(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년02월17일
(11) 등록번호 10-0941699
(24) 등록일자 2010년02월03일

(51) Int. Cl.
H04B 7/26 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0084020
(22) 출원일자 2007년08월21일
심사청구일자 2007년08월21일
(65) 공개번호 10-2009-0019516
(43) 공개일자 2009년02월25일
(56) 선행기술조사문헌
JP2000224097 A
KR1020050111845 A
KR1020030047239 A
전체 청구항 수 : 총 3 항

(73) 특허권자
강원대학교산학협력단
강원 춘천시 효자동 192-1 강원대학로 42
(72) 발명자
최양호
강원 춘천시 석사동 퇴계주공3차 304-901
(74) 대리인
김정현

심사관 : 나용수

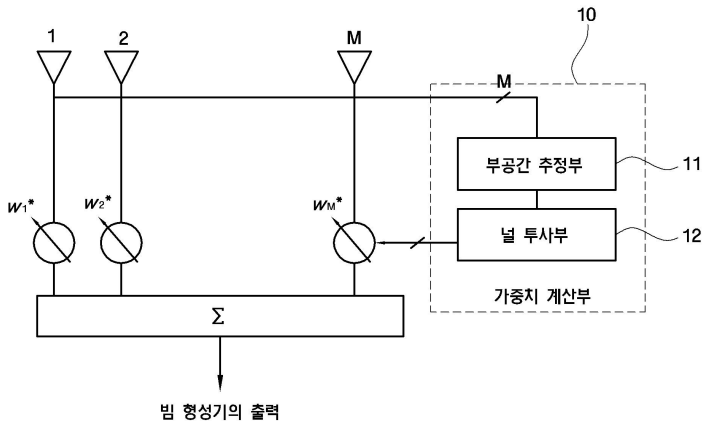
(54) 진폭조정 적응 빔 형성 장치

(57) 요 약

본 발명은 진폭조정 적응 빔 형성 장치에 관한 것으로, 무선통신 시스템에서 주파수의 효율적 이용과 간섭 제거를 위하여, 계산량이 간단하고 빠른 속도로 수렴하는 진폭조정 적응 빔 형성 장치를 제공하고자 한다.

이를 위하여, 본 발명은 적응 빔 형성 장치에 있어서, 배열 안테나의 각 안테나에 수신되는 신호 간에 상관(correlation)을 취하여 상관벡터를 구하고, 수신신호의 상관벡터들로부터 부공간(subspace)을 구하기 위한 부공간 추정 수단; 및 상기 부공간에 조향벡터를 널 투사(null projection)하여, 상기 수신신호로부터 간섭신호를 제거하기 위한 가중벡터를 구하는 수단을 포함한다.

대 표 도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

적응 빔 형성 장치에 있어서,

배열 안테나의 각 안테나에 수신되는 신호 간에 상관(correlation)을 취하여 상관벡터를 구하고, 수신신호의 상관벡터들로부터 부공간(subspace)을 구하기 위한 부공간 추정 수단; 및

상기 부공간의 간섭신호 부공간에 조향벡터를 널 투사(null projection)하여, 상기 수신신호로부터 간섭신호를 제거하기 위한 가중벡터를 구하는 수단

을 포함하는 적응 빔 형성 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 부공간 추정 수단은,

상기 상관벡터에서 간섭 벡터성분은 구성요소의 순서를 바꾸어도 원래의 벡터와 상수 배 만의 차이를 가지는 성질을 이용하여, 상기 상관벡터와 순서를 바꾼 벡터간의 차로부터 상기 부공간을 구하고 수신신호 벡터를 이 부공간에 널 투사하여 결합하는 것을 특징으로 하는 적응 빔 형성 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

수신신호의 공분산 행렬에 대한 추정행렬의 일부 열 벡터의 허수부를 이용하여 부공간을 구하여 이의 널 공간에 원하는 신호의 조향벡터를 투사하여 가중벡터를 구하는 것을 특징으로 하는 진폭 조정 적응 빔 형성 장치

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 적응 빔 형성 기술 분야에 관한 것으로, 구체적으로 무선통신 시스템에서 수신되는 신호의 진폭만을 조정하여 간섭을 제거하고 주파수를 유용하게 이용할 수 있는 적응 빔 형성 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 고품질과 광대역 데이터 통신에 대한 수요가 커지면서 가입자 수가 폭발적인 속도로 증가를 계속함에 따라 앞으로는 무선통신에서 사용할 주파수자원이 부족할 것으로 예상된다. 적응 빔 형성기는 원하는 신호방향으로 빔 이득을 크게 하면서 간섭신호 방향으로 패턴 널을 만들어 주는 공간 필터링 기능을 가지고 있다. 이러한 기능을 가지고 있는 적응 빔 형성기(adaptive beamformer)는 주파수 자원의 이용 효율을 크게 신장할 수 있다.

[0003] 적응 빔 형성 시스템은 다수의 안테나 소자를 이용하며, 일반적으로, 각각의 안테나 소자에서 수신되는 신호들의 이득 및 위상을 조절하여 원하는 사용자의 방향으로부터 전파되는 신호의 전력은 크게 하면서 이외 방향으로부터 도래하는 간섭신호를 제거하여 시스템의 성능을 향상시킬 수 있으며, 작은 전력으로도 통신을 가능케 하여 소모 전력을 줄일 수 있다. 이동통신시스템 기지국에 이를 적용하여 시스템용량을 증가시키고, 셀 커버리지를 크게 할 수 있으며, 무선 LAN, 셀룰러 이동통신, 휴대인터넷, 차세대 이동통신, 위성통신 등의 무선통신 시스템에도 이를 적용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0004] 주파수의 효율적 이용과 간섭신호의 제거를 위해 그동안 다양한 적응 빔 형성 기술이 제안 및 연구되어 왔지만, 종래의 적응 빔 형성 기술은 수신신호의 크기와 위상을 모두 조정하는, 즉, 복소수 가중치(complex weights)를 필요로 하거나, 수신신호의 표본 행렬(sample matrix)의 역행렬을 구해야 하므로 그 계산 과정이 복잡하다. 계산량을 절감하고 시스템 구현을 간단히 구현하기위한 다른 방식들은 수렴속도가 늦거나, 정상상태(steady-state)에서의 성능이 열악한 단점이 있다.

[0005] 부공간(subspace)에 기초한 빔 형성기는 어떤 추정한 부공간-예를 들어, SI(signal plus interference) 부공간-에서 가중치를 조정하며, 전공간(full space)에서 가중치를 조정하는 SMI(sample matrix inversion) 방식보다 수렴속도가 빠르다. 이러한 방식들은 복소수 가중치를 필요로 하고, 즉, 수신되는 신호의 진폭뿐만 아니라 위상 조정도 필요하고, SI 부공간을 추정하기위해 표본행렬을 고유분해(eigen-decomposition)하는 것이 요구되어 계산이 매우 복잡하다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0006] 상기와 같은 종래의 적응 빔 형성 기술은 계산량이 복잡하거나 수렴속도가 느린 문제점이 있으며, 이러한 문제점을 해결하고자 하는 것이 본 발명의 과제이다. 본 발명은 무선통신 시스템에서 주파수의 효율적 이용과 간섭 제거를 위하여, 계산량이 간단하고 빠른 속도로 수렴할 수 있는 진폭조정 적응 빔 형성 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0007] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해되어질 수 있을 것이다.

과제 해결수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 장치는, 적응 빔 형성 장치에 있어서, 배열 안테나의 각 안테나에 수신되는 신호 간에 상관(correlation)을 취하여 상관벡터를 구하고, 수신신호의 상관벡터들로부터 부공간(subspace)을 구하기 위한 부공간 추정 수단; 및 상기 부공간의 간섭신호 부공간에 조향벡터를 널 투사(null projection)하여, 상기 수신신호로부터 간섭신호를 제거하기 위한 가중벡터를 구하는 수단을 포함한다.

효 과

[0009] 상기와 같은 본 발명은, 계산이 간단하고, 수렴속도가 빠르며, 크기만을 조정하기 때문에 구현이 간단한 적응 빔 형성기를 구현할 수 있는 장점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0010] 기타 실시예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

[0011] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있을 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것으로, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0012] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다.

[0013] 빔 형성은 배열 안테나를 사용하여 동일 채널(co-channel) 신호의 간섭으로부터 원하는 신호를 분리하도록 공간 필터(spatial filter)의 계수를 적절히 조정하는 것으로 이 배열 안테나를 스마트 안테나(smart antenna)라고도 부른다. 즉, 사용자가 원하는 방향으로 최대의 이득을 얻도록 빔을 형성하고, 간섭신호의 방향으로는 널 빔을 형성함으로써, 적용범위(range/coverage)의 증가, 셀 용량증가(capacity), 간섭 신호의 제거, 전력소비의 감소 등의 효과를 얻을 수 있다.

[0014] 적응 배열 안테나는 이용 환경의 변화에 따라 안테나 패턴을 적응적으로 할 수 있다. 즉, 배열 안테나는 원하는 신호의 방향으로 최대의 이득을 얻도록 빔을 형성하고, 간섭신호의 방향으로는 널 빔을 주도록 가중벡터를 업데이트한다. 이에 따라 간섭신호의 영향이 완화되므로 배열 안테나 출력에서 신호 대 간섭 및 잡음비가 크게 증가하여 시스템의 성능이 향상된다.

[0015] 도 1에 도시된 바와 같이 M개의 안테나로 구성되는 등 간격 선형 배열 안테나(uniform linear array: ULA) 구조

에서, 방향각 Θ에 대한 어레이 응답 벡터는 $\alpha(\theta)=[1,\phi(\theta),\cdots,\phi^{M-1}(\theta)]^T$ 와 같이 나타낼 수 있다. 여기서 $\Phi(\Theta)= e^{-j2\pi\,\delta\sin\Theta/\lambda}$, T는 전치(transpose), δ는 안테나 간 간격, λ는 신호의 파장을 의미한다. ULA에서 적응 배열 안테나의 동작은 다음과 같다.

[0016] 원하는 신호와 K 개의 간섭신호가 $\theta_0,\ \theta_1,\ \cdots,\ \theta_k$의 도래각을 가지고 배열 안테나에 수신되고 있다. 이때, 수신신호 벡터는 하기의 [수학식 1]과 같다.

수학식 1

$$x(t) = \alpha(\theta_0)s_0(t)+As(t)+n(t)$$

[0017] 삭제

[0018] 여기서 $\alpha(\theta) = [1, \phi(\theta), \cdots, \phi^{M-1}(\theta)]^T$는 방향각 Θ에 대한 어레이 응답 벡터를 나타내며, $s_o(t)$는 원하는 신호의 복소수 진폭(complex envelope), $s(t) = [s_1(t), \cdots, s_k(t)]^T$는 간섭의 복소수 진폭벡터, n(t)는 노이즈(noise) 벡터, $A = [\alpha(\theta_1), \cdots, \alpha(\theta_k)]$는 M x K 행렬로, 간섭에 대한 어레이 응답행렬이다. 수신신호의 공분산 행렬은 [수학식 2]와 같다.

수학식 2

$$R_x = E[x(t)x^H(t)] = p_0 a_0 a_0^H + AR_s A^H + \sigma^2 I$$

[0019]

[0020] 여기서 E는 기댓값을 의미하고, H는 전치-공액복소수(complex conjugate)를 의미하고, $a_j=\alpha(\theta_j)$를 의미하며, $p_j=E[s_j(t)s_j^*(t)]$를 의미한다. 여기서, $j=0,1,\cdots,K$를 의미하며, *는 공액복소수를 의미한다. $R_s=E[s(t)S^H(t)]$, σ^2는 잡음전력, I는 단위행렬(identity matrix)를 의미한다.

[0021] 도 2는 일반적인 빔 형성기를 나타낸다, 빔 형성기는 M개의 안테나를 갖는 안테나 배열부, 수신신호를 가중하는 가중 장치부(w_1, w_2, ..., w_M), 가중된 신호를 합해주는 신호 결합부로 구성된다. 가중벡터가 $w(t) = [w_1, \cdots, w_M]^T$ 일 때, t=n에서 빔 형성기의 출력은 하기의 [수학식 3]과 같다.

수학식 3

$$y(n) = w^H x(n)$$

[0022]

[0023] 그러나, 도 2와 같은 구조를 갖는 협대역 빔형성기에 있어서, 어레이 안테나에 원하는 신호뿐만 아니라, 간섭신호도 같이 수신되기 때문에, 본 발명에서는 도 3에 도시된 바와 같이 간섭신호를 제거하여 원하는 신호의 수신감도를 좋게 하기위해, 구현이 용이하면서 빠른 수렴속도를 가지도록 효율적으로 어레이 빔을 조정한다.

[0024] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 진폭조정 적응 빔 형성 장치는, 도 2의 협대역 빔 형성기에 있어서,

가중치 계산부(weight computation)(10)를 구비하여, 수신신호의 상관벡터들로부터 직접 간섭신호 부공간(subspace)을 포함하는 부공간을 구하여 간섭을 제거한다. 가중치 계산부(10)는 크기만을 조정하기 때문에 계산이 간단하고 구현이 용이한 특징을 가진다.

[0025] 가중치 계산부(10)는 부공간(subspace)을 추정하는 부공간 추정부(subspace estimation)(11)와, 추정된 부공간의 널 부공간(null subspace)에 원하는 신호의 조향벡터(steering vector)를 투사하여 가중벡터 W 를 구하는 널 투사부(null projection)(12)로 구성된다.

[0026] 상기 부공간 추정부(11)는 배열 안테나의 각 안테나에 수신되는 신호 간에 상관(correlation)을 취하여 상관벡터를 구하고, 수신신호의 상관벡터들로부터 부공간을 구함에 있어서, 상관벡터에서 간섭 벡터의 구성요소의 순서를 거꾸로 하여도 즉, M번째, (M-1)번째, ... 두 번째, 첫 번째 요소를 각각 첫 번째, 두 번째, .., (M-1)번째, M번째로 순서를 바꿔도 원래의 벡터와 상수 배만 차이를 가진다. 이러한 성질을 이용하여 원래 상관벡터와 순서를 바꾼 벡터간의 차로부터 간섭 부공간을 포함하는 부공간(subspace)을 구할 수 있으며, 이는 결국 공분산 행렬의 허수부의 일부 열벡터(column vector)로부터 이 부공간을 구할 수 있도록 한다. 이를 수식으로 나타내면 [수학식 4]와 같다.

수학식 4

$$R_d = \frac{1}{2j}[R_x - JR_xJ]$$
$$= \frac{1}{2j}[AR_sA^H - (AR_sA^H)^*] = IM(R_x)$$

[0027] 삭제

[0028] 여기서 IM은 허수부를 나타내며, J 는 순서를 바꾸어 주는 행렬로서,

$$J = \begin{bmatrix} 0 & & 1 \\ & N & \\ 1 & & 0 \end{bmatrix}$$

[0029] 가 되며, 여기서 N은 임의의 행렬 구성요소를 의미한다.

[0030] 수학식 4에 따라 R_x 의 허수부, 즉 R_d 의 일부 열벡터를 구하고자 하는 부공간의 기저 벡터(basis vectors)로 사용한다.

[0031] 또한, 널 투사부(12)는 부공간의 간섭신호 부공간(interference subspace)에 조향벡터(steering vector)를 널 투사(null projection)하여, 수신신호로부터 간섭신호를 제거하기 위한 가중벡터 W 를 수학식 5처럼 구한다.

수학식 5

[0032] $$W = cP_{\perp \tilde{R}_{x(L)}} a_0$$

[0033] 여기서 c는 임의의 상수, $P_{\perp B}$는 B의 열공간(column space)과 직교하는 공간(orthogonal complement)에 투사하는 투사행렬(projection matrix)로서, B는 $\widetilde{R}_{X(L)}$ 이며 열공간을 의미한다. 수학식 4를 부가적으로 설명하면, $R_{d(L)}$은 R_d의 L개의 열 벡터로 구성되는 M x L 행렬, L은 $L \geq 2K$인 값을 갖는다. 실제로는 수신신호 공분산 행렬 R_x는 알려져 있지 않고, 수신신호 벡터 $x(t)$를 이용하여 추정한다.

[0034] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해되어야만 한다.

산업이용 가능성

[0035] 본 발명은 무선 LAN, 셀룰러 이동통신, 휴대인터넷, 차세대 이동통신, 위성통신 등의 무선통신 시스템에 이용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1은 선형 배열 안테나의 구조도이다.

[0037] 도 2는 협대역 빔 형성기의 구조도이다.

[0038] 도 3은 본 발명에 따른 진폭조정 적응 빔 형성 장치의 일실시예 구조도이다.

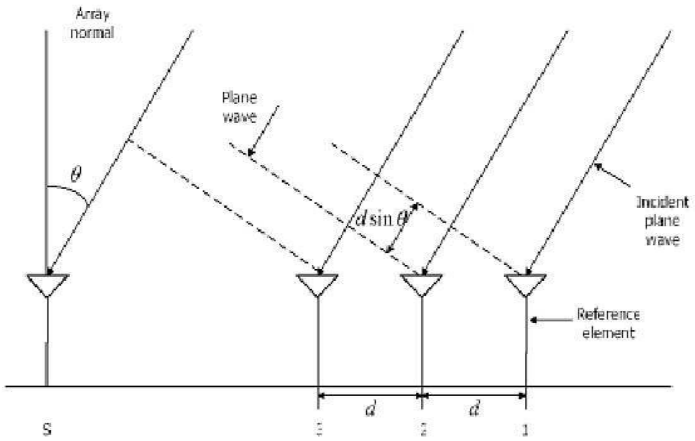
[0039] * 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

[0040] 10 : 가중치 계산부 11 : 부공간 추정부

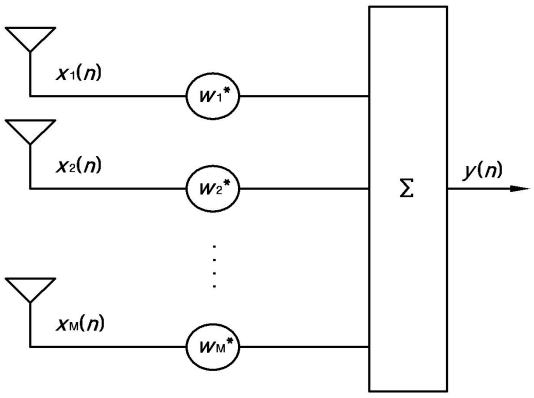
[0041] 12 : 널 투사부

도면

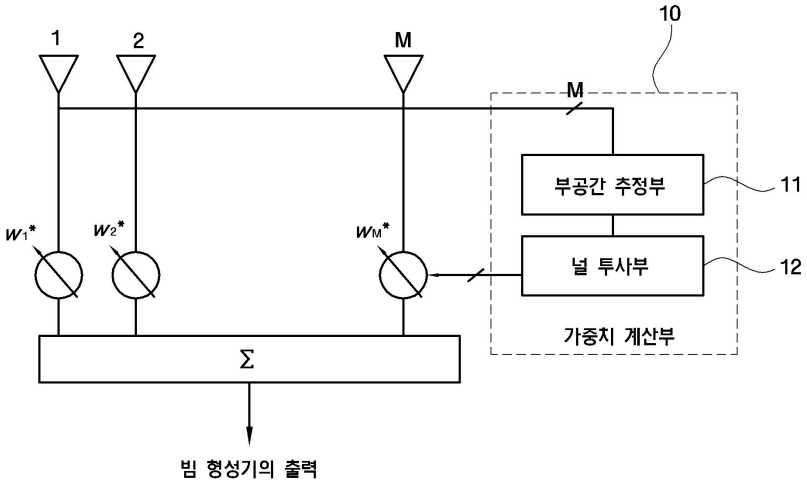
도면1



도면2



도면3



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 2

【변경전】

성수 배

【변경후】

상수 배