

## 지향 오차 추정과 적응 배열 입사방향 추정 방법에 대한 연구

이 관 형\*, 송 우 영\*\*, 이 명 호\*\*

### A Study on Look Error Estimation and Adaptive Array Angle Estimation

Kwan-Hyeong Lee \*, Woo-Young Song\*\*, Myung-Ho Lee\*\*

#### 요 약

레이더에서 목표물을 예측하기 위해서 입사 방향 추정 방법을 사용한다. 본 논문에서는 적응 배열 입사 방향 방법과 단일 지향 오차 입사 방향 추정방법을 사용하여 목표물에 대한 입사방향을 추정하였다. 적응 배열 입사 방향 방법으로 주엽 재밍과 부엽 재밍을 제거하여 목표물에 대한 신호 입사 방향을 추정하였다. 단일 지향 방법은 신호 입사 방향의 지향 오차가 크기 때문에 목표물의 정확한 추정은 어렵다. 원하는 목표 신호를 수신하기 위해서는 신호의 입사 방향과 지향방향사이에 지향오차가 거의 없어야 한다. 입사 방향 추정시 공분산을 구하기 위해서 생기는 지연 시간문제와 단일 지향조건을 이용하여 발생하는 지향오차 문제를 감소시켰다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 통하여 제안된 입사 방향 추정방법이 기존의 방법에 비해 목표물 추정면에서 우수함을 보인다.

▶ Keyword : 적응 배열 안테나, 목표물 추정, 단일 지향 오차, 주엽 재밍, 부엽 재밍, 공분산

#### Abstract

It is using to incident angle estimation technique in order to target estimation in radar. This paper was estimated incident angle estimation for target using adaptive array incident angle and single look error incident angle estimation technique. We estimated signal incident angle of target to removal main lobe and side lobe to adaptive array incident angle technique. It is difficult to correctly target estimation because single look technique increase direction error of signal incident angle. In order to receive a desired target signal must be not almost look error between signal incident angle and look angle. we had decreased to occur a look error using delay time and single look condition to calculation a covariance when incident angle estimate. Through simulation, we

• 제1저자 : 이관형

• 투고일 : 2011. 04. 08, 심사일 : 2011. 05. 02, 게재확정일 : 2011. 05. 24.

\* 대전대학교 통신공학과(Dept. of Communication Engineering, Daejin University)

\*\* 청주대학교 전자정보공학부(Dept. of Electronic Engineering, Cheongju University)

show that the proposed incident angle estimation technique improves the performance of target estimation compared to previous method.

▶ Keyword : Adaptive array antenna, Target estimation, Single look error, Main lobe jamming, Side lobe jamming, Covariance

## I. 서 론

레이더는 전자파를 송신하여 목표물로부터 반사되는 수신 신호를 이용하여 원하는 목표물의 정보를 추정하는 시스템이다[1]. 원하는 목표물의 정보는 방위각, 고각, 거리, 속도 등을 추정한다. 레이더는 간섭, 잡음 및 제밍과 같은 방해 전파가 있는 환경에서도 원하는 목표물을 정확하게 추정하여야 한다. 이러한 방해 전파 신호를 제거하기 위해서 디지털 빔 형성기의 부 배열 빔 형성, 적응 배열 안테나, 적응 신호 처리 알고리즘 등 많은 연구가 지속 되어왔다[2-3]. 일반적으로 레이더는 탐색레이더, 추적레이더, 다기능레이더로 구분된다. 탐색레이더는 목표물을 초기에 탐지하는 것이 목적이고 추적레이더는 탐지레이더로부터 획득한 정보를 이용하여 목표물을 획득하여 추적한다[4-5]. 다기능 레이더는 탐색과 추적을 통합한 레이더이다. 무선채널에서 간섭, 잡음 및 제밍 신호가 존재하는 경우에 본 논문에서는 원하는 목표물의 정보를 추정하기 위하여 적응 배열 빔 형성 방법, 모노펄스 신호 입사 방향 추정방법과 단일 지향 조건 방법들을 결합하여 적용하였다. 일반적으로 적응 배열 시스템은 부엽(side lobe)으로 입사하는 제밍 신호는 효과적으로 제거할 수 있으나 주엽(main lobe)으로 입사할 경우에는 시스템 성능이 감소된다. 따라서 본 논문에서는 적응 배열 입사방향 추정 방법으로 주엽을 제거하고 단일 지향 오차 조건 방법을 사용하여 목표물에 대한 정보를 추정하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 목표물 입사방향 관련연구에 대해서 기술하였고, III장에서는 목표물 입사방향 추정 방법으로 적응 배열 입사 방향 추정방법과 단일지향 입사 방향 오차 추정 방법에 대해서 제안하였다. IV장에서는 모의실험을 통하여 목표물 방위 방향 분석하였고, 마지막으로 V장에서는 결론을 맺었다.

## II. 관련 연구

### 1. 관련연구

무선 채널에서의 목표물 추정은 인공구조물 혹은 자연구조

물로 인해서 많은 어려움이 있다. 목표물 입사 신호 방향의 추정방법으로는 순차적 로빙, 원뿔형 탐지, 모노펄스 방법 등이 있다. 목표물 신호 방향 추정에 일반적으로 사용되는 모노펄스방법은 제밍 신호가 존재할 경우 표적의 입사 방향을 정확하게 추적할 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 제밍 신호의 영향을 감소시키기 위하여 빔 형성을 수행하여야 한다. 그러나 제밍 신호가 존재할 경우에는 빔형성을 수행하게 되면 제밍신호를 제거하기 위한 빔의 형태가 지향 패턴과는 다른 형태를 가지게 되므로 모노펄스 추적을 위한 Look-up 테이블이 왜곡된다. 따라서 정확하게 표적 신호 입사 방향을 추정할 수 없다[4-5].

K.Bor Yu는 적응 배열과 주엽 제거기를 직렬로 결합하여 적응배열에서는 부엽 제밍을 제거하고, 주엽 제거기에서는 주엽 제밍을 제거하는 방법을 제안하였다[6]. 이 방법은 부엽과 주엽을 순차적으로 처리방법으로 시스템 구현이 복잡하고 연산속도가 증가되어 실시간 처리가 어렵다. 본 논문에서는 주엽 제밍은 적응배열에서 통과시키고 부엽 제밍만을 제거하기 위한 주엽의 형태를 유지할 수 있는 제한 조건을 사용한다. 주엽 제밍은 뒤에 연결된 주엽 제거기를 사용한다. 기존의 입사방향 추정방법은 원하는 지향방향으로부터 입사하는 신호만을 얻기 위하여 공분산 행렬을 계산하고 이를 이용하여 가중치를 결정한다. 그러나 공분산 행렬을 구하기 위해서는 다수의 표본신호가 필요로 하기 때문에 표본신호 수신시간 동안 입사방향추정이 수행될 수 없어 실시간 신호처리 능력이 감소한다.

단일 지향 조건을 이용하면 공분행렬을 계산하지 않고 표본 신호를 이용하여 입사방향을 추정하기 때문에 계산량을 감소시켜 시스템 성능을 향상시킬 수 있다[7-9]. 단일지향조건을 이용하여 입사 방향을 추정하면 신호가 입사하는 대략적인 신호의 입사 방향을 알 수는 있지만 지향오차가 크기 때문에 원 신호의 수신은 불가능하다. 원 신호를 수신하기 위해서는 실제 입사 신호의 입사방향과 지향방향사이에 지향오차가 거의 없어야 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 기존의 단일지향조건을 이용하여 구한 방위각 응답과 지향 스펙트럼을 결합하여 더욱더 정확한 신호의 입사 방향을 추정하는 입사방향 추정 알고리즘을 제안한다.

### 1.1 순차적 로빙 방법

그림1에 순차적 로빙 방법에 대해서 나타내었다. 순차적 로빙 방법은 미리 결정된 두개의 빔을 목표물의 양쪽에 생성시키고 순차적으로 빔 스위칭을 이용하여 신호를 수신한다. 펄스 반복 구간(PRI:Pulse repetition Interval)에 두 개의 빔 중에 하나의 빔을 통해서 신호를 수신하고 다음 펄스 반복 구간 동안에는 다른 빔을 통하여 신호를 수신한다. 그리고 두 신호의 차를 이용하여 현재 표적의 입사방향을 추정한다. 표적의 입사방향이 추정되면, 그림 1에서의 추적축을 목표물의 입사방향으로 수정하고 계속해서 목표물의 입사방향을 추정한다. 이때 사용되는 빔의 형태는 반드시 대칭적이어야 하며 동일한 방위각과 고각의 빔 폭을 가져야 한다. 장점으로는 시스템 구현이 간단하지만, 지향 빔 폭과 스위칭에서 발생하는 잡음에 의하여 정확도가 크게 좌우되는 단점이 있다[10].

1.2 원뿔형 방법

원뿔형 탐지는 순차적 로빙 방법이 개선된 형태로서 그림 2에 나타내었다. 하나의 안테나 빔이 추적축을 중심으로 스캔트 방향(squint angle)의 차를 가지고 회전하면서 신호를 수신한다. 목표물이 추적축 상에 존재할 경우에는 모든 위치에서의 안테나 빔이 동일한 크기를 가지는 신호를 수신하므로 오차신호가 영이 된다. 그러나 표적이 추적 축을 벗어날 경우에는 수신신호의 크기가 마치 AM 변조된 신호처럼 빔의 위치에 따라서 변하게 된다. 이와같은 AM변조신호의 포락선을 이용하여 오차신호를 계산하고 오차신호를 최소화시키도록 추적 축의 지향각을 변경하면서 목표물의 입사방향을 추정한다. 원뿔형 탐지방법을 이용하여 방위각 및 고각을 추정하기 위해서는 빔이 한번 순환할 때 적어도 4개의 목표물의 수신 신호를 획득하여야 하는 단점이 있다. 방위각, 고각에 대해서 2개 이상의 방향에 대한 표적 반사파가 필요하기 때문이다[10].

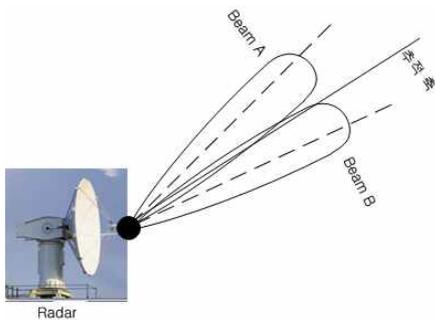


그림 1. 순차적 로빙 방법  
Fig. 1. Sequential Lobing Technique

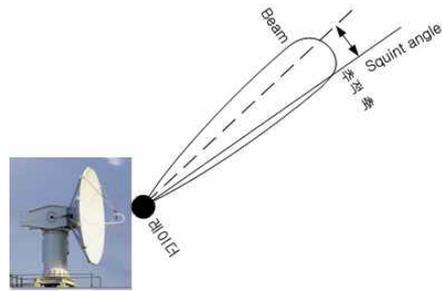


그림 2. 원뿔형 방법  
Fig. 2. Conical Technique

1.3 모노펄스 방법

그림3에 모노펄스 방법에 대한 그래프를 나타내었다. 모노펄스 추적 방법은 두 개 이상의 빔을 통하여 동시에 수신 신호를 이용하여 목표물 정보를 획득한다. 위 두 방법과 차이점은 빔이 순차적으로 신호를 수신하는 것이 아니라 동시에 여러개의 빔을 통하여 신호를 수신한다. 그림 3에 4개의 빔을 사용하는 모노펄스 방법을 나타내었다. 그림 3과 같이 A, B, C, D의 4개 빔을 통하여 신호를 수신할 경우 목표물의 위치가 정확하게 추정할 수 있다. 그러나 목표물이 추적 축으로부터 떨어져 있을 경우 각 빔의 수신 에너지는 서로 다르게 된다. 기본적인 모노펄스 레이더의 동작원리는 이러한 수신 에너지의 차를 이용하여 오차신호를 생성하고 오차신호의 값을 최소화시킬 수 있도록 추적 축의 방향을 수정한다. 모노펄스 추적은 목표물의 방향정보를 추정하기위해 하나의 합 패턴과 두개의 차 패턴으로 구성된다. 합 패턴은 원하는 방향으로 주 빔을 지향고 차 패턴은 널(null)을 원하는 방향으로 지향한다[10].

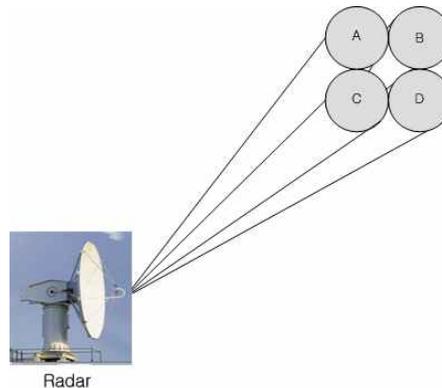


그림 3. 모노펄스 방법  
Fig. 3. Monopulse Technique

### III. 입사 방향 추정 방법

#### 1. 적응 배열 입사방향 추정 방법

적응 배열을 이용한 입사 방향 추정 방법에서 주엽 재밍이 존재할 경우는 주엽의 형태가 크게 왜곡되어 정확히 목표물을 추정하기 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 적응 배열 안테나에서 주엽 제거기의 look-up 테이블을 이용하여 목표물의 방향을 추정하고자 한다. 적응 배열에서의 공분산 행렬은 다음과 같이 나타낼 수 있다[11-12].

$$R_r = E[x(t)x(t)^H] \dots\dots\dots (1)$$

여기서,  $x(t)$ 는 수신신호이다. 재밍 신호를 제거하기 위한 최적 가중치 벡터는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$w = R_r^{-1} p(\theta) \dots\dots\dots (2)$$

$p(\theta)$ 는 지향벡터이다. 그러나 식 (2)와 같은 최적 가중치 벡터를 사용할 경우 부엽 재밍뿐만 아니라 주엽 재밍까지 제거하므로 주엽의 형태가 크게 왜곡된다. 정확한 입사방향 추정을 위해서는 주엽의 형태가  $\theta$ 를 중심으로 대칭적인 형태를 유지할 수 있어야 하므로 식(2)의 가중치 벡터는 입사방향 추정에는 적합하지 않다. 주엽의 형태를 유지시키기 위하여 가중치 결정에 사용되는 공분산 행렬은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_{rr} = R_r - JP_j p(\theta_j) p^H(\theta_j) \dots\dots\dots (3)$$

여기서,  $JP_j$ 는 주엽 재밍의 전력,  $p(\theta_j)$ 는 주엽 재밍의 지향 벡터이고  $( )^H$ 는 허미트(Hermit) 행렬이다. 공분산 행렬에서 주엽 재밍 성분을 제외시킨 새로운 공분산 행렬은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$w_n = R_{rr}^{-1} p(\theta) \dots\dots\dots (4)$$

#### 2. 단일 지향 입사방향 오차 추정 방법

본 장에서는 공분산 행렬의 가중치를 단일 지향 입사방향에서 추정하고자 한다. 장점으로는 공분산행렬 계산 시간을 단축시킬 수 있다. 안테나에 입사하는 수신신호는 신호 경로

에 따라서 위상차가 발생한다. 단일지향조건은 안테나 배열 소자간의 위상차를 나타내는 지향벡터를 이용하여 지향방향에서 입사하는 신호 이득이 1이 되도록 하여 출력을 최소화시킨다. 그리고 다른 방향에서 입사하는 신호들에 대해서는 널 패턴을 형성하여 최적가중치를 구하는 방법이다[13-14]. 그림 1은 단일 지향 조건에 적응배열 안테나 시스템이다. 안테나 배열 소자의 간격은 반파장이고, 전체 안테나 배열 소자수가  $N$ 일 때 수신 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

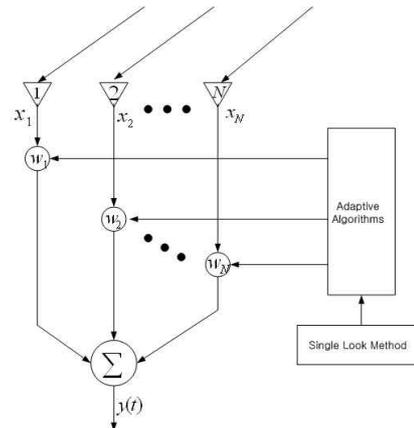


그림 4. 단일지향조건 적응배열 안테나시스템  
Fig. 4. Single Look Constraint Adaptive Array System

그림 4는 단일 지향 조건에서 적응배열 안테나시스템이다. 시스템 블록은 배열 안테나, 가중치, 단일 지향 조건 발생기, 적응신호처리 알고리즘으로 구성된다. 출력신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$y(t) = \sum_{k=1}^N x_k(t) w_k^*(t) \dots\dots\dots (5)$$

여기서,  $w_k(t)$ 와  $x_k(t)$ 는  $k$ 번째 가중치와 수신신호이다. 수신신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_N(t)]^T \dots\dots\dots (6)$$

여기서  $x_N$ 은 안테나 배열 소자의 수신 신호이고,  $T$ 는 전치행렬을 나타낸다. 그림1은 수신신호를 누적하여 공분산 행렬을 추정하지 않고 한 시점의 표본신호만을 이용한다. 이 방법은 공분산 행렬과 같은 기능을 수행하는 근사 공분산 행렬을 나타낸다. 근사 공분산 행렬은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$X = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & \cdots & x_M \\ x_2 & x_3 & \cdots & x_{M+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_M & x_{M+1} & \cdots & x_N \end{bmatrix} \dots\dots\dots (7)$$

안테나 배열의 수가  $N$ 개일 때 근사 공분산 행렬은  $M \times M$ 행렬이 되므로 자유도가  $M$ 으로 감소한다. 그림4의 단일 지향 조건에서는 지향벡터를  $M \times M$ 차원의 지향행렬로 변환시키는 기능을 수행한다. 지향방향을  $\theta$ 라고 하면  $k$ 번째 안테나의 대한 경로차는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\delta_k = \exp[j2\pi d(k-1)\sin\theta] \dots\dots\dots (8)$$

여기서  $k = 1, 2, \dots, N$ ,  $d$ 는 안테나 배열 소자간의 간격이고,  $\lambda$ 는 파장이다. 단일 지향 조건의 지향벡터는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\delta_k = [\delta_1 \ \delta_2 \ \cdots \ \delta_N]^T \dots\dots\dots (9)$$

식(7)을 이용하면 지향행렬벡터는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\bar{\delta}_k = \begin{bmatrix} \delta_1 & \delta_2 & \cdots & \delta_M \\ \delta_2 & \delta_3 & \cdots & \delta_{M+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_M & \delta_{M+1} & \cdots & \delta_N \end{bmatrix} \dots\dots\dots (10)$$

수신신호를  $X$ 행렬로 표현하면  $\theta$ 방향에서 입사하는 신호를 나타낼 수 있다. 수신호에서 지향방향에 입사하는 신호성분을 빼면 원하지 않는 신호성분만 남게 되며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$[X - A \bar{\delta}_k] v = 0 \dots\dots\dots (11)$$

여기서,  $A$ 는 신호의 크기이고,  $v$ 는 고유벡터이다. 여기서 고유 벡터  $v$ 는 안테나가 지향하는 방향인  $\theta$ 를 제외한 다른 방향에서 입사하는 신호와는 직교함으로써 다른 방향의 입사신호는 출력에서 제거된다. 지향방향에 대한 이득이 1이 되는 제한조건을 두기 위해서 지향방향에 대한 지향벡터는 다음과 나타낼 수 있다.

$$\bar{\delta}_k = [1 \ e^{j\beta} \ e^{j2\beta} \ \cdots \ e^{j(M-1)\beta}]^T \dots\dots\dots (12)$$

공분산 행렬을 이용하지 않고 최적 가중치는 고유벡터를 스칼라 값으로 나누어 구할 수 있으며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$w_k = \frac{v}{\bar{\delta}_k^H v} \dots\dots\dots (13)$$

안테나 배열 소자간의 경로 차는 식(8)에 나타내었으며 위상 차이는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta\phi(\theta) = \frac{-2\pi d \sin(\theta)}{\lambda} \dots\dots\dots (14)$$

배열 안테나 소자에 입사되는 신호세기는 일정하다고 가정하면, 채널의 위상과 크기가 보정된 신호의 출력은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$x_k(t) = \frac{1}{\sqrt{N}} e^{-j\psi} \begin{bmatrix} e^{-j2\pi\beta d \sin(\theta)} \\ e^{-j2\pi\beta 2d \sin(\theta)} \\ \vdots \\ e^{-j2\pi\beta N d \sin(\theta)} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (18)$$

식(5)에 식(13)과 식(18)을 대입하면 최종 출력신호를 계산할 수 있으면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$y(t) = \frac{v}{\bar{\delta}^H v} \frac{1}{\sqrt{N}} e^{-j\psi} \begin{bmatrix} \exp(-j2\pi\Delta\phi(\theta)) \\ \exp(-j4\pi\Delta\phi(\theta)) \\ \vdots \\ \exp(-j2N\pi\Delta\phi(\theta)) \end{bmatrix} \dots\dots\dots (19)$$

#### IV. 모의실험

본 논문에서 제안한 방법을 성능분석하기 위하여 모의실험을 하였다. 적응 배열 입사 방향 방법과 단일 지향 오차 방법을 이용하여 목표물을 추정하였다. 안테나 배열 개수는 20개이고 각각의 소자에서 발생하는 잡음은 백색가우시안 잡음으로 가정하였고 신호의 크기는 1로 하였다. 목표물 신호는

20dB로 하였고, 모든 방향에서 입사하며 지향오차를 가지도록 하였다. 방위각 응답벡터를 구하기 위하여 지향벡터를 -400에서 +400 까지 10 씩 순차적으로 변화시키면서 지향 방향의 응답벡터를 구하였다. 신호의 입사 방향을 추정할 경우 추정 오차가 아주 적을때는 안테나 배열 신호의 입사방향으로 정확히 지향한 것으로 생각할 수 있다. 안테나 배열 신호가 정확히 신호의 입사방향으로 지향한 경우에 원하는 목표물의 신호를 수신이 가능하므로 본 실험에서는 신호의 입사 방향을 추정하면서 각각의 방위각으로 지향하여 구한 출력신호를 입력신호와 비교하여 원하는 목표물의 입사방향을 분석하였다. 실험에 사용된 조건은 표1에 나타내었다. 표1에서 SNR(Signal to Noise Ratio)은 신호대 잡음비이고, JNR(Jamming to Noise Ratio)은 재밍 신호대 잡음비이며, SINR(Signal to Interference Noise Ratio)은 신호 대 간섭 잡음 비율이다. 표2는 기존의 방법과 본 논문에서 제안된 방법으로 목표물의 입사방향에 대한 성능을 비교한 그래프이다. 두 개의 목표물 0°,3°의 입사방향 추정시 기존의 방법에서는 두 개의 목표물에 대한 방향을 0°,1.5°로 한 개의 목표물만 정확히 추정하였고 다른 하나의 추정은 1.5°를 추정하여 분해능이 감소함을 알 수 있었다. 그러나 본 논문에서 제안된 방법은 두 개의 목표물 0°,3°에서 입사방향을 정확히 추정하였다.

표 1 모의 실험 조건  
Table 1. Simulation Condition

항목	비율	입사방향
목표물 1	SNR - 15dB	0°
목표물 2	SNR - 15dB	3°
주엽 재밍	JNR - 15dB	10°
부엽 재밍	JNR - 15dB	-30°
간섭신호	SINR - 15dB	-5°

표 2 모의 실험 성능비교  
Table 2. Simulation Performance Compare

항목	입사방향 추정	
	기존방법	제안방법
목표물(0°)	0°	0°
목표물(3°)	1.5°	3°

그림 5는 지향 빔 패턴에서 주엽 재밍 입사 방향, 부엽 재밍 입사 방향 및 목표물 입사방향을 추정한 그래프이다. 목표

물 1 방위 방향 1°, 목표물 방위 방향 4°, 주엽 재밍 방위 방향 11°, 부엽 재밍 방위 방향 -32°, 간섭 신호 방위 방향 -6°를 추정하고 있다. 목표물1, 목표물2와 주엽 재밍과 간섭신호는 약1°, 부엽 재밍은 약 2°의 입사 방향 오차가 발생 하였다.

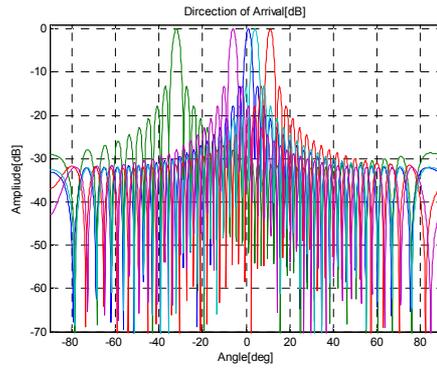


그림 5. 모의 실험 조건 입사 방향 추정  
Fig. 5. Simulation Condition Incident Angle Estimation

그림6은 적응 배열 입사 방향 방법을 적용한 그래프이며 주엽 재밍과 부엽 재밍을 제거하고 원하는 목표물의 방향을 추정한 것을 나타내고 있다. 그림6에서도 그림5와 같이 입사 방향 오차가 나타나고 있다.

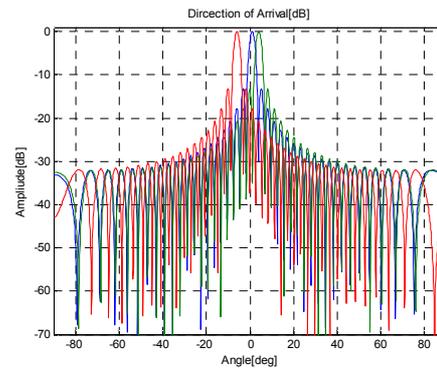


그림 6. 적응 배열 입사 방향 추정  
Fig. 6. Adaptive Array Incident Angle Estimation

그림7은 그림6에서 주엽 재밍과 부엽 재밍을 제거한 후 단일 지향 방향 오차 추정 방법을 적용하여 두 개의 간섭 신호를 제거하고 방향 오차를 보정한 그래프이다. 재밍 신호가 모두 제거되었고 원하는 목표물 2개의 방향에서 정확히 입사 방향을 지향 하고 있다. 그림 8은 기존의 방법으로 목표물 신호의 입사 방향을 추정한 그래프이다. 입사 방향 추정시 지향 오차가 발생하고 있음을 알 수 있다. 두 개의 목표물을 추정하

고자 하는데 분해능이 떨어져 원하는 목표물 2개를 추정하고 있지 못하다. 본 연구에서 제안한 방법이 입사 방향의 지향 오차를 감소시켰고 공분산행렬의 고유전개를 하지 않기 때문에 기존의 방법보다 계산 시간을 감소시켰다. 또한 신호 입사 방향 추정시 분해능이 향상되었다.

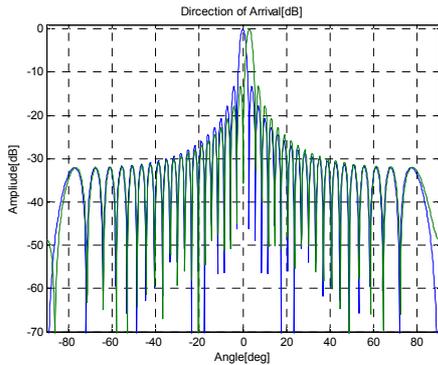


그림 7. 단일 지향 오차 보정 입사 방향 추정  
Fig. 7. Single Look Error Correction Incident Angle Estimation

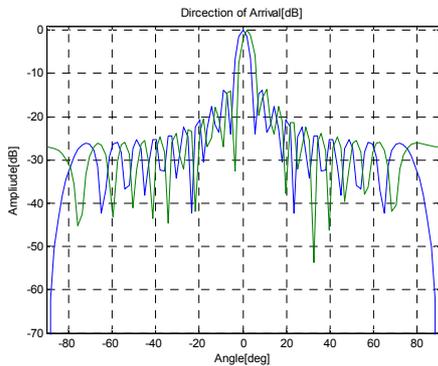


그림 8. 기존 방법 입사 방향 추정  
Fig. 8. General Method Incident Angle Estimation

### V. 결론

레이더는 거리, 방위각, 고각, 속도 등으로 목표물을 추정한다. 레이더의 입사 방향 추정방법으로는 순차적 로빙, 원뿔형 탐지, 모노펄스 방법 등이 있다. 본 연구에서는 레이더에서 많이 사용되는 모노펄스 방법을 적용하였다.

본 논문에서는 목표물의 입사 방향을 추정하는 방법을 연구하였다. 본 연구의 순서는 첫 번째 목표 신호, 재밍 신호, 간섭 신호의 입사 방향을 추정한다. 두 번째 원하는 목표 신호

를 추정하기 위해서 적응 배열 입사 방향 알고리즘으로 주엽 및 부엽 재밍 신호를 제거한다. 세 번째 단일 지향 오차 방법으로 간섭신호를 제거하고 원하는 신호를 추정하기 위해 입사 방향 오차를 보정하여 목표물 신호를 하였다. 레이더에서 지향조건을 이용하여 신호를 추정하면 신호가 입사하는 대략적인 신호의 입사방향을 알 수는 있지만 지향오차가 크기 때문에 원하는 목표물 입사 방향의 추정은 오차가 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 단일 지향 방법과 오차 지향 스펙트럼을 결합하여 더욱더 정확한 신호의 입사 방향을 추정하였다. 목표물 신호와 재밍 신호 와 간섭신호에 대하여 실험한 결과 모두 신호의 입사 방향을 거의 정확히 추정하였지만 오차 가 발생하였다. 주엽 재밍과 부엽 재밍 및 간섭신호가 존재하는 환경에서 목표물 신호 입사 방향의 추정에 대한 입사 방향 오차를 보완하였다. 빔 형성 방법으로는 부엽 재밍은 제거시킬수 있지만, 주엽 재밍이 존재하는 경우에는 제거 능력이 감소하여 시스템 성능이 크게 열화된다. 그림5와같이 주엽 재밍과 부엽 재밍이 존재하는 경우에 주엽 재밍과 부엽 재밍은 적응배열 입사 방향 알고리즘으로 널 (Null)패턴을 형성하여 제거하였고, 목표물에 대한 입사 방향만 정확히 추정하여 본 연구가 신호 입사 방향 추정시 우수함을 입증하였다. 그리고 본 논문에서는 공분산을 계산하지 않는 방법을 적용하여 실시간 처리로 입사 방향을 추정할 수 있다. 기존 방법으로 입사방향을 추정할 경우에는 공분산을 계산하기 위해서 발생하는 지연 시간문제를 감소시켰다. 그리고 단일 지향 오차 방법을 이용하여 입사 방향을 추정할 때 생기는 지향오차 문제를 감소시켰으며 신호 분해능이 향상되었음을 입증하였다.

### 참고문헌

[1] David K. Barton. "Radar System Analysis and Modeling," Artech House, pp.1-83, 2005.  
 [2] Xiaojing Huang, Y. Jay Guo, and John D. Bunton, "A Hybrid Adaptive Antenna Array," IEEE Trans. on Wireless Communications, Vol. 9, No. 5, pp. 1770-1779, May. 2010.  
 [3] J. Montesinos , O. Besson, and C. Larue de Tourne mine, "Adaptive Beamforming for Large Arrays in Satellite Communications Systems with Dispersed Co verage," IET

Communications, Vol. 5, No. 3, pp. 350-361, February. 2011.

[4] khlee and wysong, "A study on Target Position Algorithm to Radar System," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 13, No. 5, pp. 111-1116, Sep. 2010.

[5] khlee, wysong, and hykim, "Performance Analysis of CDMA System using Weight," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 11, No. 3, pp. 213-219, Jun. 2006.

[6] K. B. Yu and D. J. Murrow, "Adaptive Digital Beam forming for Angle Estimation in Jamming," IEEE Trans. on Aersop Electro System, Vol. 37, No. 2, pp. 508-523, April. 2001.

[7] S. Park, T. K. Sarkar, and R. A. Schneible, "Prevention of Signal Cancellation in an Adaptive Nulling Problem," IEEE Radar Conference, Vol. 1, pp.191- 195, May. 1997.

[8] Feng Qian, Van Veen, and B.D, "Quadratically Constrained Adaptive Beamforming for Coherent Signals and Interference", IEEE Trans on. Signal Processing, Vol. 43, No. 1, pp.1890-1900, August. 1995.

[9] Park, S. Sarkar, and T.K, "Prevention of Signal Cancellation in an Adaptive Space-Time Nulling Problem", IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, Vol. 2, No. 1, pp.1040- 1043, July. 1997.

[10] Merr I. Skolnik, "Introduction to Radar System," McGra Hill, pp.173-209, 2000.

[11] Guangmin Wang, Jingmin Xin, and Nanning Zheng ", Two\_Dimensional Direction of Arrival Estimation of Coherent Signals with L-Sharped Array," IEEE Conference. Sensor Array and Multichannel Signal Processing, Vol. 1, No. 1, pp.261-264, October. 2010.

[12] Yang. Li, Xia. Bai, and Ran Tao, "Estimation and Analysis of Lacunarity of Scattering Signals at Different Incident Angles," IEEE Conference. International Signal Processing , Vol. 1, No. 1, pp.2184 -2187, October. 2010.

[13] M. Kim, K. Ichige, and H. Arai, "DOA-based Adaptive Array Antenna Testbed System," IEEE Conference Wireless Communication Technology, Vol. 1, No. 1, pp.374 - 375, October. 2003.

[14] M. Khandaker, I. Islam, and M. R. Amin, " Adaptive Beamforming of Linear Array Antenna System with Provision of Sidelobe Cancellation," IEEE Conference. International Computer and Information Technology, Vol. 1, No. 1, pp.1-4, December. 2007.

저 자 소개



**이 관 형**  
 1994 : 청주대학교 전자공학과 공학사.  
 1996 : 청주대학교 전자공학과 공학석사.  
 2004 : 청주대학교 전자공학과 공학박사.  
 현 재 : 대전대학교 통신공학과 전임강사.  
 관심분야 : 유비쿼터스  
 Email : khlee@daejin.ac.kr



**송 우 영**  
 1977 : 연세대학교 전자공학과 공학사.  
 1981 : 연세대학교 전자공학과 공학석사.  
 1988 : 연세대학교 전자공학과 공학박사.  
 현 재 : 청주대학교 전자정보 공학부 교수.  
 관심분야 : 초고주파공학  
 Email : microwave@cju.ac.kr



**이 명 호**  
 1979 : 광운대학교 전자통신과 공학사.  
 1981 : 연세대학교 전자공학과 공학석사  
 1991 : 연세대학교 전자공학과 공학박사.  
 현 재 : 청주대학교 전자정보 공학부 교수.  
 관심분야 : 데이터통신  
 Email : himmel@cju.ac.kr