



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0049394
(43) 공개일자 2014년04월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01S 19/35 (2010.01)

(21) 출원번호 10-2012-0115596

(22) 출원일자 2012년10월17일

심사청구일자 2012년10월17일

기술이전 희망 : 기술양도, 실시권허여, 기술지도

(71) 출원인

조선대학교산학협력단

광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)

(72) 발명자

황석승

광주광역시 광산구 장덕로6번길 35, 105동 1701호 (장덕동, 수완진홍더루벤스아파트)

(74) 대리인

특허법인 충정

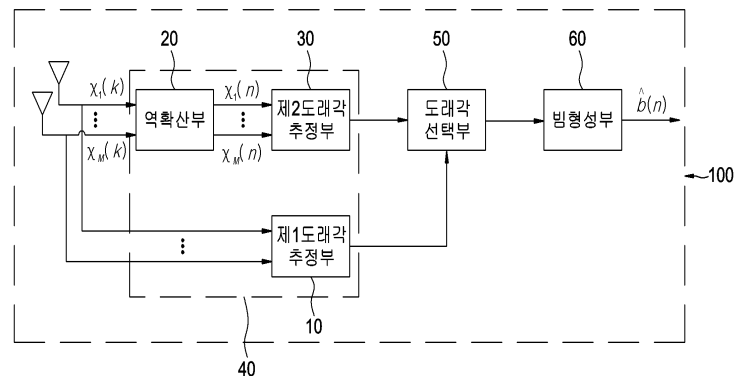
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 지피에스 도래각 선택 시스템 및 그 선택 방법

(57) 요약

본 발명은 고의적 또는 비고의적 간섭들로부터 영향을 받는 GPS 수신신호에서 간섭들을 제거하고 효율적인 데이터 수신을 위해 GPS의 정확한 도래각(AOA; angle-of-arrival) 추정하는 기술에 관한 것으로, 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템은 적어도 하나 이상의 안테나 어레이 요소를 포함하는 GPS 수신기의 수신안테나와 연결되어, 역확산 이전 수신신호의 제1AOA와 역확산 이후 수신신호의 제2AOA를 결정하는 도래각추정부 및 상기 제1AOA와 상기 제2AOA를 비교하여, 상이한 피크값을 선택하는 도래각선택부를 포함하는 것을 기술적 특징으로 한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	20120008837
부처명	교육과학기술부
연구사업명	기초연구실용성사업
연구과제명	스마트 그린 건설기술 개발 및 실용화
기 여 율	1/2
주관기관	조선대학교 산학협력단
연구기간	2011.09.01 ~ 2016.08.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	2012-0593
부처명	교육과학기술부
연구사업명	일반연구자지원사업
연구과제명	이동로봇을 위한 하이브리드 위치추정 수신기 연구
기 여 율	1/2
주관기관	조선대학교 산학협력단
연구기간	2011.09.01 ~ 2016.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

적어도 하나 이상의 안테나 어레이 요소를 포함하는 GPS 수신기의 수신안테나와 연결되어, 역확산 이전 수신신호의 제1AOA와 역확산 이후 수신신호의 제2AOA를 결정하는 도래각추정부 및

상기 제1AOA와 상기 제2AOA를 비교하여, 상이한 피크값을 선택하는 도래각선택부를 포함하는 것을 특징으로 하는 지피에스 도래각 선택 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 도래각추정부는,

수신 안테나와 연결되어, 역확산 이전의 수신신호를 자기상관 행렬로 분석하여, 피크 신호들의 제1AOA를 결정하는 제1도래각추정부;

수신 안테나와 연결되어, GPS 신호의 전력을 간섭 전력 레벨 이상으로 상승시키는 역확산부 및

상기 역확산부에서 출력된 신호를 자기상관 행렬로 분석하여, 피크 신호들의 제2AOA를 결정하는 제2도래각추정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 지피에스 도래각 선택 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1도래각추정부는,

상기 수신 안테나와 연결되어, 역확산 이전 수신신호에 관하여, 자기상관 행렬의 고유구조를 결정하는 제1행렬분석부 및

상기 제1행렬분석부에서 결정된 자기상관행렬을 기반으로 피크 신호들의 제1AOA를 검출하는 제1피크신호검출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 지피에스 도래각 선택 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 자기상관 행렬의 고유구조는 다음 [수학식 5]로 결정되며, 상기 자기상관 행렬은 다음 [수학식 6]로 정의되며,

상기 역확산 이전 수신신호의 제1AOA를 추정하기 위한 함수는 다음 [수학식 7]로 산출되는 것을 특징으로 하는 지피에스 도래각 선택 시스템.

[수학식 5]

$$\mathbf{R}_x \mathbf{\Gamma} = \mathbf{\Gamma} \mathbf{\Lambda}$$

여기서, $\mathbf{R}_x$: 자기상관 행렬

$$\mathbf{\Lambda} = \text{diag} \{ \lambda_1, \dots, \lambda_M \} : \text{대각(diagonal) 행렬}$$

$\{\lambda_i\}$: 고유값(eigenvalue)

$\mathbf{\Gamma}$: 해당 고유벡터(eigenvector) 행렬

[수학식 6]

$$\mathbf{R}_x = E[\mathbf{x}(k)\mathbf{x}^H(k)]$$

[수학식 7]

$$P_M(\theta, \phi) = \frac{1}{\mathbf{a}^H(\theta, \phi) \mathbf{\Gamma}_{M-L} \mathbf{\Gamma}_{M-L}^H \mathbf{a}(\theta, \phi)}$$

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 역확산부는,

동일한 C/A 코드로 구성된 i번째 위성의 PRN 코드 기반($\mathbf{c}_i$)으로 출력되며, 출력은 다음 [수학식 9]로 출력되는 것을 특징으로 하는 지피에스 도래각 선택 시스템.

[수학식 9]

$$\mathbf{x}(n) = \mathbf{a}_c N b(n) + \mathbf{A} \mathbf{s}(n) + \mathbf{v}(n)$$

이때, $b(n)$: GPS 데이터 비트이고,

$$\mathbf{s}(n) = S(n) \mathbf{c}_i \quad S(n) = [\mathbf{s}(k), \dots, \mathbf{s}(k+N-1)] \quad \text{이며,}$$

$$\mathbf{v}(n) = V(n) \mathbf{c}_i \quad V(n) = [\mathbf{v}(k), \dots, \mathbf{v}(k+N-1)] \quad \text{임.}$$

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제2도래각추정부는,

상기 역확산부의 출력에 대한 자기상관 행렬의 고유구조를 결정하는 제2행렬분석부 및

상기 제2행렬분석부에서 결정된 자기상관행렬을 기반으로 피크 신호들의 제2AOA를 검출하는 제2피크신호검출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 지피에스 도래각 선택 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 도래각선택부와 연결되어,

선택된 AOA의 간섭신호를 제거하고, GPS 수신 신호를 처리하는 적응 어레이 기반의 빔형성부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 지피에스 도래각 선택 시스템.

청구항 8

적어도 하나 이상의 안테나 어레이 요소를 포함하는 GPS 수신기에 GPS 신호를 수신 시, (a) 제1도래각추정부를 이용하여, 역확산 이전의 수신신호에서 피크 신호들의 제1AOA를 결정하는 단계;

(b) 역확산부 및 제2도래각추정부를 이용하여, 역확산 이후의 수신신호에서 피크 신호들의 제2AOA를 결정하는 단계 및

(c) 도래각선택부를 이용하여, 상기 제1AOA와 상기 제2AOA를 비교하여, 추정된 피크값 중 상이한 피크값을 선택하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 지피에스 도래각 선택 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 (a) 단계는,

(a-1) 제1행렬분석부를 이용하여, 역확산 이전 수신신호에 관하여, 자기상관 행렬의 고유구조를 결정하는 단계 및

(a-2) 제1피크신호검출부를 이용하여, 상기 (a-1) 단계에서 결정된 자기상관행렬을 기반으로 피크 신호들의 제1AOA를 검출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 지피에스 도래각 선택 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

(b-1) 동일한 C/A 코드로 구성된 i번째 위성의 PRN 코드 기반(C_i)의 신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 지피에스 도래각 선택 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 (b-1) 단계 이후에,

(b-2) 제2행렬분석부를 이용하여, 상기 (b) 단계에서 출력된 신호에 대한 자기상관 행렬의 고유구조를 결정하는 단계 및

(b-3) 제1피크신호검출부를 이용하여, 상기 (c-1) 단계에서 결정된 자기상관행렬을 기반으로 피크 신호들의 제2AOA를 검출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 지피에스 도래각 선택 방법.

명세서

기술분야

본 발명은 사용자 및 물체의 위치를 추정하는 지피에스(GPS-Global Positioning System)의 도래각(AOA :

angle-of-arrival) 추정 기술에 관한 것으로, 더 상세하게는 역확산 이전과 이후의 AOA를 비교하여, 정확한 GPS 신호의 AOA를 선택할 수 있는 지피에스 도래각 선택 시스템 및 그 선택 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로, 낮은 전력의 직접 시퀀스 확산 스펙트럼(DSSS; direct-sequence spread-spectrum) 신호를 사용하는 GPS 위성은 1574.42 MHz 반송주파수를 가지는 L_1 과 1227.60 MHz 반송주파수를 가지는 L_2 의 두 가지 타입 신호를 전송한다. 또한 현대화된 GPS는 1227.6 MHz 반송주파수를 가지는 L_{2c} 와 1176.45 MHz 반송주파수를 가지는 L_5 두 개의 상용화된 신호를 추가로 사용한다.
- [0003] 종래 다중 안테나 요소들을 사용하는 GPS 안테나를 위한 대부분의 빔형성기들은 GPS 신호의 효과적인 수신을 위하여 정확한 GPS AOA 정보가 필요한데, 높은 잡음 전력 레벨과 높은 간섭신호 전력에 비해 GPS 신호의 전력은 매우 낮으므로, 정확한 GPS AOA의 정보를 추정하는 것은 매우 어렵다.
- [0004] GPS AOA를 추정하기 위해 Multiple Signal Classification(MUSIC)(편의상 종래기술 1이라 함)이나 Estimation of Signal Parameter via Rotational Invariance Techniques(ESPRIT)(편의상 종래기술 2라 함)와 같은 AOA 추정 알고리즘들이 사용 된다.
- [0005] 이러한 종래 AOA 추정 알고리즘들이 뛰어난 AOA 추정 성능을 가지지만, GPS AOA를 추정할 시에는 심각한 문제점을 가진다.
- [0006] 즉, 역확산 이전에는 GPS 전력이 간섭이나 전력에 비해 매우 낮으므로 GPS AOA 추정 자체가 불가능하고, 역확산 이후에 AOA를 추정하여도 추정된 AOA들은 GPS AOA와 간섭들의 AOA 모두를 포함하기 때문이다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0007] (비특허문헌 0001) Y.-T. LEE and J.-H. Lee, "Direction-finding method for cyclostationary signals in the presence of coherent sources," IEEE Trans. on Antennas and Propagation, vol. 49, pp. 1821-1826, Dec. 2001.
- (비특허문헌 0002) F. Antreich, J. A. Nossek, G. Seco, and A. L. Swindlehurst, "The extended invariance principle applied to joint time-delay, frequency, and DOA estimation," in Proc. IEEE International Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing, ICASSP 2008, (Las Vegas, NV), pp. 2485-2488, Apr. 2008.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템의 목적은, 역확산 이전과 이후 신호로 추정된 AOA들을 비교하여, 정확한 GPS 신호의 AOA를 선택할 수 있는 시스템을 제공하는데 있다.
- [0009] 다른 목적, 제1도래각추정부를 포함하여, 역확산 이전 수신신호에 관하여, 자기상관 행렬의 고유구조를 결정하고, 피크 신호들의 AOA를 검출하는데 있다.
- [0010] 또 다른 목적은, 제2도래각추정부를 포함하여, 역확산 이후 수신신호에 관하여, 자기상관 행렬의 고유구조를 결정하고, 피크 신호들의 AOA를 검출하는데 있다.

[0011] 또 다른 목적은, 빔형성부를 더 포함하여, 선택된 AOA의 간섭신호를 제거하는데 있다.

[0012] 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 방법의 목적은, 역확산 이전과 이후 신호로 추정된 제1도래각과 제2도래각들을 비교하여, 추정된 피크값 중 상이한 피크값을 선택할 수 있는 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템은 적어도 하나 이상의 안테나 어레이 요소를 포함하는 GPS 수신기의 수신안테나와 연결되어, 역확산 이전 수신신호의 제1AOA와 역확산 이후 수신신호의 제2AOA를 결정하는 도래각추정부 및 상기 제1AOA와 상기 제2AOA를 비교하여, 상이한 피크값을 선택하는 도래각선택부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템에 있어서, 도래각추정부는 수신 안테나와 연결되어, 역확산 이전의 수신신호를 자기상관 행렬로 분석하여, 피크 신호들의 제1AOA를 결정하는 제1도래각추정부, 수신 안테나와 연결되어, GPS 신호의 전력을 간섭 전력 레벨 이상으로 상승시키는 역확산부 및 상기 역확산부에서 출력된 신호를 자기상관 행렬로 분석하여, 피크 신호들의 제2AOA를 결정하는 제2도래각추정부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템에 있어서, 제1도래각추정부는 상기 수신 안테나와 연결되어, 역확산 이전 수신신호에 관하여, 자기상관 행렬의 고유구조를 결정하는 제1행렬분석부 및 상기 제1행렬분석부에서 결정된 자기상관행렬을 기반으로 피크 신호들의 제1AOA를 검출하는 제1피크신호검출부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템에 있어서, 제2도래각추정부는 상기 역확산부의 출력에 대한 자기상관 행렬의 고유구조를 결정하는 제2행렬분석부 및 상기 제2행렬분석부에서 결정된 자기상관행렬을 기반으로 피크 신호들의 제2AOA를 검출하는 제2피크신호검출부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템은 도래각선택부와 연결되어, 선택된 AOA의 간섭신호를 제거하고, GPS 수신 신호를 처리하는 적응 어레이 기반의 빔형성부를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 방법은 적어도 하나 이상의 안테나 어레이 요소를 포함하는 GPS 수신기의 수신 안테나를 통해 GPS 신호를 수신 시, (a) 제1도래각추정부를 이용하여, 역확산 이전의 수신신호에서 피크 신호들의 제1도래각을 결정하는 단계, (b) 역확산부 및 제2도래각추정부를 이용하여, 역확산 이전의 수신신호에서 피크 신호들의 제2도래각을 결정하는 단계 및 (c) 도래각선택부를 이용하여, 상기 제1AOA와 상기 제2AOA를 비교하여, 추정된 피크값 중 상이한 피크값을 선택하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0019] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템은 역확산 이전과 이후 신호로 추정된 AOA들을 비교함으로써, 정확한 GPS 신호의 AOA를 선택할 수 있으며, 나아가 고 전력 간섭 환경에서 GPS 수신기 성능을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0020] 또한, 제1도래각추정부를 포함함으로써, 역확산 이전 수신신호에 관하여, 자기상관 행렬의 고유구조를 결정하고, 피크 신호들의 제1AOA를 검출할 수 있는 효과가 있다.

[0021] 또한, 제2도래각추정부를 포함함으로써, 역확산 이후 수신신호에 관하여, 자기상관 행렬의 고유구조를 결정하고, 피크 신호들의 제2AOA를 검출할 수 있는 효과가 있다.

[0022] 또한, 빔형성부를 더 포함함으로써, 선택된 AOA의 간섭신호를 제거하고, GPS신호를 효과적으로 수신할 수 있다.

[0023] 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 방법은, 역확산 이전과 이후 신호로 추정된 제1도래각과 제2도래각들을

비교하여, 역확산 이후에 추정된 피크값에서 역확산 이전에 추정된 피크값과 상이한 GPS AOA를 선택할 수 있는 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템의 전체 구성을 나타내는 구성도.
- 도 2는 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템에 있어서, 제1도래각추정부의 상세 구성을 나타내는 구성도.
- 도 3은 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템에 있어서, 제2도래각추정부의 상세 구성을 나타내는 구성도.
- 도 4는 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 방법의 전체 흐름을 나타내는 흐름도.
- 도 5는 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 방법에 있어서, S20 단계의 상세 흐름을 나타내는 흐름도.
- 도 6은 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템에 있어서, S40 단계의 상세 흐름을 나타내는 흐름도.
- 도 7 내지 도 9는 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 방법의 첫 번째 실험에 그래프들.
- 도 10 내지 도 12는 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 방법의 두 번째 실험에 그래프들.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하, 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템 및 그 선택 방법을 실시하기 위한 구체적인 내용을 설명하면 다음과 같다.
- [0026] [도 1]은 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템(100)의 전체 구성을 나타내는 도면으로 크게 도래각추정부(40), 도래각선택부(50) 및 빔형성부(60)를 포함한다.
- [0027] 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템 C/A(coarse acquisition) 코드에 대한 AOA 선택을 고려하며, M개의 안테나 어레이 요소들을 가지는 수신기에 대하여 샘플 인덱스 k 에서의 수신신호 벡터(크기 M)은 다음 [수학식 1]과 같이 주어진다.

수학식 1

$$\mathbf{x}(k) = \mathbf{a}_c c_i(k) b(k) + \mathbf{A} \mathbf{s}(k) + \mathbf{v}(k)$$

[0028]

- [0029] 상기 [수학식 1]에서, $\mathbf{z}$ 는 위성 인덱스이고 다른 변수들은 다음 [표 1]에 요약되어 있다.

표 1

심볼	정의
$\mathbf{a}_c$	GPS 신호에 대한 어레이 응답 벡터(크기 M)
$c_i(k)$	i 번째 위성에 대한 사이클로스테이셔너리(cyclostationary) PRN 코드 요소 (길이 $N=20 \times 30$)
$b(k)$	PRN 코드의 한 사이클 길이 동안 상수(constant)를 유지하는 GPS 데이터 비트
$\mathbf{A}$	$M \times L$ 어레이 응답 행렬
L	간섭 신호들의 개수
$\mathbf{s}(k)$	간섭 신호들의 벡터(크기 L)
$\mathbf{v}(k)$	평균 0과 분산 σ^2 의 i.i.d (independent identically distributed) 특성을 가지는 AWGN(additive white Gaussian noise) 벡터(크기 M)

[0030]

[0031] 본 발명에 있어서, GPS 수신기는 $P \times Q$ ($M=PQ$) 크기를 가지는 격자 안테나 어레이 구조를 사용한다고 가정하며, 상기 [수학식 1]의 어레이 응답 벡터의 i 번째 열은 다음 [수학식 2] 같이 주어진다.

수학식 2

$$\mathbf{a}_i = \begin{bmatrix} 1 \\ e^{-j\zeta_i} \\ \vdots \\ e^{-j(Q-1)\zeta_i} \\ e^{-j\eta_i} \\ e^{-j(\zeta_i + \eta_i)} \\ \vdots \\ e^{-j((Q-1)\zeta_i + (P-1)\eta_i)} \end{bmatrix}$$

[0032]

[0033] 상기 [수학식 2]에서 ζ_i 와 η_i 는 [수학식 3]과 [수학식 4]와 같이 주어지며, θ_i 은 i 번째 신호에 대한 고도각(elevation angle)을 ϕ_i 은 i 번째 신호에 대한 방위각(azimuth angle)을 나타낸다. 또한, 샘플링된 CM(constant modulus) 간섭신호들의 주기는 GPS 의사랜덤 간섭(PRN; pseudorandom noise) 코드의 주기와 같다고 가정한다.

수학식 3

$$\zeta_i = \pi \sin \theta_i \cos \phi_i$$

[0034]

수학식 4

$$\eta_l = \pi \sin \theta_l \sin \phi_l$$

[0035]

[0036] 상기 도래각추정부(40)는 수신안테나와 연결되어, 역확산 이전 수신신호의 제1AOA와 역확산 이후 수신신호의 제2AOA를 추정하는 역할을 하며, 제1도래각추정부(10), 역확산부(20) 및 제2도래각추정부(30)를 포함한다.

[0037] 상기 제1도래각추정부(10)는 수신 안테나와 연결되어, 역확산 이전의 수신신호를 자기상관 행렬로 분석하여, 피크 신호들의 제1도래각을 결정하는 역할을 하며, [도 2]에 도시된 바와 같이, 제1행렬분석부(11) 및 제1피크신호검출부(12)를 포함한다.

[0038] 본 발명에 있어서, 상기 제1행렬분석부(11)는 상기 역확산 이전 수신신호의 자기상관(autocorrelation) 행렬 $\mathbf{R}_x$ 의 고유구조(eigenstructure)를 결정하며, 다음 [수학식 5]와 같이 주어진다.

수학식 5

$$\mathbf{R}_x \mathbf{\Gamma} = \mathbf{\Gamma} \mathbf{\Lambda}$$

[0039]

[0040] 여기서, $\mathbf{R}_x$: 자기상관 행렬

[0041] $\mathbf{\Lambda} = \text{diag} \{ \lambda_1, \dots, \lambda_M \}$: 대각(diagonal) 행렬

[0042] $\{ \lambda_i \}$: 고유값(eigenvalue)

[0043] $\mathbf{\Gamma}$: 해당 고유벡터(eigenvector) 행렬

[0044] 상기 [수학식 5]에서 자기상관 행렬 $\mathbf{R}_x$ 는 다음 [수학식 6]과 같이 정의된다.

수학식 6

$$\mathbf{R}_x = E[\mathbf{x}(k) \mathbf{x}^H(k)]$$

[0045]

[0046] 본 발명에 있어서, 상기 제1피크신호검출부(12)는 상기 제1행렬분석부에서 결정된 자기상관행렬을 기반으로 피크 신호들의 AOA를 검출하는 역할을 하며, 상기 [수학식 5]를 기반으로 수신신호의 제1AOA를 추정하기 위한 함수는 다음 [수학식 7]과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 7

$$P_M(\theta, \phi) = \frac{1}{\mathbf{a}^H(\theta, \phi) \mathbf{\Gamma}_{M-L} \mathbf{\Gamma}_{M-L}^H \mathbf{a}(\theta, \phi)}$$

[0047]

[0048] 상기 [수학식 7]에서 Γ_{M-L} 는 가장 작은 $M-L$ 개의 고유값들에 해당하는 $M-L$ 고유벡터들을 포함하는 열들로 구성되어진 $M \times (M-L)$ 행렬이다. $P_M(\theta, \phi)$ 의 L 개의 가장 큰 피크들로 신호들의 제1AOA를 결정하게 된다.

[0049] 본 발명에 있어서, 역확산 이전의 수신신호들은 GPS 신호, 간섭신호, 잡음들을 포함하지만, GPS 신호의 전력이 잡음 전력 레벨보다 현저히 낮으므로 GPS 신호는 잡음 부분공간에 포함되어 추정된 제1AOA 값들에 포함되지 않는다.

[0050] 하지만, 본 발명에 따른 제1도래각추정부(10)를 통해 추정된 제1AOA 정보들은 역확산 이후의 수신신호로부터 추정된 제2AOA 정보들과 비교되어 GPS 신호의 AOA 정보를 선택하는데 사용될 수 있는 것이다.

[0051] 상기 역확산부(20)는 수신 안테나와 연결되어, GPS 신호의 전력을 간섭 전력 레벨 이상으로 상승시키는 역할을 한다.

[0052] 일반적으로 GPS의 PRN 코드는 각 위성에 대해 고유의 20개의 동일한 C/A 코드로 구성되어 있어 i 번째 위성에 대한 PRN 코드는 다음 [수학식 8]과 같이 정의된다.

수학식 8

[0053]
$$\mathbf{c}_i = [\mathbf{c}_{a_i}, \dots, \mathbf{c}_{a_i}]^T$$

[0054] 상기 [수학식 8]에서 $\mathbf{c}_{a_i}$ 는 길이 1023의 i 번째 위성에 대한 C/A 코드 행벡터이다. $\mathbf{c}_i^T \mathbf{c}_i = N$ ($N=20 \times 1023$)이므로, $\mathbf{c}_i$ 기반의 역확산기 출력은 다음 [수학식 9]와 같이 산출된다.

수학식 9

[0055]
$$\mathbf{x}(n) = \mathbf{a}_c^T \mathbf{b}(n) + \mathbf{A} \mathbf{s}(n) + \mathbf{v}(n)$$

[0056] 상기 [수학식 9]에서 $\mathbf{b}(n)$ 는 GPS 데이터비트이고, 나머지 벡터는 다음 [수학식 10] 내지 [수학식 13]과 같이 정의된다.

수학식 10

[0057]
$$\mathbf{s}(n) = \mathbf{S}(n) \mathbf{c}_i$$

수학식 11

[0058]
$$\mathbf{S}(n) = [\mathbf{s}(k), \dots, \mathbf{s}(k+N-1)]$$

수학식 12

$$\mathbf{v}(n) = \mathbf{V}(n)\mathbf{c}_i$$

[0059]

수학식 13

$$\mathbf{V}(n) = [\mathbf{v}(k), \dots, \mathbf{v}(k+N-1)]$$

[0060]

[0061] 상기 제2도래각추정부(30)는 상기 역확산부(20)에서 출력된 신호를 자기상관 행렬로 분석하여, 피크 신호들의 제2도래각을 결정하는 역할을 하며, [도 3]에 도시된 바와 같이, 제2행렬분석부(31) 및 제2피크신호검출부(32)를 포함한다.

[0062] 상기 제2행렬분석부(31)는 상기 역확산부의 출력벡터 $\mathbf{x}(n)$ 에 대한 자기상관 행렬의 고유구조를 다음 [수학식 14]와 같이 결정하는 역할을 한다.

수학식 14

$$\mathbf{R}_{\mathbf{x}(n)} = E[\mathbf{x}(n)\mathbf{x}^H(n)]$$

[0063]

[0064] 상기 제2피크신호검출부(32)는 상기 제2행렬분석부(31)에서 결정된 자기상관행렬을 기반으로 피크 신호들의 제2AOA를 검출하는 역할을 하며, 본 발명의 실시예에서 수신신호에 한 개의 GPS 신호가 포함된다고 가정했을 때 상기 [수학식 5]와 [수학식 7]을 이용하여 $L+1$ 개의 가장 큰 피크들로부터 GPS 및 간섭을 포함한 AOA 들을 결정한다.

[0065] 이때, GPS 신호의 부분공간은 신호들의 부분공간에 포함되므로 [수학식 7]의 $\mathbf{\Gamma}_{M-L}$ 은 $\mathbf{\Gamma}_{M-L-1}$ 로 바뀐다.

[0066] 즉, 역확산 이후의 GPS 신호 전력은 잡음 전력 레벨과 비교하여 월등히 높으므로 자체 부분공간을 형성하여, GPS 신호의 AOA는 역확산부(20) 출력벡터를 기반으로 한 제2AOA 추정값에 포함된다.

[0067] 상기 도래각선택부(50)는 상기 제1AOA와 상기 제2AOA를 비교하여, 상이한 피크값을 선택하는 역할을 한다.

[0068] 즉, 역확산 이전에 추정된 AOA 정보들은 GPS를 제외한 간섭들의 AOA 들만 포함하고, 역확산 이후에 추정된 AOA 정보들은 GPS 및 간섭신호들의 AOA를 포함한다. 역확산 이전과 이후의 간섭신호들의 AOA들은 서로 일치하므로, 본 발명에 따른 상기 도래각선택부(50)는 역확산 이후의 AOA 정보들에 포함되고 역확산 이전의 AOA 정보들에 포함되지 않는 AOA 값을 GPS 신호의 AOA로 결정한다.

[0069] 상기 빔형성부(60)는 상기 도래각선택부(50)와 연결되어, 선택된 AOA의 간섭신호를 제거하고, GPS 수신 신호를 처리하는 역할을 하며, 본 발명에 따른 상기 빔형성부(60)는 MVDR(minimum-variance-distortionless-response)이나 GSC(generalized sidelobe canceler)와 같은 적응 어레이 기반의 빔형성기로 구현되는 것이 바람직하며, 이를 통해 GPS 신호의 효과적인 수신이 가능하다.

- [0070] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템을 적용 시, 역확산 이전과 이후 신호로 추정된 AOA들을 비교함으로써, 정확한 GPS 신호의 AOA를 선택할 수 있으며, 나아가 고 전력 간섭 환경에서 GPS 수신기 성능을 향상시킬 수 있는 효과를 누릴 수 있다.
- [0071] 이러한 상기 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템을 이용한 지피에스 도래각 선택 방법을 설명하면 다음과 같다.
- [0072] [도 4]는 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 방법의 전체 흐름을 나타내는 도면으로, 먼저, GPS 수신기의 수신 안테나를 통해 GPS 신호를 수신(S10) 시, 제1도래각추정부를 이용하여, 역확산 이전의 수신신호에서 피크 신호들의 제1도래각을 결정하는 단계(S20)를 수행한다.
- [0073] [도 5]는 본 발명에 따른 상기 S20 단계의 상세 흐름을 나타내는 도면으로, 상기 제1행렬분석부(11)를 이용하여, 역확산 이전 수신신호에 관한 자기상관 행렬의 고유구조를 결정하는 단계(S21)를 수행하고, 상기 제1피크신호검출부(12)를 이용하여, 상기 S21 단계에서 결정된 자기상관 행렬을 기반으로 피크 신호들의 제1AOA를 검출하는 단계(S22)를 수행한다.
- [0074] 상기 S20 단계를 통해 GPS를 제외한 간섭들의 AOA 들을 추정할 수 있으며, S21 단계 내지 S22 단계의 구체적인 기술 개념은 상기 제1도래각추정부(10)의 상세 구성 설명에 기재하였으므로 추가 기재는 생략하도록 한다.
- [0075] 본 발명에 따른 상기 S20 단계와 별도로 상기 역확산부(20)를 이용하여, GPS 수신 신호의 전력을 간섭 전력 레벨 이상으로 상승시키는 역확산 단계(S30)를 수행하며, 상기 S30 단계의 구체적인 기술 개념은 상기 역확산부(20)의 상세 구성의 설명에 기재하였으므로 추가 기재는 생략하도록 한다.
- [0076] 다음으로, 역확산 이후의 수신신호에서 피크 신호들의 제2도래각을 결정하는 단계(S40)를 수행한다.
- [0077] [도 6]은 본 발명에 따른 상기 S40 단계의 상세 흐름을 나타내는 도면으로, 상기 제2행렬분석부(31)를 이용하여, 상기 S30 단계에서 출력된 신호에 대한 자기상관 행렬의 고유구조를 결정하는 단계(S41)를 수행하고, 상기 제1피크신호검출부(32)를 이용하여, 상기 S41 단계에서 결정된 자기상관 행렬을 기반으로 피크 신호들의 제2AOA를 검출하는 단계(S42)를 수행한다.
- [0078] 상기 S40단계를 통해 GPS 및 간섭신호들의 AOA를 추정할 수 있으며, S41 단계 내지 S42 단계의 구체적인 기술 개념은 상기 제2도래각추정부(30)의 상세 구성 설명에 기재하였으므로 추가 기재는 생략하도록 한다.
- [0079] 다음으로, 상기 도래각선택부(50)를 이용하여, 상기 제1AOA와 상기 제2AOA를 비교(S40)하여, 추정된 피크값 중 상이한 피크값을 선택하는 단계(S50)를 수행한다.
- [0080] 상기 S40 내지 S50 단계는 역확산 이전에 추정된 AOA 정보들은 GPS를 제외한 간섭들의 AOA 들만 포함하고, 역확산 이후에 추정된 AOA 정보들은 GPS 및 간섭신호들의 AOA를 포함하는 점을 이용하여, 역확산 이후의 AOA 정보들에 포함되고 역확산 이전의 AOA 정보들에 포함되지 않는 AOA 값을 GPS 신호의 AOA로 선택하는 단계이다.
- [0081] 이상에서 설명한 지피에스 도래각 선택 시스템 및 그 선택 방법의 성능확인을 위해 실시한 실험 내용을 설명하면 다음과 같다.
- [0082] 본 발명에 따른 실험에 있어서, 여덟 개의 안테나 어레이 요소들($M=8$)을 사용한다고 가정하였고, 수신신호는 다음 두 가지로 실험예로 구분하였다.
- [0083] 첫 번째 실험예의 수신신호는 한 개의 GPS 신호, 두 개의 CW(continuous-wave) 간섭신호, 두 개의 FM(frequency-modulated) 간섭신호, 두 개의 WB(wideband) 잡음 간섭신호, AWGN(additive white Gaussian noise) 등을 포함하며, 각 신호의 매개변수들을 다음 [표 2]에 요약하였다.

표 2

신호	방위각 (°)	고도각(°)	중심 주파수
GPS	81	71	-
CW	52, -41	71, 71	0.14, 0.24
FM	-71, 38	71, 71	0.20, 0.45
WB	10, -12	71, 71	0.05, 0.35

[0084]

[0085]

본 발명에 따른 두 번째 실험예의 수신신호는 한 개의 GPS 신호, 한 개의 CW 간섭신호, 두 개의 FM 간섭신호, 한 개의 WB 잡음 간섭신호, 두 개의 구형파 간섭신호, AWGN 등을 포함하며, 구형파 간섭신호들은 각각 50 샘플과 500 샘플의 on/off 주기 신호로 가정하며, 각 신호들의 매개변수들은 [표 3]에 요약하였다.

표 3

신호	방위각 (°)	고도각(°)	중심 주파수
GPS	25	-82	-
CW	-85	-82	0.41
FM	54, -42	-82, -82	0.07, 0.19
WB	87	-82	0.29
Pulsed	39, -16	-82	-, -

[0086]

[0087]

또한, 본 발명의 실험예에서, GPS 신호의 신호 대 잡음비(SNR; signal-to-noise ratio)는 -30dB으로 하고, 각 간섭(또는 jammer) 신호들의 간섭 대 신호비(JSR; jammer-to-signal ratio)는 60dB로 설정하였다. 또한, FM 간섭신호의 변조 인덱스(modulation index) β 는 0.05이며, 정규화(normalized)된 변조 주파수 f_m 은 0.001이며 편의상 모든 신호의 고도각은 같은 것으로 설정한다.

[0088]

[도 7]은 첫 번째 실험예의 수신신호 스펙트럼을 나타내며, 두 개의 CW 간섭신호, 두 개의 FM 간섭신호, 두 개의 WB 잡음 간섭신호를 확인할 수 있다. 이때, GPS 신호 전력은 간섭신호 전력 레벨에 비해 현저히 낮으므로 그림 2에서 GPS 신호의 스펙트럼은 확인할 수 없다.

[0089]

[도 8]은 첫 번째 실험예에서 역확산 이전 수신신호를 기반으로 한 MUSIC 비용함수(cost function)를 나타내며, 여섯 개의 간섭신호들에 대한 여섯 개의 피크들을 확인할 수 있다.

[0090]

[도 9]는 첫 번째 실험예에서 역확산 이후 수신신호를 기반으로 한 MUSIC 비용함수를 나타낸다. 그림 5로부터 역확산 이후의 MUSIC 비용함수는 한 개의 GPS 신호와 여섯 개의 간섭신호들에 대한 일곱 개의 피크들을 포함한다는 것을 확인할 수 있다.

[0091]

즉, [도 8]에는 포함되지 않고, [도 9]에 포함되는 피크값에 해당하는 81° 를 첫 번째 실험예의 GPS 방위각으로 선택할 수 있는 것이다.

[0092]

[도 10]은 본 발명에 따른 두 번째 실험예의 수신신호 스펙트럼을 나타내고, 한 개의 CW 간섭신호, 두 개의 FM 간섭신호, 한 개의 WB 잡음 간섭신호를 확인할 수 있다. 이때, 두 개의 구형파 간섭신호는 모든 주파수 대역에 걸쳐 존재하며, GPS 신호 전력은 첫 번째 시나리오와 마찬가지로 간섭신호 전력 레벨에 비해 현저히 낮으므로 [도 10]에서 GPS 신호의 스펙트럼은 확인할 수 없다.

[0093]

[도 11]은 두 번째 실험예의 역확산 이전 수신신호를 기반으로 한 MUSIC 비용함수를 나타내며, 여섯 개의 간섭

신호들에 대한 여섯 개의 피크들을 확인할 수 있다.

[0094] [도 12]는 두 번째 실험예의 역확산 이후 수신신호를 기반으로 한 MUSIC 비용함수를 나타내며, 역확산 이후의 MUSIC 비용함수는 한 개의 GPS 신호와 여섯 개의 간섭신호들에 대한 일곱 개의 피크들을 포함한다는 것을 확인할 수 있다.

[0095] 따라서 [도 11]에는 포함되지 않고, [도 12]에 포함되는 피크값에 해당하는 25° 를 두 번째 실험예의 GPS 방위각으로 선택할 수 있는 것이다.

[0096] 이처럼 본 발명에 따른 지피에스 도래각 선택 시스템 및 그 방법을 통해 고전력 간섭 환경에서 역확산 이전과 이후 신호로 추정된 제1도래각과 제2도래각들을 비교하여, 정확한 GPS AOA를 선택할 수 있는 것이다.

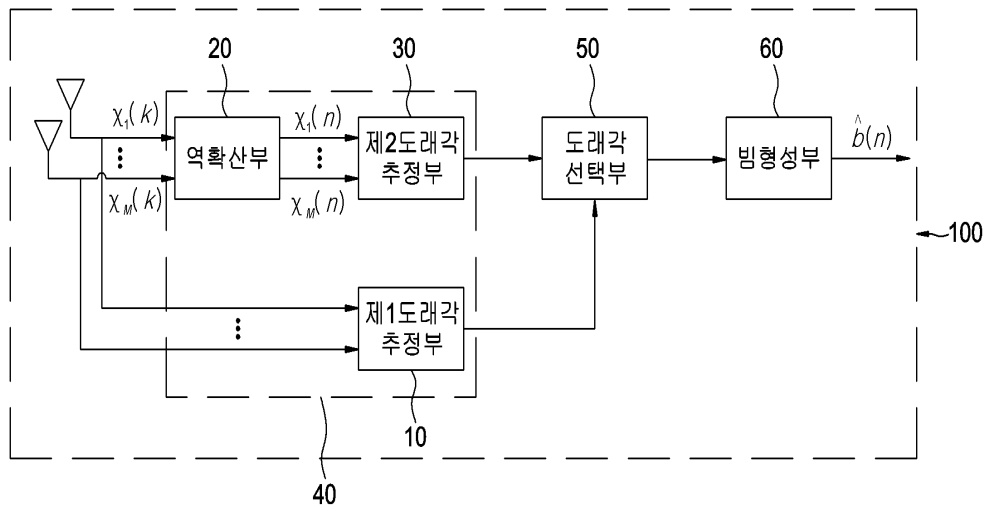
[0097] 이상 본 발명의 실시예로 설명하였으나 본 발명의 기술적 사상이 상기 실시예로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범주에서 다양한 지피에스 도래각 선택 시스템 및 그 선택 방법으로 구현할 수 있다.

부호의 설명

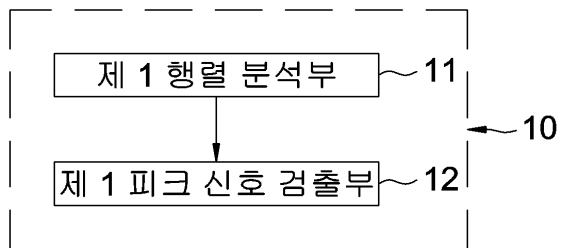
[0098] 10 : 제1도래각추정부
 11 : 제1행렬분석부
 12 : 제1피크신호검출부
 20 : 역확산부
 30 : 제2도래각추정부
 31 : 제2행렬분석부
 32 : 제2피크신호검출부
 40 : 도래각추정부
 50 : 도래각선택부
 60 : 빔형성부
 100 : 지피에스 도래각 선택 시스템

도면

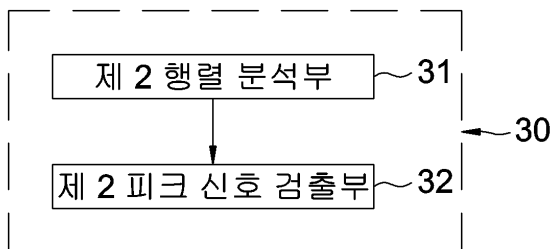
도면1



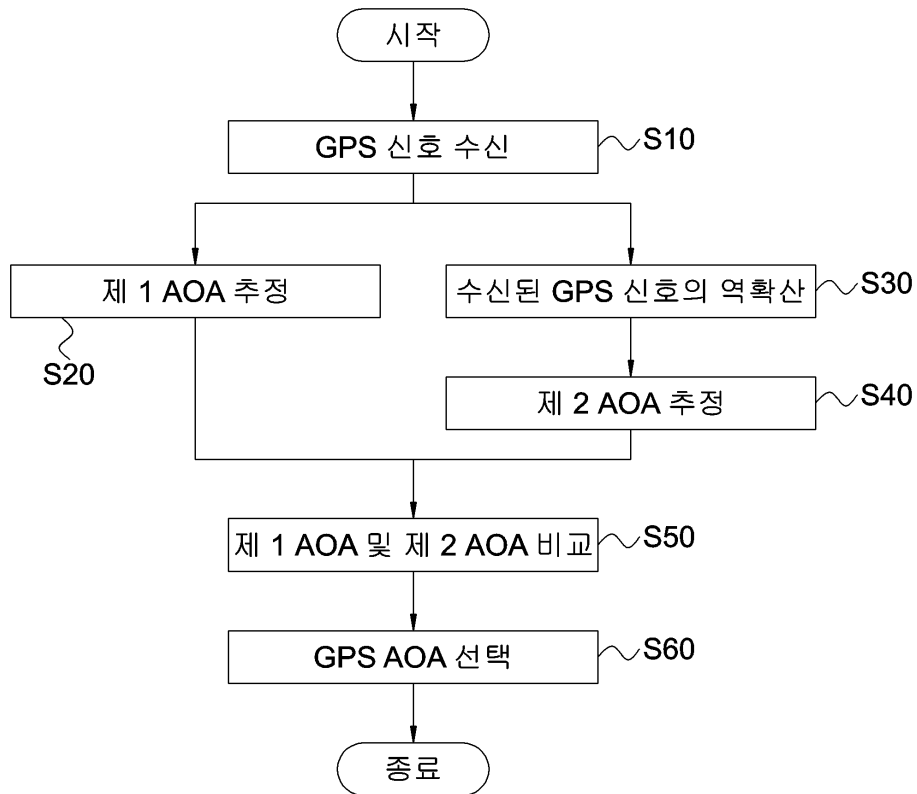
도면2



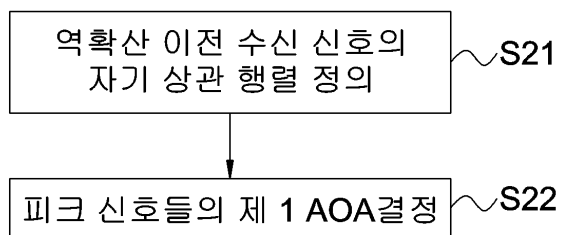
도면3



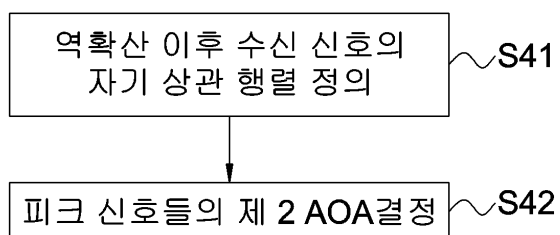
도면4



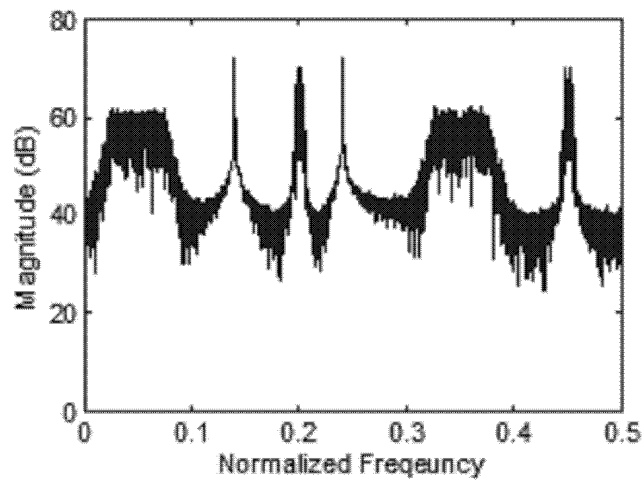
도면5



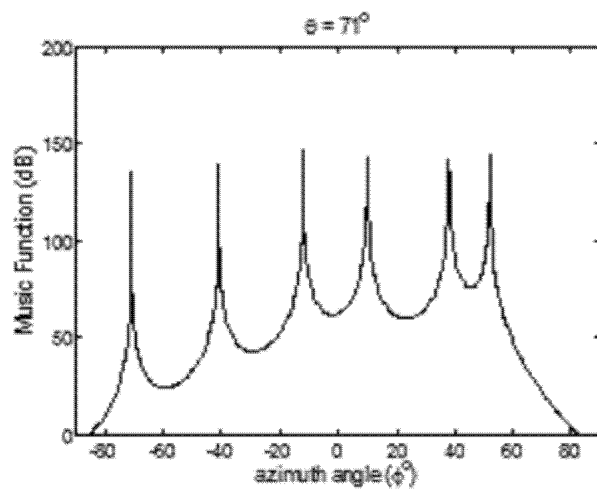
도면6



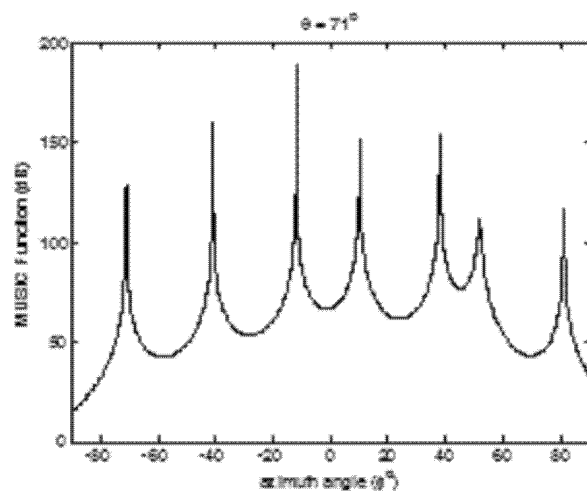
도면7



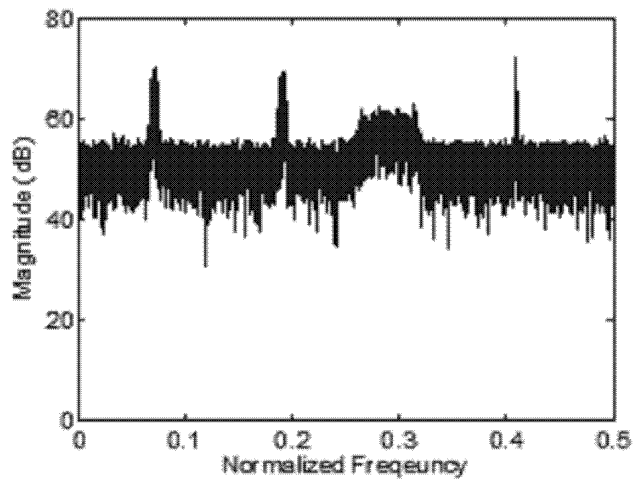
도면8



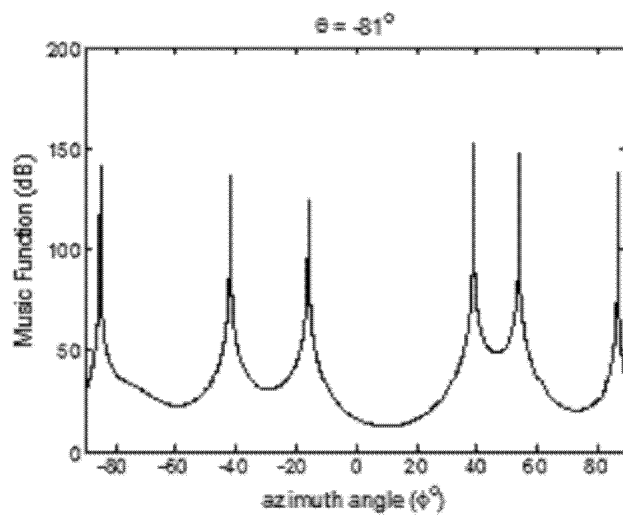
도면9



도면10



도면11



도면12

