

다중 경로 환경 상태에서 다중 빔 탐색 레이더의 표적 고도 추출

Target Altitude Extraction for Multibeam Surveillance Radar in Multipath Environmental Condition

정 명 수 · 홍 동 희 · 박 동 철*

Myung-Soo Chung · Dong-Hee Hong · Dong-Chul Park*

요 약

다중 빔 탐색 3D 레이더는 디지털 빔 형성 기술을 이용하여 수신시 적층 빔을 형성하는 최신의 3D 레이더 기술이다. 본 논문에서는 다중 경로 환경 상태에서 다중 빔 3D 레이더의 저고도 표적의 고도 추출을 위한 방법을 제안하고 고찰해 보고자 한다. 다중 빔 레이더에서 저고도 표적에서 발생하는 다중 경로 전파 및 레이더 신호 발생 모델링에 대해 기술하고, 거울 반사 상황에서 효과적으로 표적 고도를 추출하기 위해 nelder-mead simplex multipath reduction(NMSMR) 기법에 대해 기술한다. 제안된 알고리즘의 성능을 다양한 표적 고도와 레이더 주파수에 대해 시뮬레이션으로 확인하였다.

Abstract

The multibeam surveillance radar is a state-of-art of 3D radar technology. It applies the stacked beam-on-received realized by a digital beamformer. In this paper, a method of a low target altitude extraction for multibeam surveillance radar in multipath environmental condition is proposed and investigated. The model of multipath propagation and radar generation produced from the low altitude target in multibeam surveillance radar and the nelder-mead simplex multipath reduction(NMSMR) method which enables a reliable low altitude target extraction in specular reflection situations are described. The proposed algorithm is simulated to confirm the effectiveness of proposed algorithm in accordance with a various of target altitudes and radar frequencies.

Key words : Multibeam Surveillance Radar, Target Altitude Extraction, Multipath Environmental Condition

I. 서 론

저고도 레이더 표적에 대한 연구는 해상용 레이더를 운용하면 접하는 문제로 그에 대한 연구가 국내에서 일부 수행되고 있으나, 실제 국내 개발 레이더에 아직까지 적용되어 검증된 사례는 없다. 특히 다중 빔 레이더는 빔을 동시에 수신하여 저고도 표적에 효과적으로 적용 가능하다고 되어 있지만 그의

세부적인 기술에 대해서는 연구 진척 상황이 미진한 상태이다^{[1],[2]}.

다중 빔 레이더에서도 저고도 표적을 측정하기 위해 특별한 수단이 필요한 것은 저고도 표적일 경우에 다중 경로 현상으로 수신 신호에 영향을 주기 때문이다. 다중 경로 현상은 해상 또는 지구 지표면을 통한 거울 반사 혹은 산란 효과의 결과로 저고도 표적에서 항상 직면하는 문제이다. 해수면에 의한

국방과학연구소(Agency for Defense Development)

*충남대학교 전파공학과(Department of Radio Science & Engineering, Chungnam National University)

· 논문 번호 : 20070917-104

· 수정완료일자 : 2007년 10월 12일

거울 반사는 특히 작은 입면 각도(garzing angle)와 잔잔한 해상 상태에서 심각한 오차원이 된다. 이는 영상 표적으로 다중 경로 현상이 발생되기 때문에 보다 정확한 표적 고도를 추출하기 위해 추적 표적에 대한 다중 경로 효과는 많이 연구되어 왔다^{[2]~[5]}.

추적 레이더에서도 실패적과 영상 표적이 합성되어 표적의 고도각 오차가 발생하는 것처럼 다중 빔 3차원 탐색 레이더에서도 동일한 문제가 발생한다. 따라서 다중 경로가 없는 정상 환경에서 적용되는 모노펄스 기법을 그대로 적용한다면 상당히 큰 오차가 발생한다^{[5],[6]}.

본 논문에서는 수평선 아래에 2개의 빔을 추가하여 4개의 수신 빔에 수신된 신호를 이용한 비음 함수에서 nelder-mead simplex 방법^[7]을 이용한 최소치를 구하는 방식으로 제안하고자 한다. 먼저 다중 빔 레이더에서 저고도 표적에서 발생하는 다중 경로 전파 및 레이더 신호 발생 모델링에 대해 기술하고, 거울 반사 상황에서 효과적으로 표적 고도를 추출하기 위해 nelder-mead simplex multipath reduction(NM-SMR) 기법에 대해 제안한다. 제안된 감소 기법의 성능을 다양한 표적 고도 및 레이더 주파수에 대해 시뮬레이션으로 확인하였다.

II. 다중 경로 전파 및 레이더 신호 모델링

함정용 레이더의 성능은 운용될 해상 환경 요소에 많은 영향을 받는다. 해상 환경 요소에서 고려해야 될 주요 요소는 해면에서의 전자파 반사, 해면 대기권에서의 전자파 굴절, 수평선 너머의 전자파 회절 특성 등이다. 반사 특성이 나타나는 구간을 광학-간섭 영역(optical interference region), 수평선 부근은 반사 특성 및 회절 특성의 중간 영역(intermediate region)으로 부른다^{[8],[9]}.

본 연구에서 해수면의 전자파 반사 특성에 대한 모델링은 대기권의 전자파 굴절 현상에서 표준 대기의 유효 지구 반경은 지구 반경에 4/3배 하여 적용하였다. 다중 경로 환경 모델링은 광학-간섭 영역에서 직접파와 간접파(반사파)의 코히런트 간섭 현상을 표현하는 것으로 기하적 도식은 그림 1과 같다.

레이더와 표적간에 송신 및 수신 빔의 가능한 경로는 4가지 경우로 다음과 같다. (1) 직접 송신 빔 +

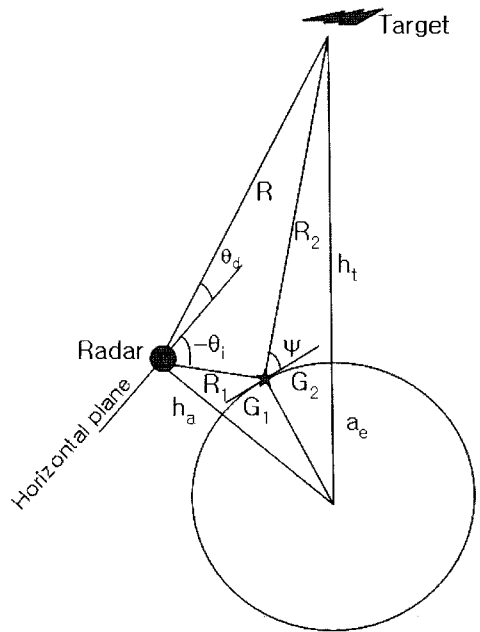


그림 1. 다중 경로의 기하학적 구조
Fig. 1. Multipath geometry.

직접 수신 빔, (2) 직접 송신 빔 + 간접 수신 빔, (3) 간접 송신 빔 + 직접 수신 빔, (4) 간접 송신 빔 + 간접 수신 빔. 레이더 입장에서 보면 4가지 다른 수신 신호가 수신된다. 첫 번째 신호를 기준해서 보면 나머지 수신 신호는 신호의 크기 및 위상 정보 또는 거리정보를 왜곡시키는 역할을 하게 된다. 전체 수신된 신호의 전력은 정규화된 안테나 전력 이득 함수로 직접 및 간접파의 수신 신호의 합으로 식 (1)과 같이 표현이 가능하다.

$$P_r = P_d + P_e + P_b + P_{it} \quad (1)$$

여기서 $P_d = g_t(\theta_d)g_r(\theta_d)$

$$P_e = g_t(\theta_d)g_r(-\theta_d)\Gamma$$

$$P_b = g_t(-\theta_d)g_r(\theta_d)\Gamma$$

$$P_{it}(\Delta R) = g_t(-\theta_d)g_r(-\theta_d)\Gamma$$

g_t, g_r : 송수신 안테나의 정규화 전력 이득

$$\Gamma = D\rho e^{-j\frac{2\pi\Delta R}{\lambda}} : \text{반사계수}$$

D : 발산계수(divergency factor)

ρ : 지표면 반사계수

ΔR : 직접파와 간접파의 경로 길이 차이

발산계수 D 및 지표면 반사계수 ρ 의 세부적인 내용은 참고문헌을 참고바란다^{[2],[8],[9]}.

수신된 전력 신호는 기준 레이더의 자유 공간상의 최대 탐지 거리에 대해서 거리별로 수신 신호의 크기를 모델링하기 위해 식 (2) 및 식 (3)을 이용하여 표현하였다^[8].

$$P_r(R) = \left(\frac{R_0}{R}\right)^4 (P_{a1} + P_{a2} + P_{a3}) = P_{a1}' + P_{a2}' + P_{a3}' \quad (2)$$

$$P_r(R + \Delta R) = \left(\frac{R_0}{R + \Delta R}\right)^4 (P_{a1}) = P_{a1}' \quad (3)$$

여기서 $P_r(R)$: 거리 R 에서 수신 전력
 $P_r(R + \Delta R)$: 거리 $R + \Delta R$ 에서 수신 전력
 R_0 : 자유공간에서의 레이더 최대 탐지 거리

만약에 표적의 크기(RCS: Radar Cross Section)가 기준 레이더 크기(RCS₀)와 다른 경우는 R_0 를 $(RCS/RCS_0)^{0.25} * R_0$ 로 변환하면 다른 RCS에 대한 수신 신호를 계산할 수도 있다.

수신된 레이더 전력 신호를 후처리하기 위해 해당되는 거리에서 전압 신호로 변환된 식은 식 (4) 및 식 (5)와 같다^[8].

$$V_r(R) = \sqrt{|P_{a1}'|} + \sqrt{|P_{a2}'|} e^{j\angle P_{a2}'} + \sqrt{|P_{a3}'|} e^{j\angle P_{a3}'} \quad (4)$$

$$V_r(R + \Delta R) = \sqrt{|P_{a1}'|} e^{j\angle P_{a1}'} \quad (5)$$

수신 신호의 잡음 모델링은 기준 레이더에서 요구하는 SNR 기준으로 거리 및 도플러 방향의 표본화수에 대한 평균이 제로이고, 표준편차가 1인 랜덤 오차를 발생하여 평균 잡음 전력을 인가하였다.

송신 안테나 패턴은 운용적 요구 조건에 맞는 탐지영역에 적합하도록 modified Woodward-Lawson 위상 합성 기법으로 얻어진 그림 3과 같은 패턴을 적용하였다^[10]. 송신 배열은 16개로 가정하여 사용하였으며, 복사 소자간의 간격은 중심 주파수에서 반파장이다.

디지털 빔 형성기에서 형성되는 수신 빔은 수평선 이하에 2개 빔을 추가하였다. 24 포인트 FFT 디지털 빔 형성기에서 형성되는 수신 빔에서 안테나 중심축의 -5.5 빔 위치가 레이더 수평면을 지향할 수

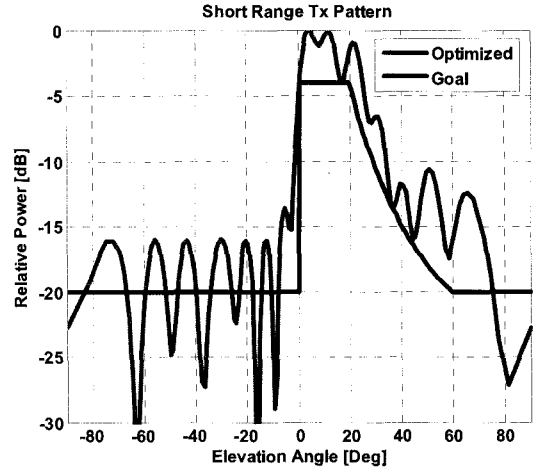


그림 2. 송신 안테나 패턴
 Fig. 2. Transmitted antenna pattern.

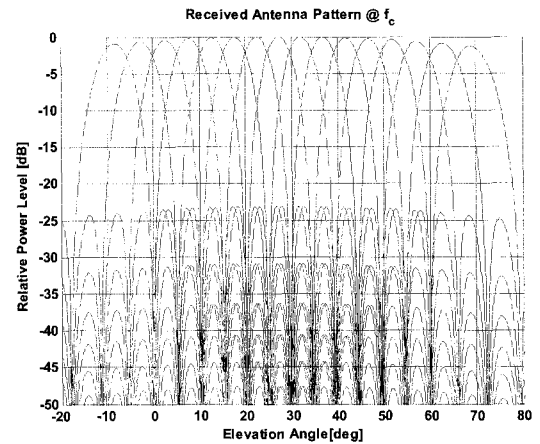


그림 3. 수신 안테나 패턴
 Fig. 3. Received antenna pattern.

있도록 고각 방향으로 회전하여 그림 4와 같은 다중 빔을 구성하였다^[1].

III. 저고도 고도각 계산 알고리즘

본 논문에서 저고도각 추출에 적용되는 수신 빔은 그림 4에서 수평선 이하 2개 빔과 수평선 위의 2번째 빔까지 총 4개 빔을 사용한다. 이들 4개 빔으로 수신된 신호를 조합하여 새로운 σ 빔 및 Δ 빔을 형성하여 고각을 구하는 과정은 다음과 같다.

새로운 4개의 σ 빔으로 수신된 신호는 식 (6)~(9)

와 같다.

$$\Sigma_1 = A[g_r(\theta_1, \theta_d) + g_r(\theta_1, -\theta_d)]\Gamma \quad (6)$$

$$\Sigma_2 = A[g_r(\theta_2, \theta_d) + g_r(\theta_2, -\theta_d)]\Gamma \quad (7)$$

$$\Sigma_3 = A[g_r(\theta_3, \theta_d) + g_r(\theta_3, -\theta_d)]\Gamma \quad (8)$$

$$\Sigma_4 = A[g_r(\theta_4, \theta_d) + g_r(\theta_4, -\theta_d)]\Gamma \quad (9)$$

또한, 4개의 새로운 Δ 빔으로 수신된 신호는 식 (10)~(13)과 같다.

$$\Delta_1 = A[d_r(\theta_1, \theta_d) + d_r(\theta_1, -\theta_d)]\Gamma \quad (10)$$

$$\Delta_2 = A[d_r(\theta_2, \theta_d) + d_r(\theta_2, -\theta_d)]\Gamma \quad (11)$$

$$\Delta_3 = A[d_r(\theta_3, \theta_d) + d_r(\theta_3, -\theta_d)]\Gamma \quad (12)$$

$$\Delta_4 = A[d_r(\theta_4, \theta_d) + d_r(\theta_4, -\theta_d)]\Gamma \quad (13)$$

여기서 $g_r(\cdot)$ 은 Σ 빔 패턴을, $d_r(\cdot)$ 는 Δ 빔 패턴을 나타낸다. A 는 신호의 진폭을 나타내는 복소수이며, $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ 는 새롭게 형성된 Δ/Σ 빔의 고각을 나타낸다.

위 식들로부터 각각의 빔에 대한 모노펄스 비(monopulse ratio) $\frac{\Delta_1}{\Sigma_1}, \frac{\Delta_2}{\Sigma_2}, \frac{\Delta_3}{\Sigma_3}, \frac{\Delta_4}{\Sigma_4}$ 를 구할 수 있다. 모노펄스 비는 A 와 무관하며 θ_d, θ_i 및 Γ 에 따라 변화한다. 따라서 측정된 모노펄스 비와 계산에 의한 모노펄스 비가 일치하는 θ_d, θ_i 및 Γ 를 구하면 다중 경로 영향이 없는 표적의 고각(θ_d)을 구하게 된다.

이를 위해 다음과 같은 θ_d, θ_i 의 비용 함수(cost function)를 정의하고, 최소치를 찾아 θ_d 를 구한다.

$$C(\theta_d, \theta_i) = \sqrt{\sum_{k=2}^4 \left| \frac{\Delta_k^m}{\Sigma_k^m} - \frac{\Delta_k^c(\theta_d, \theta_i)}{\Sigma_k^c(\theta_d, \theta_i)} \right|^2} \quad (14)$$

여기서 Δ_k^m : k 번째 빔으로 측정된 Δ (차) 신호
 Σ_k^m : k 번째 빔으로 측정된 Σ (합) 신호
 $\Delta_k^c(\theta_d, \theta_i)$: k 번째 빔의 계산된 Δ (차) 신호
 $\Sigma_k^c(\theta_d, \theta_i)$: k 번째 빔의 계산된 Σ (합) 신호

식 (14)에서 빔 1이 누락된 이유는 빔 1로 수신된 신호로부터 Γ 를 구하기 위해 사용되었기 때문이다.

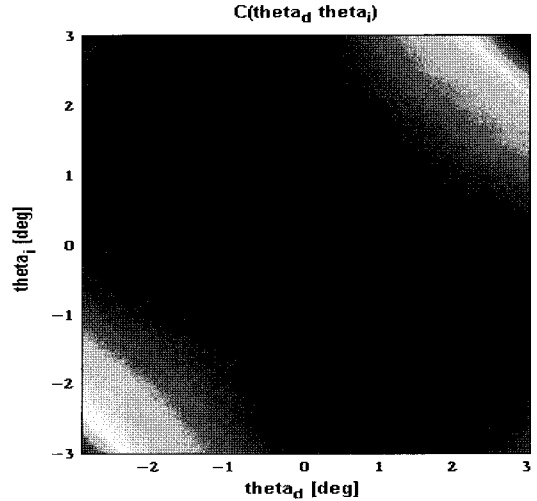


그림 4. 0.82° & -0.92° 에 반사 신호의 cost 함수
 Fig. 4. Cost function for return of 0.82° & -0.92° .

다중 경로 상황에서 비용 함수의 고각에 대한 반사 신호의 예제의 형태는 그림 5와 같다. 그림에서 반사 신호의 최소치를 찾으면, 직접파의 표적 고각과 반사 경로 고각을 바로 알 수 있다. 최소치를 찾는 방법은 직접적으로 해를 구하는 nelder-mead simplex 방법을 적용하였다^[7].

IV. 저고도각 추출

다중 경로 현상이 없는 표적의 고도각을 추출하기 위해 동일한 거리셀의 데이터상에서 최대 수신되는 최대 빔과 이웃하는 값의 크기를 가지고 식 (15)와 같이 레이다 수평면상의 고도각을 추출할 수 있다^[11].

$$\theta_e = \theta_c + \sin^{-1} \left(\frac{2\lambda}{\lambda_c} \frac{k_i/L - 6}{N} \right) \quad (15)$$

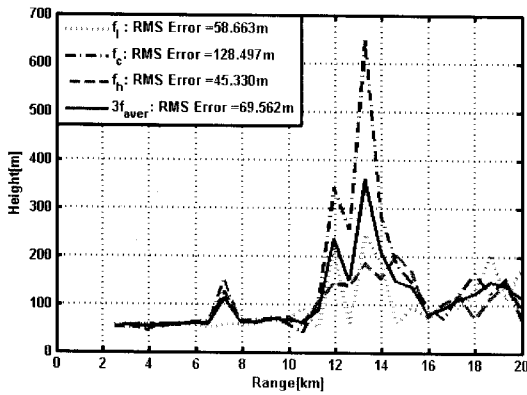
여기서 θ_c : 주파수별 안테나 중심-수평면 각도
 λ : 레이다 사용 주파수 파장
 λ_c : 중심 주파수 파장
 k_i : 총누적 빔유니트의 수
 N : 수신 안테나 배열수
 L : 빔 폭 분할수

다중 경로 현상이 존재하는 고도각은 nelder-mead simplex multipath reduction(NMSMR)으로 계산

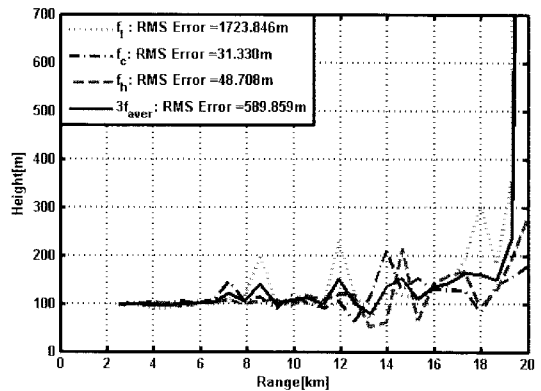
한다. 하지만 다중 경로 현상으로 위상차가 상호 180 차이가 나 표적의 신호가 존재하지 않는 구간에서는 계산이 정확할 수가 없다. 또한, 수신 신호의 잡음으로 인해 고도각 측정에 다소 오차가 발생할 수 있다. 이러한 오차에 대해서는 다음과 같은 방법으로 저고도 표적 고도각을 측정하였다.

- 1) 표적의 탐지 여부를 확인하고 탐지되지 않은 경우는 과거 2스캔 이전의 고각 정보를 활용하고 그렇지 않으면 다음 단계로 진입
- 2) #4 빔 이상 최대값이 존재할 경우, 정상 표적 look-up 테이블로 고각 추출후 지구 기하학 수식으로 표적 고도 계산
- 3) #3 빔 이하에서 최대값이 존재하는 경우 4가지 경우 계산

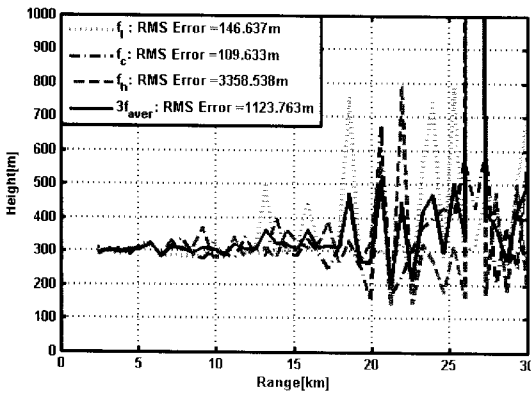
- ① 빔 최대값을 이용한 정상표적 look-up 테이블을 이용한 고각 추출(#1, #2 빔에 최대값이 존재하는 경우 고려)
 - ② #3 및 #4 빔 값을 이용하여 최대값이 #3 빔에 할당한 후에 정상 표적 look-up 테이블을 이용한 고각 추출(초기치의 +고각 정보 활용)
 - ③ #1 및 #2 빔 값을 이용하여 최대값이 #2 빔에 할당한 후에 정상 표적 look-up 테이블을 이용한 고각 추출(초기치의 -고각 정보 활용)
 - ④ 초기값 $[0.004^\circ, -0.01^\circ]$ 에서 nelder-mead 방법으로 최소치의 고각 추출
- 4) ① 및 ② 측정 결과 차이가 0.01° 이내이면, ①



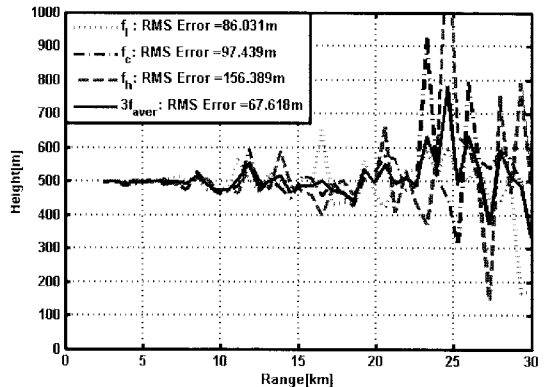
(a) 표적 높이=50 m
(a) Target height=50 m



(b) 표적 높이=100 m
(b) Target height=100 m



(c) 표적 높이=300 m
(c) Target height=300 m



(d) 표적 높이=500 m
(d) Target height=500 m

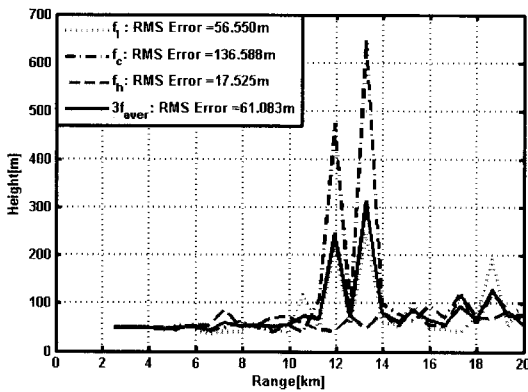
그림 5. 잡음이 있는 기존 방식의 2개 빔 경우
Fig. 5. Two beam method with noise.

- 결과가 표적 고각으로 사용하고 고각 추출 종료
- 5) ④ 측정 결과가 원하는 범위(0.01°~6°)내 존재 하고 ② 결과보다 2배 작고, 이전 측정값의 1/5 배보다 크면 ④ 결과가 표적 고각으로 사용하고 고각 추출 종료
 - 6) ④ 결과가 5) 단계의 조건을 만족하지 못하는 경우는 1스캔 이전 표적 고각 위치 정보를 초기치로하여 nelder-mead 방법으로 재추출하고 결과가 만족하면 고각 추출 종료
 - 7) 6)의 재추출한 결과가 5) 단계의 조건을 만족하지 못하는 경우는 2스캔 이전 표적 고각 위치 정보를 초기치로하여 nelder-mead 방법으로 재추출하고 결과가 만족하면 고각 추출 종료
 - 8) 7) 단계에서 만족하지 못하면 ②번 결과를 채택하고 고각 추출 종료

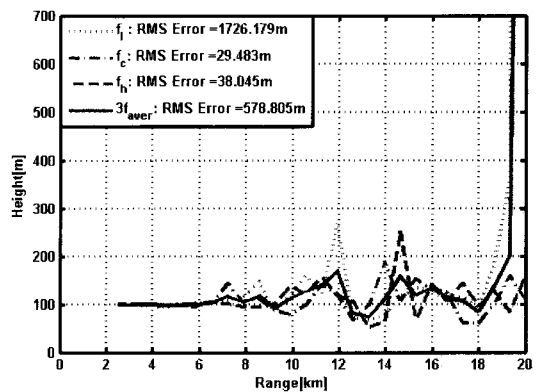
- 백하고 고각 추출 종료
- 9) 고각 추출 종료된 결과는 2스캔까지 저장

V. 시뮬레이션 및 결과

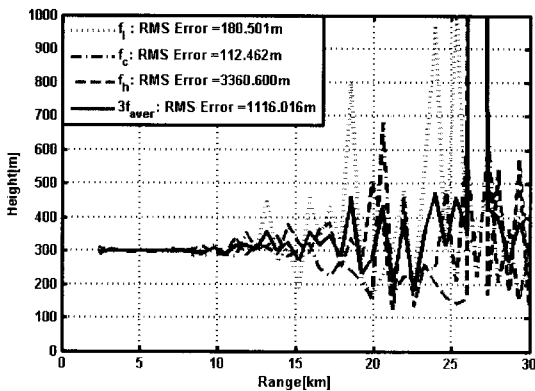
시뮬레이션에 사용된 레이더 및 환경변수와 표적 특성변수는 표 1과 같다. 표적 운용 시나리오는 다중 경로 상태에서 해면으로부터 일정 고도 및 일정 속도로 접근하는 표적으로 단순화 하였다. 레이더 표적 갱신율은 안테나 회전 속도를 의미하며 일정속도로 접근하는 표적에 계산되는 거리 지점 계산에 사용되며, 레이더 편파는 안테나 제작이 용이한 수평 편파로 가정하였다. 시뮬레이션에서 접근 표적이 2 km 이내로 접근하면 프로그램이 종료하게 된다. 그리고 3개 주파수에 대해서도 결과를 확인하였다.



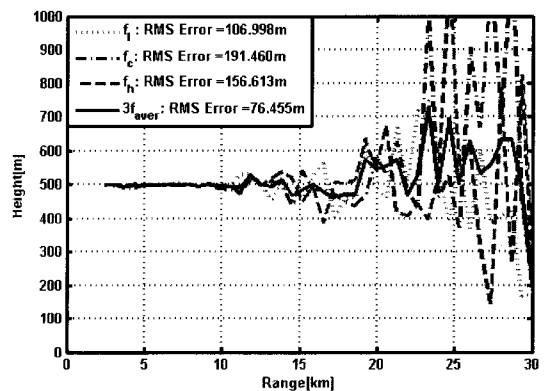
(a) 표적 높이=50 m
(a) Target height=50 m



(b) 표적 높이=100 m
(b) Target height=100 m



(c) 표적 높이=300 m
(c) Target height=300 m



(d) 표적 높이=500 m
(d) Target height=500 m

그림 6. 잡음이 있는 NMSMR 경우
Fig. 6. NMSMR method with noise.

표 1. 시뮬레이션에 적용된 레이더 및 표적 변수
Table 1. Radar and target parameter for simulation.

레이더 및 환경 변수		표적 변수				
탐지 기준(R_0) - RCS ₀ : 2 m ² - SNR=15 dB	80 km	표적 크기 (RCS) [m ²]	0.1			
주파수 [GHz]	fl, fc, fh	속도 [mach]	0.9			
높이 [m]	15	운동 시나리오	일정 고도 접근			
표적갱신율 [s]	2.2	표적 고도 [m]	50	100	300	500
해상 상태	SS1	시작 거리 [km]	20	20	30	30

다중 경로 환경 상태에서 다중 경로 및 레이더 신호 모델링을 확인하기 위해 우선적으로 수평면 위에 2개빔이 위치하는 기존 방식에 대해 시뮬레이션 하였다. 그림 6은 2개 빔을 사용하는 기존 방식에 대한 결과이다. 레이더 주파수의 14 % 대역폭 내에서 서로 다른 위치에 침투 오차 발생을 확인하여 다중 경로 및 레이더 신호 모델링이 정확한 것을 확인하였다.

표적 고도 50 m 및 100 m일 경우에 레이더 주파수별로 서로 다른 위치에 약 2개의 침투점이 존재하고, 거리가 멀수록 상대적으로 표적 고도 오차가 크게 나타났다. 표적 고도 300 m 및 500 m일 경우는 여러 지점에서 침투 오차가 존재하고 있으며 레이더 주파수별로 위치가 다르게 나타났다.

본 논문에서 제안한 NMSMR 방식에 대한 결과는 그림 7과 같으며 표적 고도 50 m 및 100 m일 경우의 침투 오차구간 이외는 아주 정확하게 계산되고 있음을 확인하였다. 또한, 표적 고도 300 m 및 500 m 일 경우는 20 km 이후는 잡음에 대한 영향으로 오차가 다소 크게 나타나나, 20 km 이전에는 아주 정확하게 계산됨을 확인할 수 있다.

다중 빔 형성에 FFT를 적용할 경우에는 빔 간격 및 빔 폭이 고정되어 4개 이상의 빔은 상호 연관성 없어 계산 결과가 정확하지 못할 것으로 예측된다. 따라서 FFT를 적용하는 다중 빔의 경우에 4개 빔을 이용한다면, 시뮬레이션 결과와 같이 다중 경로 상황에서 표적의 고도를 다소 정확하게 추출할 수 있을 것으로 판단된다.

본 논문에서는 다중 경로 상태에서 다중 빔 3D 레이더의 표적 고도 추출을 위한 방법을 제안하고, 그 결과를 확인하였다. 다중 경로 및 레이더 신호의 모델링 기법에서는 참고 논문에 언급되지 않은 내용 중심으로 살펴보았다. 거울 반사 상황에서 효과적으로 표적 고도를 추출하기 위해 MNSMR 기법에 대해서도 살펴보았다. 제안된 감소 기법의 성능을 다양한 표적 고도와 레이더 대역 주파수 및 잡음에 대한 영향을 시뮬레이션으로 확인하였다.

제안한 MNSMR 기법은 다중 빔 레이더에 적용 가능한 알고리즘으로 다중 경로가 존재하는 구간에서도 비교적 정확히 표적 고도를 계산할 수 있다는 결론을 얻었다.

참고 문헌

- [1] 정명수, 박동철, "정상 환경 상태에서 다중 빔 레이더의 표적 고도 추출", 한국전자과학회논문지, 18(9), pp. 1090-1097, 2007년 9월.
- [2] M. S. Chung, J. S. Lim, and D. C. Park, "Monopulse tracking with phased array search radar in the presence of specular reflection from sea surface", *IEEE Trans. Aerospace and Electronic Systems*, vol. 42, no. 4, pp. 1459-1463, Oct. 2006.
- [3] David K. Barton, "Low-angle radar tracking", *Proc. IEEE*, vol. 62, pp. 687-704, Jun. 1974.
- [4] S. M. Sherman, "Complex indicated angles applied to unresolved radar targets and multipath", *IEEE Trans. Aerospace and Electronic Systems*, vol. 15, pp. 160-170, Jan. 1971.
- [5] Merrill I. Skolnik, *Radar Handbook*, 2nd Ed., McGraw-Hill Publishing Company, NY, pp. 20.1- 20.38, 1990.
- [6] Gerrit Dedden, "SMART-L mutibeam radar", *European Radar Conference*, Amsterdam, pp. 17-20, 2004.
- [7] J. C. Lagarias, J. A. Reeds, M. H. Wright, and P. E. Wright, "Convergence properties of the nelder-mead simplex method in low dimensions", *SIAM Journal of Optimization*, vol. 9, no. 1, pp. 112-147, 1998.

VI. 결 론

[8] Lamont V. Blake, *Radar Range-Performance*, Artech House, Inc., Norwood, pp. 237-290, 1986.

[9] Albert G. Huizing, Arne Theil, *Computer-Aided Radar Performance Evaluation Tool(CARPET), Ver. 2.0, User Manual*, TNO Physics and Electronics Laboratory, 2004.

[10] M. Durr, A. Trastory, and F. Ares, "Multiple-pattern linear antenna arrays with single prefixed amplitude distributions : modified woodward-lawson synthesis", *Electronics Letters*, vol. 36, no. 16, pp. 1345-1346, Aug. 2000.

정 명 수



1985년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1987년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
 1987년 2월~현재: 국방과학연구소 책임연구원
 [주 관심분야] 레이더 시스템 및 안테나

테나

박 동 철



1974년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1976년 2월: 한국과학기술원 전기전자공학과 (공학석사)
 1984년 12월: Univ. of California, Santa Barbara (공학박사)
 1977년~1978년: Ruhr University,

Bochum, Germany 방문교수

1994년~1998년: IEEE MTT Korea Chapter Chairperson

1998년~2001년: IEEE EMC Korea Chapter Chairperson

2000년~2001년: 한국전자파학회 회장

1976년~현재: 충남대학교 전자공학과 교수

2005년 4월~현재: 대덕 Wireless 포럼 회장

[주 관심분야] Microwave and Millimeterwave Passive Components, Antennas, EMI/EMC

홍 동 희



1979년 2월: 한국항공대학 전자공학 (공학사)
 1981년 2월: 한국과학기술원 전기전자공학과 (공학석사)
 1987년 2월: 한국과학기술원 전기전자공학과 (공학박사)
 1987년 3월~현재: 국방과학연구소

책임연구원

[주 관심분야] 레이더 시스템 및 안테나