

다중 스택 빔 형성을 이용한 고 지향성의 다중 목표물 고각 추정에 대한 연구

이 관 형*, 송우영**, 이명호**

A Study on Multi Target Elevation Angle Estimation of High Directivity using Multi Stacked Beam Forming

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

요 약

본 논문에서는 다중 빔 형성기법을 이용하여 다중 목표물들의 고각을 추정하는 방법을 제안한다. 이 방법은 배열 소자로 수신되는 신호들을 디지털로 처리해 수신 빔을 스택 빔으로 만들고, 빔 형성기에서는 안테나 소자에 가중치를 적용함으로써 원하는 수신 빔을 생성 할 수 있다. 이때 스택 빔을 구현하기 위해서는 여러 개의 값비싼 위상 천이기 필요하지만, 현재는 컴퓨터의 성능이 많이 향상되어 위상변위기 대신에 고속 푸리에 변환을 이용하여 다중 스택 빔을 형성한다. 또한 수신기에서 원하는 방향으로 빔을 조향하기 위해서 빔 조향 오차 보정 기법을 적용하여 다중 빔의 지향성을 향상 시킨다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 통하여 고속 후리어 변환과 빔 조향오차 보정 기법에 근거를 둔 제안된 고각 추정방법이 기존의 방법에 비해 목표물 추정 면에서 우수함을 보인다.

▶ Keyword : 배열 안테나, 다중 빔, 스택 빔, 빔 조향, 도래 방향 추정, 고속 푸리에 변환

Abstract

In this paper, we propose a multi target's elevation angle estimation method using multi beam forming technique. This method make a stacked beam to digital processing a received signal in array element. There can be desired receiving beam to application weight value at antenna element in beam forming. Currently, we are to make multi stacked beam using fast fourier transform in stead of phase shifter to be a computer performance much improvement. Also, we improve multi beam directivity using beam steering error correction technique in

• 제1저자 : 이관형 교신저자 : 해당사항 없음.

• 투고일 : 2011. 04. 05, 심사일 : 2011. 05. 04, 게재확정일 : 2011. 05. 16.

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

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

order to beam steering to desired direction in receiver. Through simulation, we show that the proposed elevation estimation method based on fast fourier transform and beam steering error correction technique, improves the performance of target estimation compared to previous method.

▶ Keyword : Array antenna, Multi beam, Stacked beam, Beam steering, Direction of arrival estimation, Fast fourier transform

I. 서론

레이더는 전파를 이용하여 수신신호로 목표물을 탐지 추적한다. 레이더는 목표물의 속도, 방위각, 고각, 거리등의 정보를 추출할 수 있다. 특히, 군사용 레이더는 무기체계의 반응속도를 감소시키기 위해 신속하고, 정확한 거리, 방위각 및 고각에 대한 위치와 속도 정보를 동시에 제공해야 한다. 목표물의 정보를 추정하기 위해서 레이더에 적용되는 기술은 다양한 방식이 있으며 지금 까지 많은 연구가 진행되고 있다 [1-2]. 본 논문의 목표는 다중 빔 형성기법(Multi beamforming)을 이용하여 다중 목표물들의 정확한 고각정보를 추정하고 적용범위는 레이더에 사용한다. 다중 빔 형성기법은 적응 배열 안테나를 이용하여 원하는 방향으로부터 신호를 수신하거나 원하는 방향으로 신호를 전달하는 목적으로, 안테나에서 방사된 에너지가 공간상에서 특정한 방향으로 송수신하는 기술이다[3]. 이와같은 방법을 공간적인 필터링이라고 하며 적응 안테나 배열을 이용하여 수행한다. 적응 배열안테나로부터 수신된 신호는 다양한 형태의 신호처리를 하고, 위상이나 진폭 측정으로 공간의 몇몇 다른 방향에서 도달하는 신호들에서 동시에 일어나는 도래방향에 대한 정보를 예측할 수 있다. 적응 배열 안테나는 안테나의 개구면에 있는 많은 위치에서 신호를 수신한 후 각각의 배열 소자로부터의 신호들을 복소 신호로 변환하여 고속 디지털 처리기로 전송한다. 이 처리 과정의 최종 결과는 공간상에서 서로 다른 방향을 가지는 빔들의 집합이 된다[4]. 다중 방사하는 소자들의 구조는 배열 안테나들이 하나의 커다란 안테나의 성능과 비슷한 성능을 얻기 위하여 배열로 사용된다. 하나의 커다란 안테나와 관련된 기계적인 문제들은 몇 개의 소형 안테나들을 급전하는 전기적인 문제들로 바뀌어서, 배열의 각 소자 안테나에서 여기 전류의 위상을 변화시켜 공간을 통해 방사된다[5].

본 논문이 구성요소는 II장에서는 관련연구를 서술하였고, III장에서는 다중 빔 형성기법 과 빔 조향 알고리즘에 대해서 기술하였다. IV장에서는 목표물에 대한 다중 빔을 적용하여 목표물의 고각을 추정하기위한 알고리즘을 연구하였다. V장

에서는 모의실험을 통하여 본 연구에서 제안된 방법과 기존의 방법을 비교하여 성능을 분석하여 결론을 맺었다.

II. 관련 연구

목표물 추정하기위해 초기에 적용된 기술은 지표면 반사로 형성되는 다중경로 널 현상을 이용하는 방식과 기계적으로 빔을 조향하는 방식이 연구되었다[6]. 이 방식은 원하는 목표물 정보를 정확히 얻을 수 없어 다른 대안 방법이 필요하다. 대안 방법중의 하나가 빔 전환 기술로 안테나 중심축 위 아래에 두개로 분리된 동일한 수신 빔을 형성시켜, 2개 빔을 스위칭 하면서 관측된 신호의 진폭을 동일하게 하여 목표물을 정확하게 안테나 중심축에 유지할 수 있다. 또한, 접시형안테나를 사용하는 원뿔조향(Conical scanning)방식 채택으로 목표물을 안테나 중심에 있도록 이격 오차신호를 감소시키는 방법이 연구되었다[7]. 이러한 기술이 더욱 발전하여 현재는 대부분 이격 각도 측정에는 모노펄스 기술이 적용되고 있다. 목표물의 거리, 방위각, 및 고각 정보를 동시에 획득 할 수 있는 방법은 일반적으로 방위각 방향으로 기계적으로 회전시키고, 고각 방향으로 빔을 조향하거나 고정된 한개 또는 다중 빔을 사용하는 기술이 연구 되었다[8-9]. 그리고 다중 빔 형성기법에는 단축 배열법(Systolic array method)과 고속 푸리에 변환(Fourier transform method) 이 있다 [10-11]. 고속 푸리에 변환법은 단축 배열법에 비하여 하드웨어를 작은 회로로 구현할 수 있다.

본 연구에서는 고속 푸리에 변환법을 적용하였다. 지금까지는 하나의 빔으로 전자적 빔 조향기능을 이용하여 고각방향을 순차적으로 스캔하고, 수신기에서 해당 고도방향의 수신신호를 전송하면 신호처리기에서 목표물 탐지과정을 수행하였다. 이는 수신기의 이동이 빈번한 경우에는 빔 운용의 최적화가 매우 어렵다는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 고각 방향의 전체를 탐색할 수 있는 다중 빔을 이용하여 고각 빔을 최적화 하였다

III. 다중 빔 형성 기법 및 오차 빔 조향 알고리즘

1. 다중 빔 형성 기법

디지털 빔 형성은 여러 방향에서 배열소자로 수신되는 신호들을 디지털적으로 처리해 스택 빔 형태로 만든다. 디지털 빔 형성에서 원하는 수신 빔을 형성하고자 할 때는, 각 배열 안테나 소자에 가중치를 적용함으로써 수신 빔을 생성할 수 있다. 본 논문에서는 적용 배열안테나를 적용하였으며, 직사각형의 안테나 개구는 팬 빔을 만들 수 있으며, 정사각형 또는 원형개구는 팬슬 빔을 만들 수 있다. 그림 1은 배열 안테나 간격이 d 만큼 이격되었고, 동일한 간격으로 배치된 N 개의 소자로 구성된 배열안테나 이다. 또한 배열소자는 동등한 크기와 위상으로 전 방향에서 일정하게 방사하는 등방형 안테나이다. 그림 1에서 가장 왼쪽의 배열 소자를 기준신호로 한다. 배열 소자의 전압크기는 1이고, 근접한 배열 소자간 위상 차이가 ϕ 라면 각각의 배열 소자로 부터의 전압을 합한 출력 신호 Y 는 다음과 같이 나타낼 수 있다[5].

$$Y = \sin \omega t + \sin(\omega t + \phi) + \sin(\omega t + 2\phi) \dots (1) \\ \dots + \sin[\omega t + (N-1)\phi]$$

여기서 ω 는 신호의 각주파수이며, 식(1)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y = \sin \left[\omega t + (N-1) \frac{\phi}{2} \right] \cdot \frac{\sin(N\phi/2)}{\sin(\phi/2)} \dots (2)$$

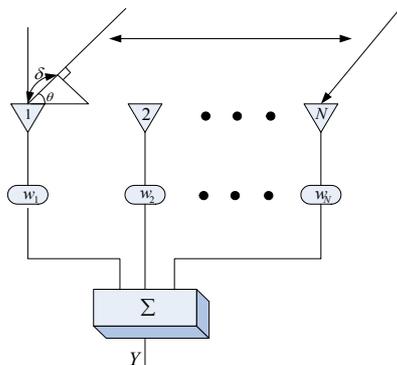


그림 1. DBF 안테나
Fig. 1. DBF Antenna

식(2)의 첫 번째 항목은 주파수가 ω 이고 위상편이가 $(N-1) \cdot \phi/2$ 인 사인파이며, 두 번째 항목은 $\sin(N\phi/2)/\sin(\phi/2)$ 의 형태를 가진 진폭이다. 따라서 방사패턴은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$|S_A(\theta)| = \left| \frac{\sin[N\pi(d/\lambda)\sin\phi]}{\sin[\pi(d/\lambda)\sin\phi]} \right| \dots (3)$$

식(3)에서 L'Hopital의 법칙을 적용하면, $\sin\theta = \pm n\lambda/d$ $n=0,1,2,\dots,N$ 일 때마다 $|Y(\theta)|$ 가 최대가 된다는 것을 알 수 있다. 이들 최대값은 모두가 동일한 값을 가지며 N 과 같아진다. 식(3)은 기본적으로 등방형의 소자에 적용되지만, θ 에서 방사량이 최대가 되도록 설계된 안테나 방사 소자는 일반적으로 $\theta = \pm 90^\circ$ 방향에서는 무시할 만큼 작게 방사한다. 따라서 실제 방사 소자 패턴은 $\pm 90^\circ$ 에서 그레이팅 로브를 감소시킬 수 있다. 이것은 스캔하지 않는 배열에서 배열 소자간의 간격을 한 파장이 되게 하는 이유이다. 배열안테나에서 각 배열 소자 전에 위상조절 가능한 위상 변위기가 있어야 하며, 이들을 개별적으로 통제함으로써 원하는 송수신 빔 패턴을 만들 수가 있다. 한편 각 배열소자에 위상 변위기가 한 개씩 있을 경우에는 한 시점에 한 개의 빔 패턴만을 만들 수가 있다. 만약 스택 빔 형태와 같이 동시에 여러 개의 빔 패턴을 형성하기 위해서는 각 배열 소자에 패턴 개수 만큼의 위상 변위기가 있어야 하고 이들을 동시에 통제해야 한다. 그래서 스택 빔을 구현하기 위해서는 값비싼 위상 변위기가 많이 필요하며 구현 비용이 많이 든다. 하지만, 최근 들어 컴퓨터의 성능이 크게 발전함에 따라서 다수의 위상변위기의 역할을 대신하여 고속 후리어 변환을 이용해 디지털적으로 스택 빔 패턴을 만드는데 이를 디지털 빔 형성이라고 한다.

2. 다중 빔 형성 오차 보정 빔 조향 알고리즘

디지털 빔 형성에서 원하는 수신 빔을 연산에 의해서 형성할 때, 각 안테나 소자에 적용되는 위상과 크기를 보정함으로써 효과적인 빔을 생성할 수 있다. 디지털 빔 형성의 성능은 안테나 소자에 수신되는 많은 위상과 크기 오차들이 보정되지 않는다면 성능이 크게 감소된다. 이러한 안테나 위상 및 크기의 오차보정이 디지털 빔 형성알고리즘이 수행 되기전에 수정 가중치들을 곱함으로써 보정 될 수 있다. 여기서 이용되는 수정 가중치 값들은 안테나 보정과정을 통해서 구해질 수 있다. 그리고 이 값들은 각 주파수에 따라 분리된 형태로 존재한다. 여기서 N 채널 응답 벡터는 다음과 같이 나타낼 수 있다.[12]

$$\epsilon(f) = \begin{bmatrix} a_1 e^{-j2\pi f d \sin(\theta)} \\ a_2 e^{-j2\pi f 2d \sin(\theta)} \\ \vdots \\ a_N e^{-j2\pi f N d \sin(\theta)} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (4)$$

여기서, a_N 은 진폭, θ 은 위상, f 는 중심주파수, N 전체 배열안테나 소자 수 이다. 채널의 응답진폭이 1이고 위상이 0 인 기준채널로 설정하면 식(1)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\epsilon(f) = [1 \quad \epsilon_2(f) \quad \dots \quad \epsilon_N(f)]^T \dots\dots\dots (5)$$

여기서 $\epsilon_N = a_N \exp(-j2\pi f N d \sin(\theta))$ 이고, 식(5)와같이 수정된 안테나 출력 값은 수정되지 않은 안테나 출력 값을 식(6)과 같이 대각행렬로 곱함으로써 구해진다.

$$E_1(f) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \epsilon(f) \dots\dots\dots (6)$$

여기서, $E_1(f)$ 는 수정된 채널들의 출력값 이다. 배열안테나 소자에 입사되는 신호들을 우리가 원하는 방향으로 조향하는 경우가 있는데 이때 필요한 알고리즘이 빔 조향 알고리즘이다. 이 경우는 전자적인 보상과 재머 널링에 사용된다. θ 방향으로 입사되는 평면파를 고려한다면 근접한 배열 소자들 간의 경로차이는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\delta(\theta) = \frac{-2\pi f d \sin(\theta)}{c} \dots\dots\dots (7)$$

목표물이 안테나에서 원거리(far field)에 있다고 가정한다. 서로 다른 안테나 소자에 수신되는 신호의 크기는 같고, 채널의 위상과 크기가 보정된 신호의 출력은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$z_1(f, \theta) = \frac{1}{\sqrt{N}} e^{-j\psi} \begin{bmatrix} e^{-j\frac{2\pi f d \sin(\theta)}{c}} \\ e^{-2j\frac{2\pi f d \sin(\theta)}{c}} \\ \vdots \\ e^{-Nj\frac{2\pi f d \sin(\theta)}{c}} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (8)$$

여기서, ψ 는 신호의 절대위상을 나타낸다. 배열 안테나의 이득 패턴은 조향 각도에 대해 $\cos(\theta)$ 로 감소되므로, 안테나 소자의 이득함수 영향을 고려한 보정된 신호는 다음과 같

이 나타 낼 수 있다.

$$z_2(f, \theta) = \frac{[\cos(\theta)]^{0.5}}{\sqrt{N}} e^{-j\psi} \begin{bmatrix} e^{-j\frac{2\pi f d \sin(\theta)}{c}} \\ e^{-2j\frac{2\pi f d \sin(\theta)}{c}} \\ \vdots \\ e^{-Nj\frac{2\pi f d \sin(\theta)}{c}} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (9)$$

방사 빔이 최대이득을 갖기 위해서 배열안테나는 중심축(boresight)이 기울어진 상태로 설치되어 있다. 적응 배열안테나에서 입사각 θ 와 안테나 최대 빔 위치번호 k 사이의 관계식은 다음과 같이 나타 낼 수 있다.

$$k = N \frac{d}{\lambda} \sin\theta \dots\dots\dots (10)$$

N 개의 이산신호로 이루어진 $x(n)$ 에 대한 이산 푸리에 변환(Discrete Fourier Transform)의 정의는 다음과 같이 나타낼 수 있다[13].

$$X(k) = D[x(n)] = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j2\pi kn/N} \dots\dots\dots (11)$$

$k = 0, 1, 2, \dots, N-1$ 여기서 W_N^{nk} 는 회전인자이며 다음과 같이 나타 낼 수 있다.

$$W_N^{nk} = e^{-j2\pi kn/N} \dots\dots\dots (12)$$

회전인자는 크기가 1인 단위원의 원주 상을 $1/N$ 만큼 움직이는 점으로서, 다음과 같은 주기성을 가진다.

$$W_N^{k+IN} = W_N^k \dots\dots\dots (13)$$

I 는 정수이다. 예를 들어 $N = 8$ 인 경우 이산 푸리에 변환 결과는 다음과 같이 전개 할 수 있다.

$$X[k] = \sum_{n=0}^7 x(n) W_n^{kn} \dots\dots\dots (14)$$

식(14)를 전개해보면, 회전인자 W_N^{nk} 의 곱은 위상이 더해짐을 의미하기 때문에 한 개의 이산 푸리에 변환 결과가 특정 각도 θ 를 입사각으로 하는 한 개의 빔 패턴이 됨을 알 수 있다. 그리고, 입사각 θ 는 배열 소자간 거리 d 의 다음과 같은 관계를 가진다.

$$\frac{2\pi k}{N} = 2\pi \frac{c}{\lambda} d \sin\theta \dots\dots\dots (15)$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{\lambda}{d} \cdot \frac{k}{N}\right) \dots\dots\dots (16)$$

즉 N-point 이산 푸리에 변환의 k번째 출력은 샘플 간 위상차가 $2\pi k/N$ 인 입력신호를 표현하기 때문에, 배열 소자간 위상차가 $\phi = 2\pi f d \sin\theta$ 일 때 k번째 빔에서 출력이 나타난다.

여기서, $k = -N/2, \dots, 0, \dots, N/2 - 1$ 이고, d는 안테나 소자간격, λ 는 파장, $\theta \equiv \theta_c$ 라고 한다면 식(16)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{\lambda}{d} \cdot \frac{k}{N}\right) \dots\dots\dots (17)$$

안테나 틸팅 각도는 중심주파수에서 배열안테나의 간격이 $\lambda/2$ 이다. 이때 수신신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$z(f, \theta) = \frac{[\cos(\theta - \theta_c)]^{0.5}}{\sqrt{N}} \begin{bmatrix} e^{-j\beta \sin(\theta - \theta_c)} \\ e^{-2j\beta \sin(\theta - \theta_c)} \\ \vdots \\ e^{-Nj\beta \sin(\theta - \theta_c)} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (18)$$

원하는 각도에 최대이득이 되기 위해서는 각 채널에 정규화 된 가중치를 곱함으로써 최대 출력을 나타낼 수 있다. 여기서 만약 이득 값을 고려한다면 최적의 가중치 벡터는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$W(f, \theta) = \frac{1}{\sqrt{N}} \begin{bmatrix} e^{j\frac{2\pi f d \sin(\theta)}{c}} \\ e^{j\frac{2\pi f d \sin(\theta)}{c}} \\ \vdots \\ e^{j\frac{2\pi f d \sin(\theta)}{c}} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (19)$$

식(19)는 신호 위상성분의 복소 공액을 나타내며, 푸리에 가중치들이다. 빔 형성 가중의 행렬은 특정 방향으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$W(f, \theta) = [w(f, \theta_1), w(f, \theta_1), \dots, w(f, \theta_N)] \dots\dots\dots (20)$$

출력신호는 다음과 같이 행렬연산으로 나타낼 수 있다.

$$Y(f, \theta) = W(f, \theta)^T z(f, \theta - \theta_c) \dots\dots\dots (21)$$

여기서, $Y(f, \theta - \theta_c)$ 는 $\theta - \theta_c$ 방향으로부터 수신되는 출력신호가 원하는 신호의 지향방향으로 최대이득이 되도록 한다.

IV. 모의실험

본 논문의 모의 실험 조건은 안테나 배열 16개, 신호대 잡음비 25dB, 배열안테나 간격 반파장, 스냅샷은 100회로 하였다. 그림2는 본 논문에서 제안 방법으로 고각 빔을 추정한 그래프이다. 예상 추정고각은 0°도로 정확히 빔을 추정하고 있다. 그러나 그림3은 기존의 방법으로 고각빔을 추정한 그래프이다. 약 3°의 오차 범위를 나타내고 있다. 그림2가 그림3보다 고각빔을 정확히 지향하는 것을 알 수 있으며 오차범위가 감소하여 분해능이 향상된 것을 알 수 있다. 그림 4는 다중 빔과 오차 보정 빔 조향 알고리즘을 적용하여 다중 목표물의 위치를 나타낸 고각 빔 패턴 그래프이다. 다중 목표물의 위치는 0o , 30o, 50o, 60o 이며 이 방향에서 고각으로 목표물들의 위치를 정확히 빔 조향하고 있다. 그러나 다중 목표물들의 고각 빔들이 약 5° 이내로 들어오면 본 논문에서 제안한 방법의 분해능이 감소하였다. 그림 5는 중심주파수에서 형성되는 고각 다중 수신 빔을 나타내었다. 안테나 좌표계에서 정현 공간 기준일 경우는 빔 간격 및 빔 폭이 일정하게 나타나는 것을 알 수 있다. 사용주파수가 높아지면 배열 안테나의 간격이 협소해져 전체 빔 조향 범위가 감소한다. 수신 빔 패턴에서 부엽준위상의 널이 상호 일치됨을 확인하였으며 이는 단순 안테나 고각회전으로 적용 널링방식이 적용가능하다는 것을 의미한다. 본 논문에서는 다중 빔을 이용하여 목표물을 정확히 추정하고 연구하였다. 목표물이 하나 또는 그 이상 일때도 목표물에 대한 위치를 정확히 추정하였다. 본 연구에서 연구한 방법이 기존에 연구되었던 방법보다 보다 정확한 목표물 추정을 하는 것을 확인하였다.

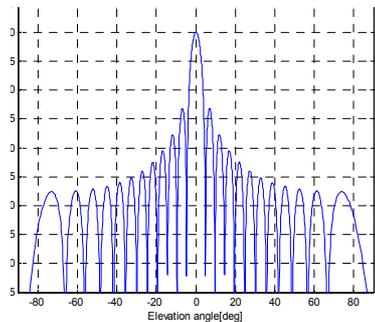


그림 2 제안 고각 빔패턴
Fig. 2 proposed elevation Beam Pattern

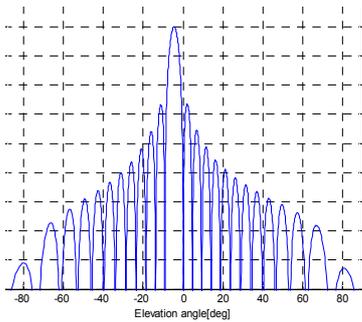


그림 3. 기존 고각 빔패턴
Fig. 3 General elevation Beam Pattern

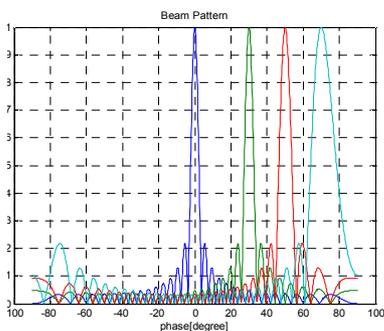


그림 4. 오차보정 고각 빔 패턴
Fig. 4. Error correction elevation beam pattern

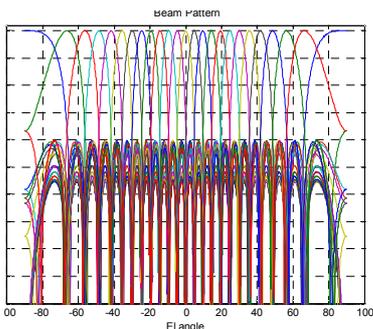


그림 5. 고각 다중 수신 빔 패턴
Fig. 5. Elevation Multi receive beam pattern

V. 결론

정확한 목표물 추정하기 위해서 지금 까지 많은 연구가 발전되어 왔다. 연구된 방법은 스마트 안테나를 이용한 빔 형성 기법과 MUSIC, ESPRIT 등 많은 도래방향 알고리즘이 연

구되었다. 그리고 부 배열을 이용한 부 배열 빔 형성 알고리즘 방법이 현재 연구되고 있다. 위와 같은 방법은 계산량이 너무 복잡하여 현재 실시간 처리에 적용되지 못하고 있으며 향후 하드웨어가 발전되면 적용될 것으로 사료된다. 본 논문에서는 목표물의 위치를 정확히 추정하기 위해서 하드웨어가 비교적 간단한 고속 푸리에 변환 방법과 빔 조향 오차 방법을 이용하여 다중 목표물을 추정 하였다. 일반적으로 하나의 빔으로 전자적 빔 조향기능을 이용하여 고각방향을 순차적으로 스캔하고, 수신기에서 해당 고도방향의 수신신호를 전송하면 신호 처리기에서 목표물을 추정하였다. 이 방법은 수신기의 이동이 빈번한 경우에는 빔 운용의 최적화가 매우 어렵다는 문제점이 있다.

디지털 빔 형성은 여러 방향에서 배열소자로 수신되는 신호들을 디지털적으로 처리해 스택 빔 형태로 만든다. 디지털 빔 형성에서 원하는 수신 빔을 형성하고자 할 때는, 각 배열 안테나 소자에 가중치를 적용함으로써 수신 빔을 생성할 수 있다. 본 논문에서는 적응 배열안테나를 적용하여 빔형성을 하였다. 빔 형성기법은 적응 배열 안테나를 이용하여 원하는 방향으로부터 신호를 수신하거나 원하는 방향으로 신호를 전달하는 목적으로, 안테나에서 방사된 에너지가 공간상에서 특정한 방향으로 지향성을 높이는 기술이다. 본 논문에서 제안한 방법과 기존의 방법을 비교 분석한 결과 본 논문에서 제안한 방법이 하드웨어 복잡도를 감소시킬 수 있고 처리시간을 감소시킬 수 있어 본 논문의 방법이 우수함을 입증하였다.

참고문헌

- [1] M. kurum, R.H. Lang, and P.E. O'Neil, "L- Band Radar Estimation of Forest Attenuati on for Active/Passive Soil Moisture Inversion," IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sen sing, Vol. 47, No. 9, pp. 3026-3040, Septe mber 2009.
- [2] X. Zhang, and D. Xu, "Low-complex ESPRIT -based DOA Estimation for colocated MIMO Radar using Reduce-Dimension Transformatio n," IEEE Letters. on Electronic, Vol. 47, No. 4, pp.283-284, February 2011.
- [3] Hoon Ahn, Boris Tomasic, and Shiang Liu, "Digital Beamforming in a Large Conformal Phased Array Antenna for Satellite Operations Support - Architecture, Design, and

Development," IEEE Conference on Phased Array System and Technology, pp.423-431, October 2010.

[4] T.M. Abdulmonem, A. Elshohby, A. Shokry, and I.A. Eshrah, "Adaptive Antenna for Wi-Fi system Enhancement," IEEE Potentials, Vol. 30, pp.30-34, February 2011.

[5] B.Allen, and M. Ghavami, "Adaptive Array Systems," John Wiley, pp.97-133, 2005.

[6] David K.Barton, "Radar System Analysis and Modeling," Artech House, pp.311-378, 2005.

[7] M.E. Bialkowski, and N.C. Karmakar, "A Beamforming network for a Compact Circular Switch-Beam Array Antenna," IEEE Microwave Conference Asia Pacific, pp.869-872, Vol. 3, November 1999.

[8] B. Cantrell, F. Willwerth, L. Leibowitz, and C. Parr is , "Development of a Digital Array Radar", IEEE Aerospace and Electronic System Magazine, Vol.17, pp.22-27, March 2002.

[9] Yu. Kai-Bor and David J. Murrow, "Adaptive Digital Beamforming for Preserving Monopulse Target Angle Estimation Accuracy in Jamming", IEEE Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop , pp.454-458, March 2000.

[10] MK, Stojcev, E.I. Milovanovic, S.R. Markovic, and I.Z. Milovanovic, "Synthesis of Orthogonal Systolic Arrays for Fault-tolerant Matrix Multiplication," IEEE on Microelectronics Proceeding 27th International Conference, pp.327-334, May 2010.

[11] R.Trider, "A Fast Fourier Transform based Sonar Signal Processor," IEEE on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 1, pp.389-393, April 1976.

[12] Yikun. Huang and M. Panique, "Performance Analysis of a null Steering Algorithm," IEEE Conference on Antennas and Propagation Society International Symposium, pp.4212-4215, June 2007.

[13] J. Barhen, T. Humble, and M. Traweck, "FFT based Sonar Array Beamforming without Corner Tuning," IEEE Conference on New Trends for Environmental Monitoring Using Passive System, pp.1-6, October 2008.

저 자 소개



이 관 형

1998 : 강릉영동대학 정보통신과 조교수.
 2004 : 청주대학교 전자공학과 비정년교원
 2007: 국방과학연구소 선임연구원
 현 재: 대전대학교통신공학과 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 : 청주대학교전자정보공학부 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 : 청주대학교전자정보공학부 교수.
 관심분야: 데이터통신
 Email : himmel@cju.ac.kr