

장거리 탐지 레이더를 이용한 대기상태 분석

Analysis of Atmospheric Conditions Using Long-Range Surveillance Radar

강맹창 · 권세웅** · 이종현** · 이기원** · 선웅** · 변강일* · 추호성

Maneg Chang Kang · Sewoong Kwon** · Jong-hyun Lee** · Kiwon Lee** ·
Woong Sun** · Gangil Byun* · Hosung Choo

요 약

장거리 탐지 레이더의 목표물에 대한 고도 탐지 정확도를 높이기 위해서는 대기에 의한 전파의 굴절 현상이 고려되어야 한다. 하지만 모든 탐지 경로 상에서 대기 상태에 의한 정확한 굴절현상을 파악하기에는 물리적인 한계가 있다. 본 논문에서는 장거리 탐지 레이더의 PSR(Primary Surveillance Radar)과 SSR(Secondary Surveillance Radar) 항적의 고도를 이용하여 각 위치에서의 대기 상태를 파악할 수 있는 대기평가함수를 제안한다. 제안된 대기평가함수의 적합성을 파악하기 위해 다양한 대기 상태를 가지는 측정데이터를 이용하여 시간 및 위치에 따른 고도의 평균 오차와 대기의 상태를 분석하였다.

Abstract

The refraction phenomenon of radio waves should be considered to improve the detection accuracy of target altitudes for long-range surveillance radars, however, it is difficult to estimate accurate refractivity of atmosphere for every location. In this paper, we propose the atmosphere evaluation metric(AEM) to estimate atmospheric conditions at target locations using target altitudes obtained from primary surveillance radar(PSR) and secondary surveillance radar(SSR). To verify the suitability of the proposed metric, we observed atmospheric conditions and calculated estimation errors of target altitudes using measured data.

Key words: Long Range Radar, Atmosphere Condition, Primary/Secondary Surveillance Radar, Altitude Error

I. 서 론

장거리 탐지 레이더는 항적관리, 감시, 정찰 등의 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 특히 민수 분야의 관제용 레이더와 군수 분야의 다기능 레이더의 경우 높은 탐지

정확도가 요구된다. 레이더 시스템의 탐지 정확도는 신호가 전달되는 전파의 환경에 영향을 받으며, 이와 같은 레이더 정확도에 영향을 주는 요소로는 다중 경로에 의한 간섭 및 편파의 변화, 대기의 가스나 수증기에 의한 감쇄와 온도, 습도, 기압에 따른 대기 굴절률 변화에 의한 전

「This research was supported by the research fund of Signal Intelligence Research Center supervised by Defense Acquisition Program Administration and Agency for Defense Development of Korea and the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(no. 2015R1A6A1A03031833)」

홍익대학교 전자전기공학부(School of Electronic and Electrical Engineering, Hongik University)

*홍익대학교 과학기술연구소(Research Institute of Science and Technology, Hongik University)

**LIGNex1 연구개발본부 ISR연구센터(LIG Nex1)

· Manuscript received October 13, 2016 ; Revised October 24, 2016 ; Accepted January 23, 2017. (ID No. 20161013-104)

· Corresponding Author: Hosung Choo (e-mail: hschoo@hongik.ac.kr)

파의 굴절 등이 있다^{[1],[2]}. 특히 대기 환경에 의한 전파의 굴절은 레이더 고도 오차를 유발시키는 가장 큰 요소이다. 전파의 굴절에 의한 고도 오차를 감소시키기 위해서는 레이더 관측 경로의 위치에 따른 고도별 대기의 굴절률이 반영되어야 하지만, 모든 관측 경로에서 실시간으로 변화하는 대기 환경의 굴절률을 반영하는 것은 한계가 있다.

레이더 고도 오차를 보정하고, 대기환경에 의한 굴절률을 반영하기 위해 일반적으로는 고도에 따른 굴절률의 변화가 일정한 표준대기 모델을 적용하고 있지만, 이와 같은 표준대기 모델은 공간과 시간에 따라 변화하는 대기환경을 반영할 수 없다^[3]. 공간과 시간에 따른 대기환경을 반영하기 위해 지면에서 측정된 온도, 습도, 기압을 이용하여 얻은 굴절률로부터 고도에 따른 굴절 변화율을 지수 함수로 예측한 다양한 지수 함수 모델들이 연구되었다^{[4]~[7]}. 이러한 지수 함수 모델은 지상의 관측 데이터를 이용하기 때문에 시간과 공간에 따른 특성 반영이 일부 가능하지만, 이 역시 기상 관측이 불가능한 해상이나 관측 가능한 지상에서도 세분화된 지점까지는 적용시키기 한계가 있다.

본 논문에서는 대기의 굴절에 따른 전파환경을 분석하기 위해 장거리 탐지 레이더의 PSR(Primary Surveillance Radar)과 SSR(Secondary Surveillance Radar) 항적의 통계적 분석을 통한 대기평가함수를 제안한다. 제안된 대기평가함수를 이용할 경우, 관측을 통한 분석보다 넓고 세밀한 영역에서 대기 분석이 가능하고, 시간 및 공간적 제약에 크게 영향을 받지 않으며, 레이더의 관측 데이터만으로 특별한 모델링이나 기상 관측소의 추가 데이터 없이 대기상태를 분석할 수 있다. 제안된 대기평가함수의 적합성을 파악하기 위해 다양한 대기 상태를 가지는 측정 데이터를 이용하여 시간 및 위치에 따른 고도의 오차와 대기의 상태를 분석하였으며, 그 결과를 비교하였다.

II. 본 론

2-1 대기에 의한 전파의 굴절

전파가 전파되는 매질이 일정할 경우, 전파는 일직선으로 전파하지만, 매질이 일정하지 않을 경우, 매질의 경

계면에서 굴절률이 더 높은 쪽으로 굴절하여 전파된다. 매질에 따라 전파가 얼마나 강하게 굴절되는가에 대한 지표를 굴절률(refractive index)이라 하며, 다음과 같이 정의된다^[8].

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{\epsilon_r \mu_r} \quad (1)$$

위 식에서 c 는 자유공간 내에서의 빛의 속도, v 는 매질 내에서의 빛의 속도를 나타내며, ϵ_r 과 μ_r 은 각각 상대 유전율과 상대 투자율을 나타낸다.

일반적으로 대기의 고도에 따른 굴절률은 소수점 넷째 자리부터 여섯째 자리의 숫자를 표기하는 방식을 사용하며, 이를 굴절지수(refractivity)라 한다. 굴절지수는 다음과 같이 표현되며, 위치에 따른 고도뿐 아니라, 대기의 압력, 온도, 습도에 의해 결정된다.

$$N = (n - 1) \times 10^6 \quad (2)$$

$$N = 77.6 \frac{P}{T} + 3.73 \times 10^5 \frac{e}{T^2} \quad (3)$$

위 식에서 T 는 절대 온도[K]를 나타내고, P 는 압력 [mb], e 는 습도에 따른 부분압력 [mb]를 나타내며, N 은 굴절지수를 나타낸다. 고도에 따른 기상자료를 이용하면 굴절지수를 계산하여 전파의 굴절 정도를 예측할 수 있다.

그림 1은 전파의 대기에 의한 굴절 현상을 보여준다. 지구의 대기는 대기 조건에 의해 매질의 특성이 변화하므로 위치 및 고도에 따라 굴절률이 변화하게 되며, 일반

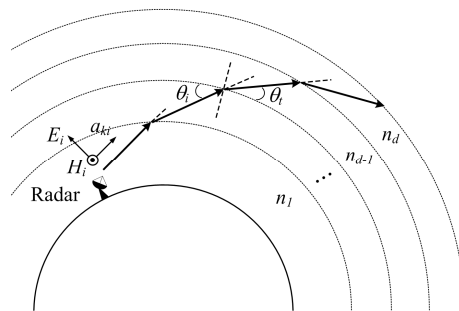


그림 1. 대기에 의한 전파 굴절 현상

Fig. 1. Effect of wave refraction due to the atmospheric condition.

적으로 고도가 높아짐에 따라 굴절률이 감소하므로 레이더의 신호는 일직선이 아닌 지구의 표면과 가까운 쪽으로 굴절한다.

그림 2는 굴절지수 감쇄율(refractivity gradient)에 따른 레이더의 전파 현상을 보여주며, 굴절지수 감쇄율은 높이에 따른 굴절지수의 변화량을 의미한다^[9]. 표준 대기(standard atmosphere)의 경우, 굴절지수 감쇄율은 -40 unit/km의 값을 가지며, 4/3 지구 모델의 적용할 경우, 레이더의 전파는 직선으로 전파한다. 표준대기보다 굴절지수 감쇄율이 클 경우($\frac{dN}{dh} > -40$ unit/km)의 대기상태에서 전파의 굴절을 아굴절(sub-refraction)이라고 하며, 아굴절 대기에서 전파는 표준대기보다 높은 고도로 전파하게 된다. 이 경우, 레이더는 표적의 고도를 실제보다 낮

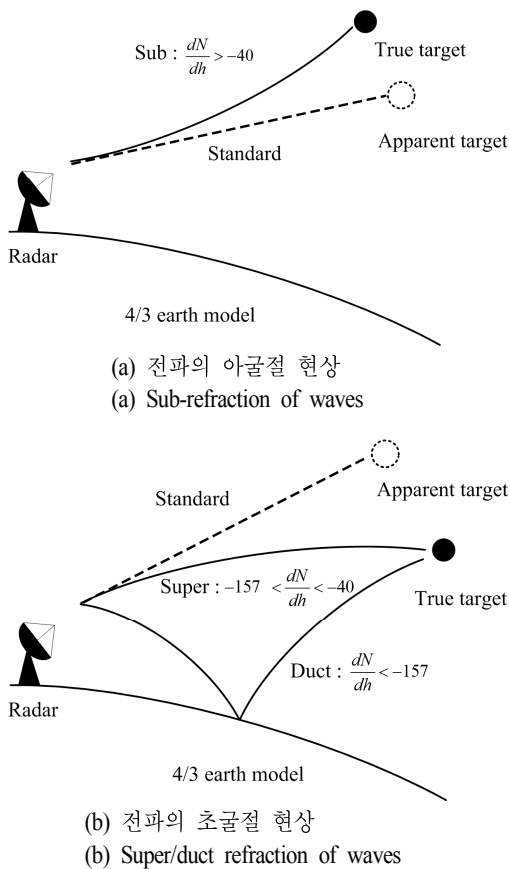


그림 2. 굴절지수 감쇄율에 따른 레이더 탐지 고도 오차
Fig. 2. Altitude differences of radar targets due to the refractivity gradient.

게 판단하게 된다. 초굴절은 표준대기보다 굴절지수 감쇄율이 작을 경우($\frac{dN}{dh} < -40$ unit/km)의 전파의 굴절을 의미하며, 아굴절 대기에서와는 반대로 전파는 표준대기보다 낮은 고도로 전파하여 레이더는 표적의 고도를 실제보다 높게 판단하게 된다. 특히, 굴절지수 감쇄율이 매우 작아질 경우($\frac{dN}{dh} < -157$ unit/km)를 대기 덕트(atmospheric duct)라 하며, 이 때 전파는 도파관에서와 같이 일정한 대기층을 따라 전파하게 된다. 이와 같이 대기 상태의 변화에 의해 전파가 초굴절, 아굴절로 굴절할 경우, 레이더 표적의 고도에 대한 탐지 오차가 발생하게 된다.

2-2 PSR / SSR 항적을 이용한 대기 상태 분석

장거리 레이더는 일반적으로 항공기의 정확한 위치를 파악하고, 피아를 식별하기 위해 PSR과 SSR을 동시에 운용하며, 그림 3은 장거리 레이더에서 관측한 PSR과 SSR 항적의 수평면 분포 예시를 보여준다. PSR 항적은 지상의 레이더에서 발신하여 목표물에 맞아 반사되는 전파를 수신하여 송신 안테나의 조향각과 송수신 신호의 시간차를 통해 위치를 예측한 항적을 의미하며, SSR 항

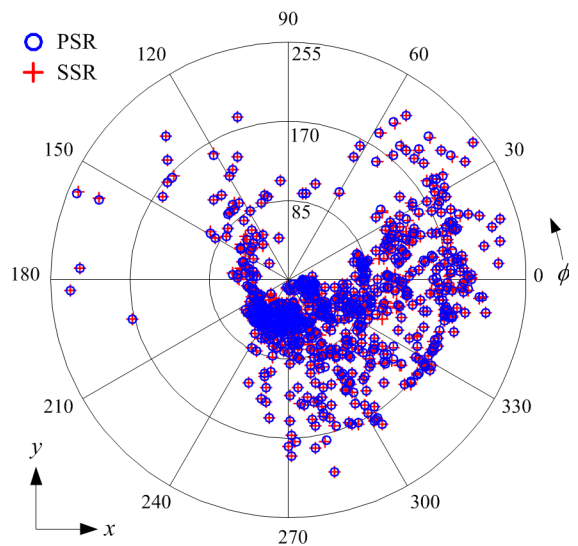


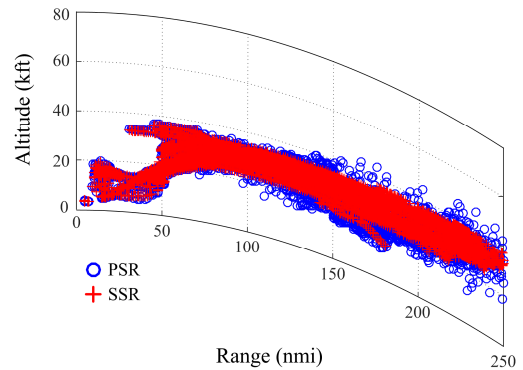
그림 3. 장거리 탐지 레이더의 PSR 및 SSR 항적
Fig. 3. PSR/SSR targets detected by a long-range surveillance radar.

적은 레이더의 특정 신호에 응답한 목표물에서 자신의 위치정보를 담은 신호를 레이더 측으로 송신하게 되는데, 이를 통해 얻은 위치정보를 의미한다. PSR 항적의 경우, 대기의 상태에 의한 전파의 굴절 현상에 의해 고도에 대한 오차가 발생하게 되며, SSR 항적의 경우 목표물이 직접 자신의 위치정보를 전달하기 때문에 PSR 항적에 비해 고도에 대한 오차가 작은 특징을 갖는다.

그림 4는 대기상태에 따른 PSR과 SSR 항적의 연직 분포를 보여준다. 표준대기일 경우, 이상대기에 의한 추가 굴절이 일어나지 않으므로 PSR 항적의 고도 오차가 거의 발생하지 않아, 그림 4(a)와 같이 관측지점에서의 PSR 항적과 SSR 항적이 일치하게 분포하는 것을 확인할 수 있다. 그림 4(b)는 아굴절 대기에 의한 PSR / SSR 항적을 보여준다. 이상대기에 의해 아굴절이 발생할 경우, 전파는 표준대기에서 예측한 지점보다 높은 고도로 전파하게 되고, 따라서 실제 고도보다 목표물의 예측 지점이 낮게 판단되어 PSR 항적은 SSR 항적보다 낮은 고도에 분포하게 된다. 초굴절 대기에서는 아굴절 대기와는 반대로 전파가 표준대기에서보다 더 낮은 고도로 굴절하여 전파하기 때문에 목표물을 관측하기 위해서는 표준대기에서보다 더 높은 고도로 안테나가 조향하게 된다. 그러므로 초굴절 대기에서의 PSR 항적은 SSR 항적보다 더 높은 고도로 분포하게 되며, 이에 대한 연직분포도를 그림 4(c)에 나타내었다.

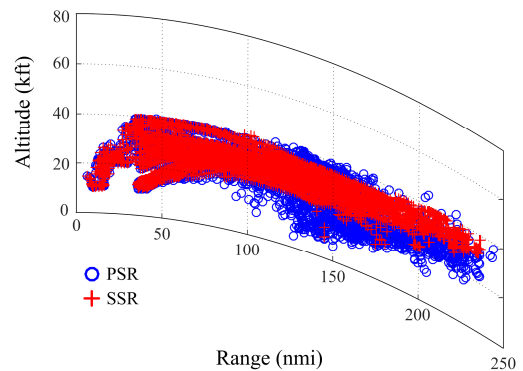
2-3 PSR 및 SSR 항적을 이용한 대기평가 함수

전파의 굴절을 예측하기 위해서는 특정 시간 및 공간에서의 온도, 습도, 기압의 기상정보가 필요하지만, 국내의 경우 고도에 따른 기상정보를 담은 고층기상자료를 얻을 수 있는 지역은 속초, 백령도, 오산, 포항, 광주, 흑산도, 제주도 총 7개 지역 뿐이다⁹⁾. 또한, 이와 같은 기상 관측소는 내륙에 위치하기 때문에 내륙을 벗어난 해상에서의 이상대기에 의한 전파의 굴절을 예측하기는 매우 어려운 실정이다. 본 논문에서는 위치에 따른 이상대기의 분포를 예측하기 위해 장거리 탐지 레이더의 PSR 항적과 SSR 항적을 이용한 대기평가함수(AEM: Atmosphere Evaluation Metric)를 제안하며, 그림 5는 대기평가함수 수식에 대한 모식도를 보여준다. 대기평가함수는 특정 위치에



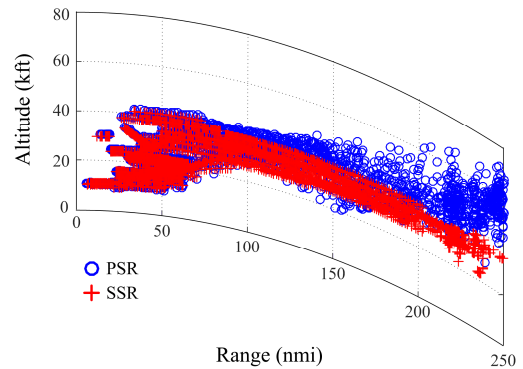
(a) 표준대기에서의 PSR/SSR 항적 연직 분포도

(a) Vertical distributions of PSR/SSR targets in the standard atmospheric condition



(b) 아굴절 대기에서의 PSR/SSR 항적 연직 분포도

(b) Vertical distributions of PSR/SSR targets in the sub-refraction atmospheric condition



(c) 초굴절 대기에서의 PSR/SSR 항적 연직 분포도

(c) Vertical distributions of PSR/SSR targets in the super-refraction atmospheric condition

그림 4. 대기상태에 따른 PSR / SSR 항적 연직 분포도

Fig. 4. Vertical distributions of PSR/SSR targets according to atmospheric conditions.

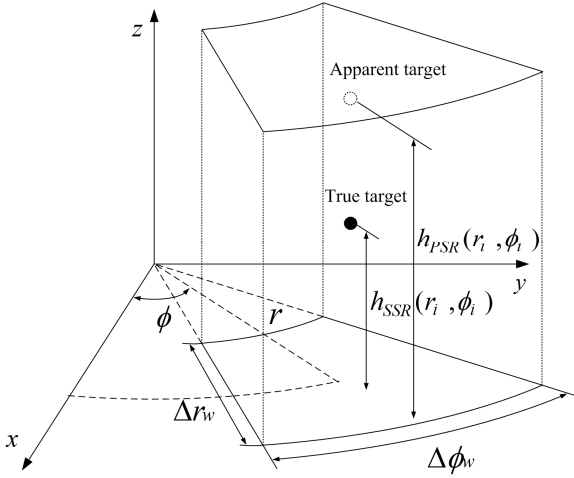


그림 5. 대기평가함수

Fig. 5. Atmosphere evaluation metric.

서의 일정한 범위 내 모든 PSR 항적과 SSR 항적의 고도 차이의 평균값을 나타내며, 다음과 같이 정의된다.

$$AEM(r, \phi) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \{h_{PSR}(r_i, \phi_i) - h_{SSR}(r_i, \phi_i)\}$$

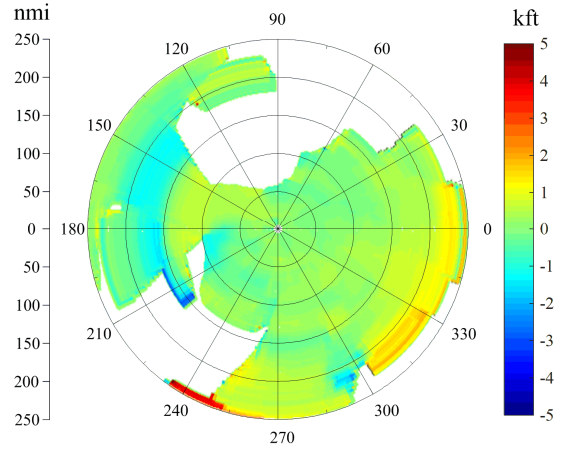
$$where \begin{cases} r - \frac{\Delta r_w}{2} \leq r_i \leq r + \frac{\Delta r_w}{2} \\ \phi - \frac{\Delta \phi_w}{2} \leq \phi_i \leq \phi + \frac{\Delta \phi_w}{2} \end{cases} \quad (4)$$

위 식에서 N 은 범위 내 항적의 총 수를 나타내며, Δr_w 와 $\Delta \phi_w$ 는 일정 범위의 거리와 방위각을 나타낸다.

제안된 대기평가함수는 장거리 탐지 레이더의 PSR 항적과 SSR 항적을 이용하기 때문에 기상 관측소를 통한 대기상태 분석보다 공간적 제약을 벗어날 수 있으며, 일정 범위 내 범위를 이용한 통계적 방식은 오차에 대한 편차를 최소화할 수 있다. 표준대기의 경우, PSR 항적과 SSR 항적의 고도 차이는 거의 발생하지 않으므로 AEM은 0에 가까운 값을 가지며, ± 2 kft 이내의 값을 가질 때 표준대기로 판단할 수 있다. 이를 기준으로 아굴절의 경우, $AEM < -2$ kft, 초굴절의 경우 $AEM > 2$ kft로 판단하였다.

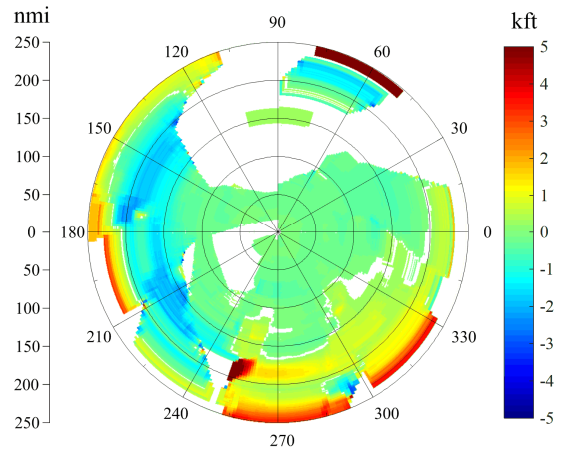
2.4 대기평가함수를 이용한 이상대기 분석

그림 6부터 그림 9는 동일 지역에 대한 날짜별 AEM 분포를 보여준다. 그림 6은 AEM을 적용하여 분석하였을



(a) AEM 분포(2015년 1월 8일)

(a) Distributions of AEM values(2015-01-08)



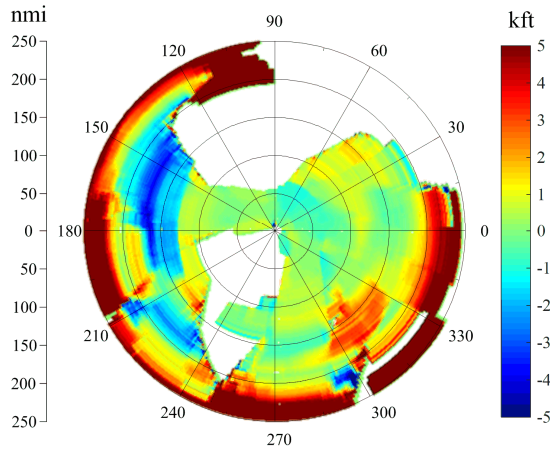
(b) AEM 분포(2015년 7월 2일)

(b) Distributions of AEM values(2015-07-02)

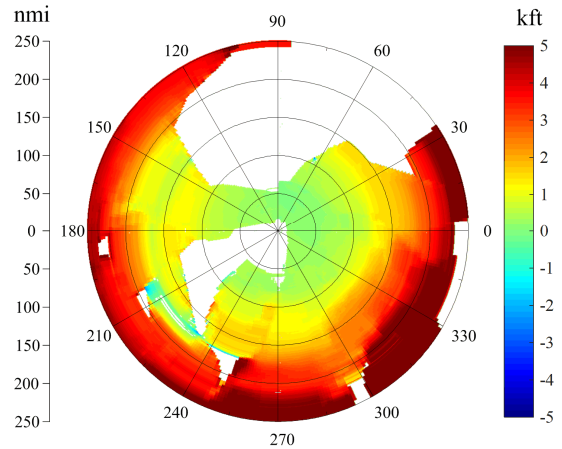
그림 6. 표준대기에서의 AEM 분포 예시

Fig. 6. Examples of AEM distributions in the standard atmospheric condition.

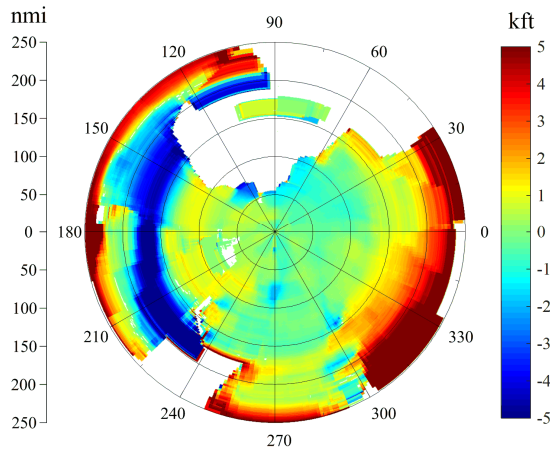
때 표준대기에 가까운 날의 AEM 분포의 예시를 보여주며, AEM 분포가 존재하지 않는 영역은 범위 안에 항적이 없어 대기상태를 평가할 수 없는 음영지역이다. 2015년 1월 8일과 2015년 7월 2일 모두 특정 영역을 제외한 모든 영역에서 -2 kft와 2 kft 사이의 AEM 분포를 갖는 것을 확인할 수 있으며, 이는 PSR 항적과 SSR 항적의 고도의 오차가 작은 것을 의미하므로 표준대기에 가까운 대기로 판단할 수 있다.



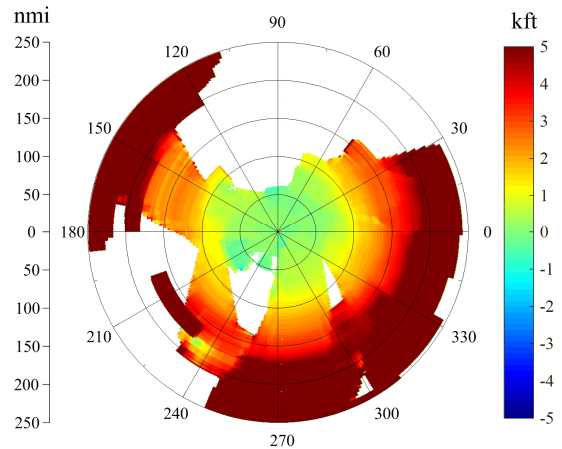
(a) AEM 분포(2015년 7월 17일)
(a) Distributions of AEM values(2015-07-17)



(a) AEM 분포(2015년 5월 13일)
(a) Distributions of AEM values(2015-05-13)



(b) AEM 분포(2015년 6월 10일)
(b) Distributions of AEM values(2015-06-10)



(b) AEM 분포(2015년 5월 14일)
(b) Distributions of AEM values(2015-05-14)

그림 7. 혼합대기에서의 AEM 분포 예시

Fig. 7. Examples of AEM distributions in the mixed atmospheric condition.

그림 7은 레이더 기준 반경 250 nmi 영역에서 표준대기와 이상대기가 공존하는 혼합대기의 예시를 보여준다. 2015년 7월 17일의 경우, AEM 값은 거리 250 nmi, 방위각 101°에서 최대 10.2 kft, 거리 212 nmi, 방위각 298°에서 최소 -6.2 kft의 값을 가지며, 최솟값을 갖는 서쪽 지역에서 아굴절, 최댓값을 가지는 남쪽 지역에서 전파의 초굴절이 일어나는 것을 확인할 수 있다. 2015년 6월 10일의 AEM 분포의 경우, $r=170$ nmi, $\phi=223^\circ$ 에서 -8.3 kft의 최솟값을

그림 8. 초굴절 대기에서의 AEM 분포 예시

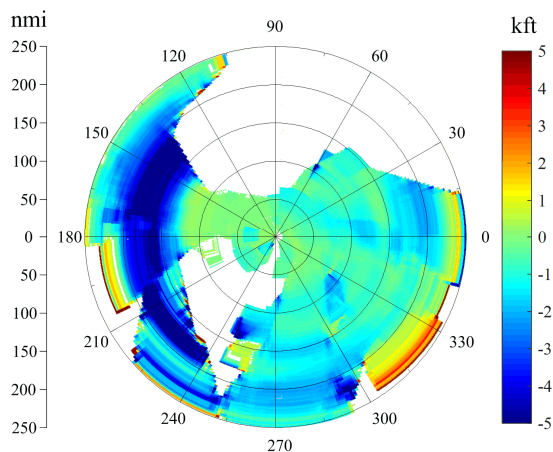
Fig. 8. Examples of AEM distributions in the super/duct refraction atmospheric condition.

가지며, $r=242$ nmi, $\phi=319^\circ$ 에서 10.2 kft의 최댓값 가지므로 해당 지역에서 심각한 초굴절이 발생하는 것을 확인할 수 있다.

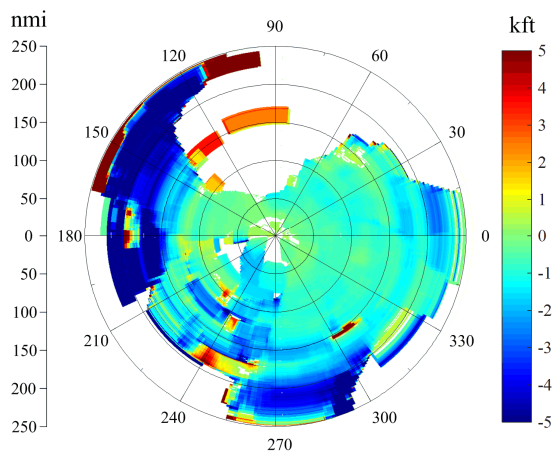
그림 8은 초굴절 대기의 AEM 분포를 보여준다. 2015년 5월 13일의 경우, 음영지역을 제외한 반경 200 nmi 외부 모든 지역에서 2 kft 이상의 AEM 값을 가지므로 레이더를 중심으로 모든 방향으로 초굴절 대기가 분포하는 것을 확인할 수 있다. 2015년 5월 14일의 경우, 음영지역

을 제외한 반경 150 nmi 외부 모든 지역에서 2 kft 이상의 AEM 값을 가지며, 특히 반경 200 nmi 외부 모든 지역에서는 AEM 값이 5 kft 이상으로 분포하므로 굴절지수 감쇄율이 매우 작아져 전파가 일정한 대기층에 갇히는 대기 덩어리 현상이 발생하는 것을 알 수 있다.

그림 9는 아굴절 현상이 많이 발생하는 날인 2015년 3월 25일과 2015년 4월 30일의 AEM 분포를 보여준다. 그림 9(a)의 2015년 3월 25일의 경우, 레이더 기준 서쪽 지역



(a) AEM 분포(2015년 3월 25일)
(a) Distributions of AEM values(2015-03-25)



(b) AEM 분포(2015년 4월 30일)
(b) Distributions of AEM values(2015-04-30)

그림 9. 아굴절 대기에서의 AEM 분포 예시
Fig. 9. Examples of AEM distributions in the sub-refraction atmospheric condition.

인 $150 \text{ nmi} < r < 200 \text{ nmi}$, $135^\circ < \phi < 240^\circ$ 영역에서 AEM 값은 평균 -5.3 kft 의 값을 가지며, 이는 PSR 고도가 SSR 고도보다 낮게 분포하여 아굴절 현상이 발생하는 것을 알 수 있다. 2015년 4월 30일의 경우, 레이더 기준 북서쪽 지역에서 최소 -8.2 kft 의 AEM 값을 가지며, 남쪽 영역에서도 -2 kft 이하의 AEM 분포를 가져 넓은 영역에서 아굴절 현상이 발생한 날임을 확인할 수 있다.

이와 같은 장거리 탐지 레이더를 이용한 대기평가함수를 적용할 경우, 국내 계절별, 날짜별 기상 특성을 확인할 수 있는 자료로 사용될 수 있을 것으로 사료되며, 기상관측소의 추가적인 데이터를 이용한 굴절률 보상 없이 레이더의 고도 오차를 보정할 수 있는 자료로 활용이 가능할 것으로 기대된다.

III. 결 론

본 논문에서는 대기 상태에 따른 굴절현상을 분석하기 위해 장거리 탐지 레이더의 PSR 항적과 SSR 항적의 고도 차이를 이용한 대기평가함수를 제안하였다. 대기 상태를 구분하여 날짜에 따른 대기평가함수 적용 예시를 보여주었으며, -2 kft 와 2 kft 사이의 AEM 분포를 가질 때 표준 대기, 2 kft 이상의 값을 가질 경우 초굴절, -2 kft 이하의 값의 경우 아굴절 현상이 발생하는 것을 확인하였다. 이와 같은 장거리 탐지 레이더의 PSR 항적과 SSR 항적을 이용한 대기평가함수를 적용할 경우, 고층기상자료의 관측 없이도 레이더 탐지 영역에서 대기의 표준대기 및 초굴절과 아굴절 현상을 판단할 수 있으며, 내륙뿐 아니라, 기상 관측소 설치가 불가능한 해상까지 보다 넓은 범위에서 기상의 상태를 실시간으로 판단이 가능하다.

References

- [1] M. Skolnik, *Radar Handbook*, 3rd Ed., New York: McGraw-Hill, 2008.
- [2] R. B. Muchmore, A. D. Wheelon, "Line-of-sight propagation phenomena - I. Ray treatment", *Proceedings of the IRE*, vol. 43, no. 10, pp. 1437-1449, Oct. 1955.
- [3] ITU-R P.853-3, Reference Standard Atmospheres, 1999.
- [4] B. R. Bean, G. D. Thayer, "On models of the atmo-

- spheric radio refractive index", *Proc. IRE*, vol. 47, no. 5, pp. 740, May 1959.
- [5] B. R. Bean, G. D. Thayer, "CRPL exponential reference atmosphere", *Jour. Res. NBS*, vol. 63D, no. 3, pp. 315-317, Jun. 1959.
- [6] 문현욱, 전민현, 김우중, 오성근, 이종현, 권세웅, 윤영중, "레이더에서 고고도 표적물의 고도 예측 성능 향상을 위한 한국형 지수 모델 개발에 관한 연구", 한국전자과학회논문지, 23(7), pp. 831-839, 2012년 7월.

- [7] 이태승, 최상혁, 전주환, 강설철, 박동민, "대기 효과를 고려한 전파 전달의 수학적 모델링 및 응용", 한국전자과학회논문지, 27(2), pp. 188-197, 2016년 2월.
- [8] E. K. Smith, S. Weintraub, "The constants in the equation for atmospheric refractive index at radio frequencies", *Proc. IRE*, vol. 50, no. 1, pp. 39-41, Jan. 1953.
- [9] B. R. Bean, G. D. Thayer, "Models of the atmospheric radio refractive index", *Proc. IRE*, vol. 47, no. 5, pp. 740-753, May 1959.

강 맹 창



2015년 2월: 홍익대학교 전자전기공학부 (공학사)
 2017년 2월: 홍익대학교 전자정보통신공학과 (공학석사)
 [주 관심분야] 안테나 설계 및 최적화, GPS 항재밍 배열안테나, 방향탐지 배열 안테나, 장거리 탐지 레이더

이 종 현



1997년 2월: 부산대학교 전자공학과 (공학사)
 1999년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
 2005년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
 2005년 1월~현재: LIG 넥스원 레이더 연구소 수석연구원

[주 관심분야] 레이더, 배열신호처리, 병렬신호처리

권 세 웅



1999년 2월: 연세대학교 전파공학과 (공학사)
 2002년 2월: 연세대학교 전기컴퓨터공학과 (공학석사)
 2009년 8월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학박사)
 2009년 7월~현재: LIG 레이더연구소 수석연구원

석연구원

[주 관심분야] 능동위상배열레이더, 전파전파 등

이 기 원



2000년 2월: 충남대학교 전기공학과 (공학사)
 2002년 8월: 충남대학교 전기공학과 (공학석사)
 2002년 7월~현재: LIG 넥스원 레이더 연구소 수석연구원
 [주 관심분야] 레이더 체계설계, 안테나, 신호처리 등

선 응



1986년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학사)
 1988년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학석사)
 2003년 8월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학박사)
 1988년 2월~2000년 6월: 국방과학연구소

선임연구원

2009년 3월~현재: LIG 넥스원 레이더연구소 소장
 [주 관심분야] 레이더, SAR, 신호처리 등

추 호 성



1998년 2월: 한양대학교 전파공학과 (공학사)
 2000년 8월: 미국 University of Texas at Austin 전자전기공학부 (공학석사)
 2003년 5월: 미국 University of Texas at Austin 전자전기공학부 (공학박사)
 2003년 6월~현재: 홍익대학교 전자전기

공학부 교수

[주 관심분야] 초소형 안테나, 최적화 알고리즘을 이용한 안테나 설계, RFID용 태그 및 리더안테나 등

변 강 일



2010년 2월: 홍익대학교 전자전기공학과 (공학사)
 2012년 2월: 홍익대학교 전자정보통신공학과 (공학석사)
 2015년 8월: 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 (공학박사)
 2015년 9월~현재: 홍익대학교 과학기술

연구소 연구교수

[주 관심분야] 빔포밍 배열안테나 기술, 안테나설계 및 위치최적화, 차량 및 항공기용 안테나, 방향 탐지 및 항재밍 배열안테나