영역에서 표적 탐지 성능이 저하됨을 확인하였다. 본 연구를 통하여 기존에 많이 발표되지 않은 공대공 상황에서 AESA 레이더의 국내 도심 지형과 대기 특성을 반영한 전파특성 분석이 기존 해외 특정 해안지역을 기반으로 한 연구들과의 차별성을 보여준다. 나아가 도출한 결과는 AESA 레이더 뿐 아닌 다양한 레이더에 대한 고고도에서의 대기 굴절률을 고려한 전파특성 분석 연구에서 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

[1] M. Barclay, U. Pietzschmann, G. Gonzalez and P. Tellini, "AESA Upgrade Option for Eurofighter Captor Radar," *IEEE Aerosp. Electron. Syst. Mag.*, Vol. 25, no. 6, pp. 15-20, July 2010.

[2] S. Y. Kim, J. B. Sung and A. Torre, "In-Orbit Antenna Pattern Extraction Method for Active Phased-Array SAR Antennas," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, Vol. 15, pp. 317-320, June 2015.

[3] M. Skolnik, G. Linde and K. Meads, "Senrad: an Advanced Wideband Air-surveillance Radar," *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, Vol. 37, no. 4, pp. 1163-1175, Oct. 2001.

[4] M. Skolnik, *Radar Handbook*, 3rd Ed., New

York: Mc-Graw-Hill, 2008.

[5] F. E. Nathanson, *Radar Design Principles - Signal Processing and the Environment*, 2nd Ed., New Jersey: SciTech Publishing, 1999.

[6] M. Wagner, P. Gerstoft and T. Rogers, "Estimating Refractivity from Propagation Loss in Turbulent Media," *Radio Sci.*, Vol. 51, no. 12, pp. 1876-1894, Nov. 2016.

[7] H. Benzon1 and P. Hoegl1, "Wave Propagation Simulation of Radio Occultations Based on ECMWF Refractivity Profiles," *Radio Sci.*, Vol. 50, no. 8, pp. 778-788, Aug. 2015.

[8] A. Karimian, C. Yardim, P. Gerstoft, W. S. Hodgkiss and A. E. Barrios, "Refractivity Estimation from Sea Clutter: An Invited Review," *Radio Sci.*, Vol. 46, no. 6, pp. 1-16, Dec. 2011.

[9] H. Moon, M. Jeon, W. Kim, S. K. Oh, J. H. Lee, S. Kwon and Y. J. Yoon, "Development of Exponential Model of Korea for Improved Altitude Estimation Performance of High-Altitude Target at Radar System," *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, Vol. 23, no. 7, pp. 831-839, Jul. 2012.

[10] ITU-R P.453-9, The Radio Refractive Index: Its Formula and Refractivity Data, 2003.

[11] ITU-R P.853-3, Reference Standard Atmospheres, 1999.

[12] S. M. Doss-Hammel, C. R. Zeisse, A. E. Barrios, G. Leeuw, M. Moerman, A. N. Jong, P. A. Frederickson and K. L. Davidson, "Low-altitude Infrared Propagation in a Coastal Zone: Refraction and Scattering," *Appl. Optics*, Vol. 41, no. 18, pp. 3706-3724, June 2002.

[13] L. T. Rogers, "Effects of the Variability of Atmospheric Refractivity on Propagation Estimates," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, Vol. 44, no. 4, pp. 460-465, Apr. 2015.

[14] I. Sirkova, "Brief Review on PE Method Application to Propagation Channel Modeling in Sea Environment," *Cent. Eur. J. Eng.*, Vol. 2, no. 1, pp. 19-38, Sep. 2012.

[15] S. Yang, Y. Kun-De, Y. Yi-Xin and M. Yuan-Liang, "Experimental Verification of Effect of Horizontal Inhomogeneity of Evaporation Duct on Electromagnetic Wave Propagation," *Chin. Phys. B*, Vol. 24, no. 4, pp. 19-38, Feb. 2015.

[16] Korea meteorological Administration, "Rawinsonde," Available: <https://data.kma.go.kr>, [Accessed Sep. 26. 2018].

저 자 소 개



임 태 흥(정회원)
2016년 8월 홍익대학교 전자전기
공학부 졸업(공학사).
2018년 8월 홍익대학교 전자전기
공학과 졸업 (공학석사).
2018년 9월~현재 홍익대학교 과
학기술연구소 연구원.

<주관심분야: 배열안테나, TMA 안테나, GPS 안
테나, Antenna propagation>



왕 성 식(학생회원)
1997년 2월 한양대학교 전파공학과
졸업(공학사).
1999년 2월 한양대학교 전파공학과
(공학석사).
2018년 3월~현재 홍익대학교 전
자전기공학과 박사과정.

<주관심분야: 안테나, GPS, propagation, 무선전
력전송>



고 진 원(정회원)
2004년 2월 전북대학교 전자공학부
졸업(공학사).
2010년 3월~현재 한화시스템
전문연구원.

<주관심분야: 레이더 시스템, 디지털수신부, 제어
시스템>



고 민 호(정회원)
2009년 2월 인하대학교 전자공학과
졸업(공학박사).
2010년 2월 차세대 항공전자통신
인력양성사업단 연구원.
2010년 7월~현재 한화시스템
수석연구원.

<주관심분야: 광대역 송수신 시스템, MMIC/RFIC,
레이더 시스템>

서 철 현(평생회원)
대한전자공학회논문지 31권 6호 참조



추 호 성(평생회원)
1998년 2월 한양대학교 전파공학과
(공학사)
2000년 8월 미국 University of
Texas at Austin 전자전기
공학부(공학석사)
2003년 5월 미국 University of
Texas at Austin 전자전기
공학부(공학박사)

2003년 9월~현재 홍익대학교 전자전기공학부 교수
<주관심분야: 초소형 안테나, 최적화 알고리즘을
이용한 안테나 설계, 차량 및 항공기 안테나>