

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4280657号
(P4280657)

(45) 発行日 平成21年6月17日(2009.6.17)

(24) 登録日 平成21年3月19日(2009.3.19)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 1 Q	3/26	(2006.01)	HO 1 Q	3/26	C
HO 4 B	7/08	(2006.01)	HO 4 B	7/08	D
HO 4 B	7/10	(2006.01)	HO 4 B	7/10	A

請求項の数 5 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2004-56522 (P2004-56522)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成16年3月1日(2004.3.1)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2005-252376 (P2005-252376A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成17年9月15日(2005.9.15)	(74) 代理人	100070150
審査請求日	平成19年2月8日(2007.2.8)		弁理士 伊東 忠彦
		(72) 発明者	石津 英三
			神奈川県横浜市港北区新横浜三丁目9番18号 富士通ネットワークテクノロジーズ株式会社内
		(72) 発明者	吉田 誠
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		審査官	宮崎 賢司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アレーアンテナのビーム形成方法及びその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

アレーアンテナのヌル点を干渉となる移動局に向けるようビーム形成を行うアレーアンテナのビーム形成方法において、

前記干渉となる移動局の移動速度と移動方向及び前記アレーアンテナと前記干渉となる移動局の距離を基に、前記干渉となる移動局が移動した時の信号電力対干渉電力比が、前記距離によらず、移動前と移動後で一定で、移動後のビーム利得変化量が前記距離によらず一定となるようビーム形成を行うことを特徴とするアレーアンテナのビーム形成方法。

【請求項2】

アレーアンテナのヌル点を干渉となる移動局に向けるようビーム形成を行うアレーアンテナのビーム形成方法において、

前記干渉となる移動局の移動速度と移動方向及び前記アレーアンテナと前記干渉となる移動局の距離を基に、一定時間内で前記干渉となる移動局が移動した時の信号電力対干渉電力比の積分値が、前記距離によらず、移動前と移動後で一定となるようビーム形成を行うことを特徴とするアレーアンテナのビーム形成方法。

【請求項3】

アレーアンテナのヌル点を干渉となる移動局に向けるようビーム形成を行うアレーアンテナ装置において、

前記干渉となる移動局の移動速度と移動方向及び前記アレーアンテナと前記干渉となる移動局の距離を基に、前記干渉となる移動局が移動した時の信号電力対干渉電力比が、前

10

20

記距離によらず、移動前と移動後で一定で、移動後のビーム利得変化量が前記距離によらず一定となるようビーム形成用ウェイトを制御するウェイト制御手段を有することを特徴とするアレーアンテナ装置。

【請求項 4】

アレーアンテナのヌル点を干渉となる移動局に向けるようビーム形成を行うアレーアンテナ装置において、

前記干渉となる移動局の移動速度と移動方向及び前記アレーアンテナと前記干渉となる移動局の距離を基に、一定時間内で前記干渉となる移動局が移動した時の信号電力対干渉電力比の積分値が、前記距離によらず、移動前と移動後で一定となるようビーム形成用ウェイトを制御するウェイト制御手段を

10

有することを特徴とするアレーアンテナ装置。

【請求項 5】

請求項 3 または 4 記載のアレーアンテナ装置において、

前記アレーアンテナのうち単一のアンテナにおける前記干渉となる移動局の受信電力から前記干渉となる移動局の距離を推定する距離推定手段を有することを特徴とするアレーアンテナ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アレーアンテナのビーム形成方法及びその装置に関し、特に、ヌルフォーミング法を用いてビーム形成を行うアレーアンテナのビーム形成方法及びその装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

広帯域無線通信においては、送信電力の制限による伝送帯域幅の増大に伴うサービス半径の縮小が問題となる。特にセルラーシステムでは移動局側の送信電力に最大数百ミリワット程度の制限が設けられるため、第 3 世代 (3G) 以降の広帯域無線システムでは上下非対称通信がサポートされている。移動局から基地局への上りリンクの伝送帯域幅を基地局から移動局への下りリンクに対して小さくとることによって、移動局のピーク送信電力を低減させるとしても、伝送速度つまりは伝送帯域幅を数十～数百倍に拡大するため、セル半径 (サービス半径) をそのまま維持することは困難である。

30

【0003】

例えば、非特許文献 1 によれば、3G ($f_c = 2 \text{ GHz}$ における伝送速度 384 kbps) と、現在検討が開始されている次世代移動通信システム、つまり 4G ($f_c = 5 \text{ GHz}$ における伝送速度 100 Mbps) の公衆サービスを比較すると「 $f_c^2 \cdot 6 \times \text{Rate}$ 」則により、およそ $2800 [= (2.5)^2 \cdot 6 \times 260]$ 倍程度の電力が必要となる。つまり、35 dB 相当の送信電力増大となる。

【0004】

これは 3G 端末のピーク送信電力が 0.2 W 程度であることを考えると、560 W を要することになり当然許容できない。非対称リンクとして上りリンクを半分の 50 Mbps としても 30 dB 以上の向上が要求される。ここで、伝播ロスを 3.5 乗則とすると、セル半径は約 $1/8 - 1/10$ 程度となり、3G のセル半径を 5 km とした場合にでも 500 m ~ 600 m 程度となることが想定される。セル半径の縮小は単位面積あたりの所要基地局数を面的には 2 乗に比例して増大させるため、アダプティブアレイアンテナを含む指向性アンテナの利得などによる電力効率向上、つまりはピーク送信電力一定の下でのセル半径の増大は、広帯域無線システムのシームレスサービスにおいて必須条件となる。

40

【0005】

アダプティブアレイアンテナ (AAA) には、基本的に相対する通信先に指向性ビームを向ける「ビームステアリング法」で信号 (S) と干渉波 (I) とノイズ (N) の比 $[S / (I + N)]$ における信号 (S) を増大させる方法と、他セルや他ユーザからの干渉波

50

(I)を抑圧するヌルステアリング(ヌルフォーミング)法で比 $[S/(I+N)]$ における干渉波(I)を抑圧する方法との2つのアプローチが存在する。本発明は、特に後者を対象としたものである。

【0006】

図1は従来のヌルフォーミング法を用いた装置のブロック図を示す。N本のアンテナ $10_1 \sim 10_n$ を用い、乗算器 $12_1 \sim 12_n$ に与える送信ビーム形成用の重み(ウェイト)ベクトル W_{T} を $|W_{\text{T}_1}, W_{\text{T}_2}, \dots, W_{\text{T}_N}|$ とし、乗算器 $14_1 \sim 14_n$ に与える受信ビーム形成用の重みベクトル W_{R} を $|W_{\text{R}_1}, W_{\text{R}_2}, \dots, W_{\text{R}_N}|$ とする。到来方向推定部16では、干渉となる移動局のパス到来方向(DoA: Direction of Arrival)を推定し、収束アルゴリズム部18では、パス到来方向DoAを基に最急降下法(LMS: Least Mean Square)などの収束アルゴリズムを動作させ、受信ヌルフォーミングを行って、送信ビーム形成用の重みベクトル W_{T} と受信ビーム形成用の重みベクトル W_{R} を生成する。乗算器 $14_1 \sim 14_n$ の出力信号は加算部20で加算されて出力される。

10

【0007】

図2を用いて重み制御アルゴリズムを説明する。図2は、希望する移動局#1に対して干渉となる移動局#2が存在する場合の基地局でのビームパターンを示しており、移動局#2に対してヌル点が向けられるようにヌルフォーミングが行われている。ここで、 P_{T_i} は移動局*i*の送信電力、 $P_{\text{G}}(\theta_i)$ は到来方向 θ_i におけるビーム利得、 $P_{\text{ATT}}(r_i)$ は、距離 r_i における距離減衰量を表している。 $\text{SIR}_1(P_{\text{T}_1}, P_{\text{T}_2}, r_1, r_2)$ は、希望局である移動局#1の基地局におけるビーム形成後のSIR(Signal to Interference Ratio: 信号電力対干渉電力比)であり、次式で表わされる。

20

【0008】

$$\text{SIR}_1 = \frac{P_{\text{T}_1} - P_{\text{ATT}}(r_1) + P_{\text{G}}(\theta_1)}{P_{\text{T}_2} - P_{\text{ATT}}(r_2) + P_{\text{G}}(\theta_2)} \dots (1)$$

このとき、移動局#2の移動速度ベクトル V を一定とすると、基地局-移動局#2間の距離 r_{2a}, r_{2b} に応じた角速度つまり位相変化 θ_{2a}, θ_{2b} は図3に示すように異なるものとなる($\theta_{2a} < \theta_{2b}$)。

【0009】

ここで、図3では便宜上位相変化が最大となる円周方向を示しているが、これに制限および限定されるものではない。また、移動速度ベクトル V についても任意値であり、移動局の位置にも制限されない。なお、比較説明のため、移動速度一定としているがそれぞれの位置での移動速度が異なっても一般性は失わない。さらに、簡単のため、干渉となる移動局#2のみが移動する場合にて説明を行っているが、希望局である移動局#1が移動する場合においても移動局#1に対する移動局#2の相対速度を考えることにより同様の議論を行うことが可能である。また、この例においては基地局における受信電力が一定 $[P_{\text{T}_2} - P_{\text{ATT}}(r_2) = P_{\text{T}_1} - P_{\text{ATT}}(r_1)]$ となるように送信電力制御(TPC: Transmission Power Control)が行われている。

30

【0010】

また、特許文献1には、上り/下り回線に異なる周波数を使用するFDDシステムにおいて、受信時に求められる到来方向DoAを、送信時のビーム形成に使用することが記載されている。

40

【0011】

特許文献2にはDoA情報によりビームを形成し、また、移動局の位置を推定しDoA情報と合わせてトラフィックの推定を行い、さらにトラフィックが多い方向に対してビームを形成することにより、ランダムアクセス時における呼の衝突確率を低減させることが記載されている。

【0012】

特許文献3には、間欠受信時に全方向からの情報を収集することにより干渉局の検出を

50

行い、ヌルフォーミングをすることが記載されている。また、特許文献 4, 9 には、ヌルフォーミングについての記載がある。

【0013】

特許文献 5, 6, 7 には、アダプティブアレイアンテナにおけるキャリブレーション手法について記載がある。

【0014】

特許文献 8 には、新規に通信を行う端末が発生した場合において、この端末によって影響を受ける自身および既に通信を行っている端末とのビーム形成について記載されている。

【0015】

特許文献 10 には、干渉局に対してヌルを形成し、形成したビームの追従を最小 2 乗法を用いて行うことが記載されている。

【0016】

特許文献 11 には、新規に通信を行う端末に対するビーム形成の初期値を、既に通信を行っている端末のビーム情報を使用し計算することにより、ビームの初期引き込み速度を改善することが記載されている。

【特許文献 1】特開 2001-251233 号公報

【特許文献 2】特開 2001-203630 号公報

【特許文献 3】特開平 8-285934 号公報

【特許文献 4】特表 2000-505254 号公報

【特許文献 5】特開 2003-92548 号公報

【特許文献 6】特開 2003-87189 号公報

【特許文献 7】特開 2003-92549 号公報

【特許文献 8】特開 2002-508889 号公報

【特許文献 9】特表 2002-523969 号公報

【特許文献 10】特開 2003-51775 号公報

【特許文献 11】特開 2002-359588 号公報

【非特許文献 1】安達文幸：「移動通信の将来展望」，電子情報通信学会，スペクトル拡散研究会講演資料，Oct. 2000.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

従来の方法では、移動局 # 2 の方向に固定のビーム形状にてヌル点を形成し、移動局 # 2 の追従（ステアリング）を行うため、基地局周辺で高速に移動する場合、大きな位相変化に追従できないという問題点があった。言い換えれば、基地局周辺での追従能力でヌルフォーミング能力が決定される。それぞれの位相変化 θ_{2a} , θ_{2b} の後における基地局のビーム利得変化量 P_{G2a} , P_{G2b} は、図 4 および図 5 に示すように、基地局周辺に存在する移動局 # 2b (P_{G2b}) の方が大きくなり、基地局における干渉局の受信電力は移動局 # 2b の方が大きくなる。このため、基地局における S I R は、移動後において次式で表わされるようになる。

【0018】

$$S I R_1 (P_{T1}, P_{T2a}, r_1, r_{2a}) >> S I R_1 (P_{T1}, P_{T2b}, r_1, r_{2b})$$

これを回避し基地局における S I R を一定に維持するためには、より高速なヌルステアリング能力が要求されることになる。よってセル内の特性を均一に提供するためには、基地局 - 移動局間距離によって決定される位相変化量に応じたヌルステアリング能力が要求されることから、基地局周辺では高速移動時に特性劣化が生じるという問題があった。

【0019】

また、一般にヌル点に対する急峻な落ち込みの程度、つまりヌル幅はセルエッジでの受信電力（受信品質：S I R でも同様）がシステム設計値以上となるように与えられたアン

10

20

30

40

50

テナ素子数で生成できる最小幅が設定され、セル半径の最大化が行われる。しかし、上記のようにセルエッジにおいては高速移動時の位相変化量は小さく、ここにヌル幅と基地局 - 移動局間距離、つまりその位相変化量には完全な補完関係が成り立つことがわかる。つまり、ビーム幅が小さい、つまり遠距離であればその位相変化量は小さく、近距離であれば位相変化量が大きいビーム幅を最小値まで絞る、つまりヌル点を急峻に生成する必要はない。これは、そこまで急峻にヌル点を形成しなくても所要受信品質は得られるということである。

【 0 0 2 0 】

また、特許文献 1 ~ 1 1 に記載のものも移動局の高速移動時に特性劣化を防止することについては何ら記載がない。

10

【 0 0 2 1 】

本発明は、上記の点に鑑みなされたものであり、セル内のあらゆる場所で高速で移動する移動局に追従することができるアレーアンテナのビーム形成方法及びその装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 2 】

請求項 1 , 3 に記載の発明は、干渉となる移動局の移動速度と移動方向及び前記アレーアンテナと前記干渉となる移動局の距離を基に、前記干渉となる移動局が移動した時の信号電力対干渉電力比が、前記距離によらず、移動前と移動後で一定で、移動後のビーム利得変化量が前記距離によらず一定となるようビーム形成を行うことにより、

20

適応的にビーム幅を変化させることでセル内のあらゆる場所で高速で移動する移動局に追従することができる。

【 0 0 2 3 】

請求項 2 , 4 に記載の発明は、干渉となる移動局の移動速度と移動方向及び前記アレーアンテナと前記干渉となる移動局の距離を基に、一定時間内で前記干渉となる移動局が移動した時の信号電力対干渉電力比の積分値が、前記距離によらず、移動前と移動後で一定となるようビーム形成を行うことにより、

適応的にビーム幅を変化させることでセル内のあらゆる場所で高速で移動する移動局に追従することができる。

【 0 0 2 4 】

30

請求項 5 に記載の発明は、アレーアンテナのうち単一のアンテナにおける干渉となる移動局の受信電力から前記干渉となる移動局の距離を推定することにより、干渉となる移動局の距離を知ることができ、請求項 1 ~ 4 の発明を実現できる。

【発明の効果】

【 0 0 2 5 】

請求項 1 , 3 に記載の発明によれば、適応的にビーム幅を変化させることでセル内のあらゆる場所で高速で移動する移動局に追従することができる。

【 0 0 2 6 】

請求項 2 , 4 に記載の発明によれば、適応的にビーム幅を変化させることでセル内のあらゆる場所で高速で移動する移動局に追従することができる。

40

【 0 0 2 7 】

請求項 5 に記載の発明によれば、干渉となる移動局の距離を知ることができ、請求項 1 ~ 4 の発明を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 8 】

以下、図面に基づいて本発明の実施形態について説明する。

【 0 0 2 9 】

図 6 は、本発明のアレーアンテナ装置の第 1 実施形態のブロック図を示す。同図中、N 本の無指向性のアンテナ $30_1 \sim 30_n$ を用い、乗算器 $32_1 \sim 32_n$ に与える送信ビーム形成用の重み (ウェイト) ベクトル W_{-T} を $|w_{T-1}, w_{T-2}, \dots, w_{T-N}|$ と

50

し、乗算器 34₁ ~ 34_n に与える受信ビーム形成用の重みベクトル W_{R_1} , W_{R_2} , ... , W_{R_N} とする。

【0030】

ウェイト制御部 36 は、干渉となる移動局 # i の移動速度情報 (移動速度ベクトルの絶対値 $|V_i|$) と、移動方向情報 θ_i と、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i から、移動方向情報 θ_i を基に最急降下法 (LMS: Least Mean Square) などの収束アルゴリズムを動作させ、受信ヌルフォーミングを行って、送信ビーム形成用の重みベクトル W_T と受信ビーム形成用の重みベクトル W_R を生成する。

【0031】

ここで、例えば各移動局は GPS (Global Positioning System) 受信部を有し、この GPS 受信部から自局の位置情報を得て、この位置情報を定期的に基地局に通知するものとし、基地局では位置情報の変化から移動速度ベクトル、移動方向情報、基地局 - 移動局間の距離を算出する。また、乗算器 34₁ ~ 34_n の出力信号は加算部 38 で加算されて出力される。なお、本発明によるヌル制御規範は送信ヌルフォーミングにもそのまま適用できる。

【0032】

図 7 を用いてウェイト制御部 36 が実行する重み制御アルゴリズムの第 1 実施形態を説明する。図 7 (A) において、移動局 # 1 の受信電力は $P_{T1} - P_{ATT}(r_1) + P_G(\theta_1)$ である。なお、 P_{Ti} は移動局 i の送信電力、 $P_G(\theta_i)$ は到来方向 θ_i におけるビーム利得、 $P_{ATT}(r_i)$ は、距離 r_i における距離減衰量を表す。図 3 に示す移動局 # 2 a の受信電力 (移動前) は $P_{T2a} - P_{ATT}(r_{2a})$ であり、移動局 # 2 a の受信電力 (移動後) は $P_{T2a} - P_{ATT}(r_{2a}) + P_{G2a}$ である。移動前の SIR は $SIR_1(P_{T1}, P_{T2a}, \theta_1, \theta_{2a}, r_1, r_{2a}) = [P_{T1} - P_{ATT}(r_1) + P_G(\theta_1)] / [P_{T2a} - P_{ATT}(r_{2a})]$ であり、移動後の SIR は $SIR_1(P_{T1}, P_{T2a}, \theta_1, \theta_{2a}, r_1, r_{2a}) = [P_{T1} - P_{ATT}(r_1) + P_G(\theta_1)] / [P_{T2a} - P_{ATT}(r_{2a}) + P_{G2a}]$ である。

【0033】

図 7 (B) において、移動局 # 1 の受信電力は $P_{T1} - P_{ATT}(r_1) + P_G(\theta_1)$ であり、移動局 # 2 b の受信電力 (移動前) は $P_{T2b} - P_{ATT}(r_{2b})$ であり、図 3 に示す移動局 # 2 b の受信電力 (移動後) は $P_{T2b} - P_{ATT}(r_{2b}) + P_{G2b}$ である。移動前の SIR は $SIR_1(P_{T1}, P_{T2b}, \theta_1, \theta_{2b}, r_1, r_{2b}) = [P_{T1} - P_{ATT}(r_1) + P_G(\theta_1)] / [P_{T2b} - P_{ATT}(r_{2b})]$ であり、移動後の SIR は $SIR_1(P_{T1}, P_{T2b}, \theta_1, \theta_{2b}, r_1, r_{2b}) = [P_{T1} - P_{ATT}(r_1) + P_G(\theta_1)] / [P_{T2b} - P_{ATT}(r_{2b}) + P_{G2b}]$ である。

【0034】

この第 1 実施形態では、基地局 - 移動局間距離に依らず常に基地局における移動局 # 1 の SIR が一定で、 $SIR_1(P_{T1}, P_{T2a}, \theta_1, \theta_{2a}, r_1, r_{2a}) = SIR_1(P_{T1}, P_{T2b}, \theta_1, \theta_{2b}, r_1, r_{2b})$ となり、つまりは移動後におけるビーム利得変化量 (P_G) が移動局の距離によらず一定、つまり $P_{G2a} = P_{G2b}$ となるようビーム形成を行う。

【0035】

図 8 は、図 6 に示すウェイト制御部 36 が実行する重み制御処理の第 1 実施形態のフローチャートを示す。同図中、ステップ S1 で干渉となる移動局 # i の移動速度情報 $|V_i|$ と、移動方向情報 θ_i と、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i を読み込む。次に、ステップ S2 で現在のウェイトによる希望する移動局 # 1 の受信電力を計算し、ステップ S3 で現在のウェイトによる干渉となる移動局 # i の受信電力を計算する。ステップ S4 では上記移動局 # 1 の受信電力と移動局 # i の受信電力から現在の SIR を計算し、ステップ S5 で現在の SIR が前状態の SIR と同一か否かを判別する。

【0036】

10

20

30

40

50

現在のSIRが前状態のSIRと同一でない場合にはステップS6でウェイト更新を行ってステップS2に進み、ステップS2～S6を繰り返す。現在のSIRが前状態のSIRと同一となるとステップS5からステップS7に進み、現在のSIRを前状態のSIRとして保持する。この後、ステップS8で現在のウェイトを出力し、この処理を終了する。

【0037】

ステップS6のウェイト更新については、一般的なLMSを用いる。LMSでは希望信号を $d(t)$ 、ビーム形成後の信号を $y(t)$ とした場合、2乗誤差 $e(t)^2 = [d(t) - y(t)]^2$ が0となるように制御する。

【0038】

図9を用いてウェイト制御部36が実行する重み制御アルゴリズムの第2実施形態を説明する。

図9(A)において、移動局#1の受信電力は $P_{T1} - P_{ATT}(r_1) + P_G(1)$ であり、図3に示す移動局#2aの受信電力(移動前)は $P_{T2a} - P_{ATT}(r_{2a})$ であり、移動局#2aの受信電力(移動後)は $P_{T2a} - P_{ATT}(r_{2a}) + P_{G2a}$ である。移動前のSIRは $SIR_1(P_{T1}, P_{T2a}, \theta_1, \theta, r_1, r_{2a}) = [P_{T1} - P_{ATT}(r_1) + P_G(1)] / [P_{T2a} - P_{ATT}(r_{2a})]$ であり、移動後のSIRは $SIR_1(P_{T1}, P_{T2a}, \theta_1, \theta, r_1, r_{2a}) = [P_{T1} - P_{ATT}(r_1) + P_G(1)] / [P_{T2a} - P_{ATT}(r_{2a}) + P_{G2a}]$ である。そして移動区間のSIRの総和であるSaは(2)式で表わされる。

【0039】

【数1】

$$Sa = \sum_{\theta=\theta_1}^{\theta_2} SIR_1(P_{T1}, P_{T2a}, \theta, \theta, r_1, r_{2a}) \quad \dots(2)$$

10

20

30

図9(B)において、移動局#1の受信電力は $P_{T1} - P_{ATT}(r_1) + P_G(1)$ であり、移動局#2bの受信電力(移動前)は $P_{T2b} - P_{ATT}(r_{2b})$ であり、図3に示す移動局#2bの受信電力(移動後)は $P_{T2b} - P_{ATT}(r_{2b}) + P_{G2b}$ である。移動前のSIRは $SIR_1(P_{T1}, P_{T2b}, \theta_1, \theta, r_1, r_{2b}) = [P_{T1} - P_{ATT}(r_1) + P_G(1)] / [P_{T2b} - P_{ATT}(r_{2b})]$ であり、移動後のSIRは $SIR_1(P_{T1}, P_{T2b}, \theta_1, \theta, r_1, r_{2b}) = [P_{T1} - P_{ATT}(r_1) + P_G(1)] / [P_{T2b} - P_{ATT}(r_{2b}) + P_{G2b}]$ である。そして移動区間のSIRの総和であるSbは(3)式で表わされる。

【0040】

【数2】

$$Sb = \sum_{\theta=\theta_1}^{\theta_2} SIR_1(P_{T1}, P_{T2b}, \theta, \theta, r_1, r_{2b}) \quad \dots(3)$$

40

この第2実施形態では、基地局 - 移動局間距離に依らず所定サンプル時間における移動

50

局 # 1 の S I R の総和が一定で、 $S_a = S_b$ となり、即ち、(4) 式が成立するようビーム形成を行う。

【 0 0 4 1 】

【 数 3 】

$$\sum_{\theta=\theta_a}^{\theta_{2a}} \frac{1}{P_{T2a} - P_{ATT}(r_{2a}) + P_G(\theta)} = \sum_{\theta=\theta_b}^{\theta_{2b}} \frac{1}{P_{T2b} - P_{ATT}(r_{2b}) + P_G(\theta)} \quad \dots(4)$$

10

このように、距離 r_i が大きい（例えばセルエッジ）場合はヌル点に対するビーム幅を狭くしてビームの落ち込みを急峻にし、距離 r_i が小さい（例えば基地局周辺）場合はビーム幅を広くしてヌル点に対するビームの落ち込みを緩慢にすることでステアリング能力を一定にして追従能力を保持することで、移動局の高速移動環境下においても安定に動作可能となる。

【 0 0 4 2 】

図 10 は、本発明のアレーアンテナ装置の第 2 実施形態のブロック図を示す。同図中、図 6 と同一部分には同一符号を付す。図 10 において、N 本の無指向性のアンテナ 30₁ ~ 30_n を用い、乗算器 32₁ ~ 32_n に与える送信ビーム形成用の重み（ウェイト）ベクトル W_T を $|W_{T_1}, W_{T_2}, \dots, W_{T_N}|$ とし、乗算器 34₁ ~ 34_n に与える受信ビーム形成用の重みベクトル W_R を $|W_{R_1}, W_{R_2}, \dots, W_{R_N}|$ とする。

20

【 0 0 4 3 】

また、1 本のアンテナ 30₁ の重み付け前、つまりオムニ（無指向性）アンテナの受信信号を受信電力測定部 40₁ に供給し、各移動局の受信電力を測定して距離減衰量 $P_{ATT}(r_i)$ 及び距離 r_i を推定してウェイト制御部 36 に供給する。移動局毎の受信信号の分離は、多重方式により異なるが例えば CDMA の場合には、各移動局に固有に割り当てられた拡散符号により逆拡散を行い分離する。

30

【 0 0 4 4 】

距離減衰量 $P_{ATT}(r_i)$ は $P_{ATT}(r_i) = P_0 + \alpha \times 10 \log(r_i)$ として近似される。ここで、 P_0 はセルエッジにおける減衰量 [dB] であり、 α は距離減衰則に用いられる定数である。近似式はセル設計の際に実使用環境に応じた補正項が用いられることもあるが、距離減衰量から距離を推定することが可能である。

【 0 0 4 5 】

ウェイト制御部 36 は、干渉となる移動局 # i の移動速度情報（移動速度ベクトルの絶対値 $|V_i|$ ）と、移動方向情報 θ_i と、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i から、移動方向情報 θ_i を基に最急降下法 LMS などの収束アルゴリズムを動作させ、受信ヌルフォーミングを行って、送信ビーム形成用の重みベクトル W_T と受信ビーム形成用の重みベクトル W_R を生成する。

40

【 0 0 4 6 】

ここで、例えば各移動局は GPS 受信部を有し、この GPS 受信部から自局の位置情報を得て、この位置情報を定期的に基地局に通知するものとし、基地局では位置情報の変化から移動速度ベクトル、移動方向情報を算出するものとする。

【 0 0 4 7 】

なお、上記実施形態では 1 本のアンテナ 30₁ の受信信号を受信電力測定部 40₁ に供給して距離 r_i を推定しているが、アンテナ 30₁ ~ 30_n のうち最大受信電力のアンテナを選択して、その受信信号から距離 r_i を推定する構成としても良い。

【 0 0 4 8 】

50

図11は、本発明のアレーアンテナ装置の第3実施形態のブロック図を示す。同図中、図6と同一部分には同一符号を付す。図11において、N本の無指向性のアンテナ $30_1 \sim 30_n$ を用い、乗算器 $32_1 \sim 32_n$ に与える送信ビーム形成用の重み(ウェイト)ベクトル W_T を $|W_{T_1}, W_{T_2}, \dots, W_{T_N}|$ とし、乗算器 $34_1 \sim 34_n$ に与える受信ビーム形成用の重みベクトル W_R を $|W_{R_1}, W_{R_2}, \dots, W_{R_N}|$ とする。

【0049】

また、N本のアンテナ $30_1 \sim 30_n$ の重み付け前の受信信号を受信電力測定部 $42_1 \sim 42_n$ に供給し、受信電力測定部 $42_1 \sim 42_n$ 毎に各移動局の受信電力を測定して、受信電力合成/平均化部44で合成/平均化し、平均受信電力を用いて距離減衰量 P_{AT} 10
 $T(r_i)$ 及び距離 r_i を推定してウェイト制御部36に供給する。なお、 m ($m < N$)本のアンテナの受信電力を合成/平均化する構成であっても良い。

【0050】

ウェイト制御部36は、干渉となる移動局# i の移動速度情報(移動速度ベクトルの絶対値 $|V_i|$)と、移動方向情報 θ_i と、基地局-移動局# i 間の距離 r_i から、移動方向情報 θ_i を基に最急降下法LMSなどの収束アルゴリズムを動作させ、受信ヌルフォーミングを行って、送信ビーム形成用の重みベクトル W_T と受信ビーム形成用の重みベクトル W_R を生成する。

【0051】

ここで、例えば各移動局はGPS受信部を有し、このGPS受信部から自局の位置情報 20
 を得て、この位置情報を定期的に基地局に通知するものとし、基地局では位置情報の変化から移動速度ベクトル、移動方向情報を算出するものとする。

【0052】

図12は、本発明のアレーアンテナ装置の第4実施形態のブロック図を示す。同図中、図6と同一部分には同一符号を付す。図12において、N本の無指向性のアンテナ $30_1 \sim 30_n$ を用い、乗算器 $32_1 \sim 32_n$ に与える送信ビーム形成用の重み(ウェイト)ベクトル W_T を $|W_{T_1}, W_{T_2}, \dots, W_{T_N}|$ とし、乗算器 $34_1 \sim 34_n$ に与える受信ビーム形成用の重みベクトル W_R を $|W_{R_1}, W_{R_2}, \dots, W_{R_N}|$ とする。

【0053】 30

また、1本のアンテナ 30_1 の重み付け前、つまりオムニ(無指向性)アンテナの受信信号をFFT部46に供給し、FFT(Fast Fourier Transform)変換を行うことにより、その周波数成分を取得し、最大ドップラー周波数の推定を行う。この情報をもとに移動局# i の移動速度情報(移動速度ベクトルの絶対値 $|V_i|$ 即ち移動速度 v_i)を推定する。

【0054】

オムニアンテナの受信信号は指向性を絞る前では、実際の伝搬特性そのものの影響を受けている。このため、受信信号をFFT処理することで周波数パワースペクトラムが観測できる。本構成例では移動局側での一般的な受信環境、つまりパス到来方向が無色(360°より等パス到来)におけるスペクトラムであるJake's modelが得られて 40

【0055】

ここで、最大周波数検出部48で周波数成分の最大値 f_{max} を検出することでドップラー周波数 f_d が得られる($f_d = f_{max}$)。移動速度推定部50では(5)式により移動速度 v_i を求め、ウェイト制御部36に供給する。ここで、 λ は波長、 c は光速($= 3 \times 10^8$ [m/s])、および f_c はキャリア周波数である。

【0056】

$$v_i = f_{di} \times \lambda$$

$$= f_{di} \times c / f_c$$

ウェイト制御部36は、干渉となる移動局# i の移動速度情報(移動速度ベクトルの絶 50

対値 $|V_i|$) と、移動方向情報 θ_i と、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i から、移動方向情報 θ_i を基に最急降下法 LMS などの収束アルゴリズムを動作させ、受信ヌルフォーミングを行って、送信ビーム形成用の重みベクトル W_{-T} と受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} を生成する。

【0057】

ここで、例えば各移動局は GPS 受信部を有し、この GPS 受信部から自局の位置情報を得て、この位置情報を定期的に基地局に通知するものとし、基地局では位置情報の変化から移動速度ベクトル、移動方向情報、基地局 - 移動局間の距離を算出するものとする。

【0058】

なお、上記実施形態では 1 本のアンテナ 30_1 の受信信号を FFT 部 46 に供給して移動速度情報 v_i を推定しているが、アンテナ $30_1 \sim 30_n$ のうち最大受信電力のアンテナを選択して、その受信信号から移動速度情報 v_i を推定する構成としても良い。

【0059】

図 13 は、本発明のアレーアンテナ装置の第 5 実施形態のブロック図を示す。同図中、図 6 と同一部分には同一符号を付す。図 13 において、N 本の無指向性のアンテナ $30_1 \sim 30_n$ を用い、乗算器 $32_1 \sim 32_n$ に与える送信ビーム形成用の重み (ウェイト) ベクトル W_{-T} を $|w_{T-1}, w_{T-2}, \dots, w_{T-N}|$ とし、乗算器 $34_1 \sim 34_n$ に与える受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} を $|w_{R-1}, w_{R-2}, \dots, w_{R-N}|$ とする。

【0060】

また、N 本のアンテナ $30_1 \sim 30_n$ の重み付け前の受信信号を FFT 部 $52_1 \sim 52_n$ に供給して FFT 変換を行い、周波数成分合成 / 平均化部 54 で合成 / 平均化して最大ドップラー周波数の推定を行う。つまり、最大周波数検出部 48 で平均化された周波数成分の最大値 f_{max} を検出することでドップラー周波数 f_d が得、移動速度推定部 50 で (5) 式により移動速度 v_i を求め、ウェイト制御部 36 に供給する。なお、 m ($m < N$) 本のアンテナの受信信号の FFT 変換周波数成分を合成 / 平均化する構成であっても良い。

【0061】

ウェイト制御部 36 は、干渉となる移動局 # i の移動速度情報 (移動速度ベクトルの絶対値 $|V_i|$) と、移動方向情報 θ_i と、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i から、移動方向情報 θ_i を基に最急降下法 LMS などの収束アルゴリズムを動作させ、受信ヌルフォーミングを行って、送信ビーム形成用の重みベクトル W_{-T} と受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} を生成する。

【0062】

ここで、例えば各移動局は GPS 受信部を有し、この GPS 受信部から自局の位置情報を得て、この位置情報を定期的に基地局に通知するものとし、基地局では位置情報の変化から移動速度ベクトル、移動方向情報を算出するものとする。

【0063】

なお、図 10, 図 11 の実施形態と図 12, 図 13 の実施形態の組み合わせについても何ら問題なく動作する。

【0064】

図 14 は、本発明のアレーアンテナ装置の第 6 実施形態のブロック図を示し、図 15 はその重み制御アルゴリズムの実施形態を説明するための図を示す。

【0065】

図 14 において、N 本の無指向性のアンテナ $30_1 \sim 30_n$ を用い、乗算器 $32_1 \sim 32_n$ に与える送信ビーム形成用の重み (ウェイト) ベクトル W_{-T} を $|w_{T-1}, w_{T-2}, \dots, w_{T-N}|$ とし、乗算器 $34_1 \sim 34_n$ に与える受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} を $|w_{R-1}, w_{R-2}, \dots, w_{R-N}|$ とする。

【0066】

ウェイト制御部 36 は、干渉となる移動局 # i の移動速度情報 (移動速度ベクトルの絶

10

20

30

40

50

対値 $|V_i|$) と、移動方向情報 θ_i と、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i から、移動方向情報 θ_i を基に最急降下法 LMS などの収束アルゴリズムを動作させ、受信ヌルフォーミングを行って、送信ビーム形成用の重みベクトル W_T と受信ビーム形成用の重みベクトル W_R を生成して移動方向情報 θ_i と共に到来角比較部 56 及びウェイト決定部 64 に供給する。

【0067】

ここで、例えば各移動局は GPS 受信部を有し、この GPS 受信部から自局の位置情報を得て、この位置情報を定期的に基地局に通知するものとし、基地局では位置情報の変化から移動速度ベクトル、移動方向情報、基地局 - 移動局間の距離を算出する。

【0068】

ウェイト制御部 36 に供給される干渉となる移動局 # i の移動速度情報 $|V_i|$ と、移動方向情報 θ_i と、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i はメモリ部 58 に供給されて複数サンプル分が格納される。

【0069】

図 15 において、ある観測時間 $t = n$ について考える。 $t = 0, 1, 2, \dots$ におけるビームは同心円上を移動する移動局 # 2 に対して、距離 r が一定のため θ のみ変化させて、順次ビームのヌル点を変化させていく。なお、本説明は簡単のため同心円上の干渉となる移動局 # 2 について説明しているが、距離が変化する場合および希望局である移動局 # 1 が移動する場合についても一般化できる。

【0070】

ここで、メモリ部 58 に格納された $0 \leq t \leq n-1$ に得られた複数サンプル分のウェイト制御情報 (移動速度情報 $|V_i|$, 移動方向情報 θ_i , 基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i) を用い、移動速度 $|EV_i|$ とその移動方向 E_i を推定する。この推定により形成される $t = n$ における推定ビームのヌル点の移動方向 $E(n)$ と、観測時間 $t = n$ で実際のウェイト制御情報により計算されたビームのヌル点の移動方向情報 $\theta(n)$ のずれ、つまり、 $\theta_n = |\theta(n) - E(n)|$ を求め、ずれ θ_n が予め規定された閾値 θ_{th} 以上となった場合には、推定したビームのヌル点を初期値としてビームパターンを形成する。

【0071】

このため、図 14 の移動速度・移動方向推定部 60 はメモリ部 58 に格納されている複数サンプル分の干渉となる移動局 # i の移動速度情報 $|V_i|$ と、移動方向情報 θ_i と、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i から移動速度 $|EV_i|$ とその移動方向 E_i を推定して、ウェイト推定部 62 に供給する。

【0072】

ウェイト推定部 62 は、推定された移動速度 $|EV_i|$ と、移動方向 E_i と、距離 (固定) r_i から、干渉となる移動局 # i のパス到来方向 D_oA を推定し、パス到来方向 D_oA を基に最急降下法 (LMS) などの収束アルゴリズムを動作させ、受信ヌルフォーミングを行って、送信ビーム形成用の重みベクトル W_T と受信ビーム形成用の重みベクトル W_R を生成して移動方向 E_i と共に到来角比較部 56 及びウェイト決定部 64 に供給する。

【0073】

到来角比較部 56 では、推定ビームのヌル点の移動方向 $E(n)$ と、実際のウェイト制御情報により計算されたビームのヌル点の移動方向情報 $\theta(n)$ のずれ θ_n を求め、ずれ θ_n を閾値 θ_{th} と比較して、その比較結果をウェイト決定部 64 に供給する。ウェイト決定部 64 では $\theta_n < \theta_{th}$ の場合ウェイト制御部 36 からの送信ビーム形成用の重みベクトル W_T と受信ビーム形成用の重みベクトル W_R を選択して出力し、 $\theta_n \geq \theta_{th}$ の場合ウェイト推定部 62 からの送信ビーム形成用の重みベクトル W_T と受信ビーム形成用の重みベクトル W_R を選択して出力する。

【0074】

これにより、サンプル時間における制御量を超えた移動速度に対応して高速移動時にお

10

20

30

40

50

ける受信電力低下を回避できる。また、一般的に高速移動時には移動速度 / 方向とも変動は小さく推定精度は高い。

【 0 0 7 5 】

図 1 6 は、図 1 4 における重み制御処理のフローチャートを示す。同図中、ウェイト制御部 3 6 はステップ S 1 1 で干渉となる移動局 # i の移動速度情報 $|V_i|$ と、移動方向情報 θ_i と、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i を読み込む。次に、ステップ S 1 2 で現在のウェイトによる希望する移動局 # 1 の受信電力を計算し、ステップ S 1 3 で現在のウェイトによる干渉となる移動局 # i の受信電力を計算する。ステップ S 1 4 では上記移動局 # 1 の受信電力と移動局 # i の受信電力から現在の S I R を計算し、ステップ S 1 5 で現在の S I R が前状態の S I R と同一か否かを判別する。

10

【 0 0 7 6 】

現在の S I R が前状態の S I R と同一でない場合にはステップ S 1 6 でウェイト更新を行ってステップ S 1 2 に進み、ステップ S 1 2 ~ S 1 6 を繰り返す。現在の S I R が前状態の S I R と同一となるとステップ S 1 5 からステップ S 1 7 に進み、現在の S I R を前状態の S I R として保持し、ステップ S 1 8 で移動方向情報 θ_i を演算する。ステップ S 1 6 のウェイト更新については、一般的な L M S を用いる。L M S では希望信号を $d(t)$ 、ビーム形成後の信号を $y(t)$ とした場合、2 乗誤差 $e(t)^2 = [d(t) - y(t)]^2$ が 0 となるように制御する。

【 0 0 7 7 】

次に、ステップ S 2 0 ではステップ S 1 1 で読み込んだ干渉となる移動局 # i の移動速度情報 $|V_i|$ と、移動方向情報 θ_i と、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i をメモリ部 5 8 に格納し、ステップ S 2 1 でメモリ部 5 8 に格納されている複数サンプル分の干渉となる移動局 # i の移動速度情報 $|V_i|$ と、移動方向情報 θ_i と、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i から移動速度 $|EV_i|$ とその移動方向 $E\theta_i$ を推定する。そして、ステップ S 2 2 で推定された移動速度 $|EV_i|$ と、移動方向 $E\theta_i$ と、距離 (固定) r_i から、送信ビーム形成用の重みベクトル W_T と受信ビーム形成用の重みベクトル W_R を生成する。

20

【 0 0 7 8 】

次に、ステップ S 2 3 で推定ビームのヌル点の移動方向 $E(n)$ と、実際のウェイト制御情報により計算されたビームのヌル点の移動方向情報 $\theta(n)$ のずれ δ_n が閾値 t_h 以上か否かを判別し、 $\delta_n > t_h$ の場合ステップ S 2 4 に進みステップ S 2 2 で推定した送信ビーム形成用の重みベクトル W_T と受信ビーム形成用の重みベクトル W_R を選択して出力する。一方、 $\delta_n < t_h$ の場合はステップ S 2 5 に進みステップ S 1 6 で更新した送信ビーム形成用の重みベクトル W_T と受信ビーム形成用の重みベクトル W_R を選択して出力する。

30

【 0 0 7 9 】

図 1 7 は、本発明のアレーアンテナ装置の第 7 実施形態のブロック図を示す。図 1 7 の実施形態では図 1 4 の到来角比較部 5 6 とウェイト決定部 6 4 の代りに、ウェイト補正部 6 6 を設けている。ウェイト補正部 6 6 には、ウェイト制御部 3 6 から送信ビーム形成用の重みベクトル W_T と受信ビーム形成用の重みベクトル W_R と移動方向情報 θ_i が供給され、また、ウェイト推定部 6 2 は、推定された移動速度 $|EV_i|$ と、移動方向情報 θ_i と、距離 (固定) r_i から送信ビーム形成用の重みベクトル W_T と受信ビーム形成用の重みベクトル W_R と移動方向 $E\theta_i$ が供給される。

40

【 0 0 8 0 】

ウェイト補正部 6 6 では、推定ビームのヌル点の移動方向 $E(n)$ と、実際のウェイト制御情報により計算されたビームのヌル点の移動方向情報 $\theta(n)$ のずれ δ_n を求め、ずれ δ_n を閾値 t_h と比較して $\delta_n > t_h$ の場合に、ずれ δ_n に所定の補正係数を乗算した値を補正值としてウェイト制御部 3 6 にフィードバックする。

【 0 0 8 1 】

ウェイト制御部 3 6 では、 $t = n + 1$ 以降、フィードバックされた補正值とウェイト制

50

御情報（干渉となる移動局 # i の移動速度情報 $|V_i|$ と、移動方向情報 θ_i と、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i ）を用いて送信ビーム形成用の重みベクトル W_{-T} と受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} を生成する。このようにして、これまでのビームの遷移を継承するためビーム形成時の推定精度を高めることが可能となる。

【0082】

図18は、本発明のアレーアンテナ装置の第8実施形態のブロック図を示し、図19はその重み制御アルゴリズムの実施形態を説明するための図を示す。

【0083】

図18において、 N 本の無指向性のアンテナ $30_1 \sim 30_n$ を用い、乗算器 $32_1 \sim 32_n$ に与える送信ビーム形成用の重み（ウェイト）ベクトル W_{-T} を $|w_{T_1}, w_{T_2}, \dots, w_{T_N}|$ とし、乗算器 $34_1 \sim 34_n$ に与える受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} を $|w_{R_1}, w_{R_2}, \dots, w_{R_N}|$ とする。

【0084】

ウェイト制御部36は、干渉となる移動局 # i の移動速度情報（移動速度ベクトルの絶対値 $|V_i|$ ）と、移動方向情報 θ_i と、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i から、移動方向情報 θ_i を基に最急降下法 LMS などの収束アルゴリズムを動作させ、受信ヌルフォーミングを行って、送信ビーム形成用の重みベクトル W_{-T} と受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} を生成して移動方向情報 θ_i と共に到来角比較部56及び推定ウェイト到来角電力演算部68及びウェイト決定部72に供給する。

【0085】

ここで、例えば各移動局はGPS受信部を有し、このGPS受信部から自局の位置情報を得て、この位置情報を定期的に基地局に通知するものとし、基地局では位置情報の変化から移動速度ベクトル、移動方向情報、基地局 - 移動局間の距離を算出する。

【0086】

ウェイト制御部36に供給される干渉となる移動局 # i の移動速度情報 $|V_i|$ と、移動方向情報 θ_i と、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i はメモリ部58に供給されて複数サンプル分が格納される。

【0087】

移動速度・移動方向推定部60はメモリ部58に格納されている複数サンプル分の干渉となる移動局 # i の移動速度情報 $|V_i|$ と、移動方向情報 θ_i と、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i から移動速度 $|EV_i|$ とその移動方向 E_i を推定して、ウェイト推定部62に供給する。

【0088】

ウェイト推定部62は、推定された移動速度 $|EV_i|$ と、移動方向 E_i と、距離（固定） r_i から、干渉となる移動局 # i のパス到来方向 DoA を推定し、パス到来方向 DoA を基に最急降下法（LMS）などの収束アルゴリズムを動作させ、受信ヌルフォーミングを行って、送信ビーム形成用の重みベクトル W_{-T} と受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} を生成して移動方向 E_i と共に到来角比較部56及び推定ウェイト到来角電力演算部68及びウェイト決定部72に供給する。

【0089】

到来角比較部56では、推定ビームのヌル点の移動方向 $E(n)$ と、実際のウェイト制御情報により計算されたビームのヌル点の移動方向情報 $\theta(n)$ のずれ δ_n を求め、ずれ δ_n を閾値 t_h と比較して、その比較結果をウェイト決定部64に供給する。ウェイト決定部64では $\delta_n < t_h$ の場合ウェイト制御部36からの送信ビーム形成用の重みベクトル W_{-T} と受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} を選択して出力し、 $\delta_n > t_h$ の場合ウェイト推定部62からの送信ビーム形成用の重みベクトル W_{-T} と受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} を選択して出力する。

【0090】

本実施形態は、ある与えられた移動速度 $|V_i|$ において、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i に応じたヌル点のずれによる干渉電力抑圧量 P が異なるため、これに対応するも

10

20

30

40

50

のである。なお、干渉電力抑圧量 P とは、 $t = n$ における実際のビームの干渉電力と推定ビームの干渉電力の差である。

【0091】

ヌル点のずれ θ_n が一定 ($\theta_{na} = \theta_{nb}$) であっても、距離 r_i が大きい場合は図19(A)に示すようにビーム幅が狭いために干渉電力抑圧量 P_{2a} は大きくなり、距離 r_i が小さい場合は図19(B)に示すようにビーム幅が広いために干渉電力抑圧量 P_{2a} は小さくなる。

【0092】

従って、距離 r_i が小さい場合はずれ θ_n が大きくても受信電力の低減が小さいため、ウェイト推定値を用いたビーム形成を行わないようにする。この場合は $t = n$ において $0 \leq t \leq n-1$ で得られたウェイト制御情報を用いて推定されたビームの干渉電力と、 $t = n$ の実際のウェイト制御情報より得られたビーム利得パターンのずれ θ_n における干渉電力の差つまり干渉電力抑圧量 P_n が規定する閾値 P_{th} 以上になった場合には、推定したビームのヌル点を初期値としてビームパターンを形成する。

【0093】

図18の推定ウェイト到来角電力演算部68では、ウェイト制御部36からの出力ウェイトによる干渉局の到来方向(ヌル点)を求め、このヌル点においてウェイト推定部62からの推定ウェイトによる干渉電力抑圧量 P_n を算出する。電力比較部70では、上記干渉電力抑圧量 P_n が閾値 P_{th} 以上となっているかどうかを判断してウェイト決定部72に通知する。

【0094】

干渉電力抑圧量 P_n が閾値 P_{th} 以下の場合には、ウェイト決定部72ではウェイト制御部36の出力を選択し、干渉電力抑圧量 P_n が閾値 P_{th} 以上の場合には、ウェイト推定部62の出力を選択し更新ウェイトとする。

【0095】

図20は、本発明のアレーアンテナ装置の第9実施形態のブロック図を示す。図20の実施形態では図18の到来角比較部56とウェイト決定部72の代りに、ウェイト補正部74を設けている。ウェイト補正部74には、ウェイト制御部36から送信ビーム形成用の重みベクトル W_{-T} と受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} と移動方向情報 θ_i が供給され、また、ウェイト推定部62は、推定された移動速度 $|EV_i|$ と、移動方向情報 θ_i と、距離(固定) r_i から送信ビーム形成用の重みベクトル W_{-T} と受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} と移動方向 E_i と、電力比較部70の出力が供給される。

【0096】

ウェイト補正部74では、干渉電力抑圧量 P_n が閾値 P_{th} 以上となった場合において、 $t = n$ の実際のウェイト制御情報より得られたビーム利得パターンと、 $t = n$ において推定されたビームのずれである干渉電力抑圧量 P_n 及びずれ θ_n に所定の補正係数を乗算した値を補正值として補正值としてウェイト制御部36にフィードバックする。

【0097】

ウェイト制御部36では、 $t = n + 1$ 以降、フィードバックされた補正值とウェイト制御情報(干渉となる移動局 # i の移動速度情報 $|V_i|$ と、移動方向情報 θ_i と、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i) を用いて送信ビーム形成用の重みベクトル W_{-T} と受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} を生成する。このようにして、これまでのビームの遷移を継承するためビーム形成時の推定精度を高めることが可能となる。

【0098】

図21は、本発明のアレーアンテナ装置の第10実施形態のブロック図を示す。同図中、隣接するセル # A とセル # B では、 N 本の無指向性のアンテナ $30_1 \sim 30_n$ を用い、乗算器 $32_1 \sim 32_n$ に与える送信ビーム形成用の重み(ウェイト)ベクトル W_{-T} を $|W_{T-1}, W_{T-2}, \dots, W_{T-N}|$ とし、乗算器 $34_1 \sim 34_n$ に与える受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} を $|W_{R-1}, W_{R-2}, \dots, W_{R-N}|$ とする。

10

20

30

40

50

【0099】

セル# Aにおいて、ウェイト制御部36は、干渉となる移動局# iの移動速度情報(移動速度ベクトルの絶対値 $|V_i|$)と、移動方向情報 θ_i と、基地局-移動局# i間の距離 r_i から、移動方向情報 θ_i を基に最急降下法LMSなどの収束アルゴリズムを動作させ、受信ヌルフォーミングを行って、送信ビーム形成用の重みベクトル W_{-T} と受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} を生成して移動方向情報 θ_i と共に到来角比較部56及びウェイト決定部64に供給する。

【0100】

ここで、例えば各移動局はGPS受信部を有し、このGPS受信部から自局の位置情報を得て、この位置情報を定期的に基地局に通知するものとし、基地局では位置情報の変化から移動速度ベクトル、移動方向情報、基地局-移動局間の距離を算出する。

10

【0101】

ウェイト制御部36に供給される干渉となる移動局# iの移動速度情報 $|V_i|$ と、移動方向情報 θ_i と、基地局-移動局# i間の距離 r_i はメモリ部58に供給されて複数サンプル分が格納される。移動速度・移動方向推定部60はメモリ部58に格納されている複数サンプル分の干渉となる移動局# iの移動速度情報 $|V_i|$ と、移動方向情報 θ_i と、基地局-移動局# i間の距離 r_i から移動速度 $|EV_i|$ とその移動方向 $E\theta_i$ を推定して、当該移動局がセル# Aからセル# Bにハンドオーバーする場合に移動速度 $|EV_i|$ と移動方向 $E\theta_i$ をセル# Bの初期ウェイト生成部80に供給する。

【0102】

20

セル# Bにおいて、初期ウェイト生成部80は、推定された移動速度 $|EV_i|$ と、移動方向 $E\theta_i$ と、固定の距離 r_i (ハンドオーバー時の基地局-移動局間距離 $r_i = r_{max}$ は自明)から、干渉となる移動局# iのパス到来方向DoAを推定し、パス到来方向DoAを基に受信ヌルフォーミングを行って、送信ビーム形成用の重みベクトル W_{-T} と受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} の初期値を生成して、セル# Bのウェイト制御部36に供給する。

【0103】

この構成により、ビーム形成の初期引き込み時間を削減することでハンドオーバーしてくる移動局の干渉を瞬時に抑圧することが可能となる。

【0104】

30

図22は、本発明のアレーアンテナ装置の第11実施形態のブロック図を示す。同図中、N本の無指向性のアンテナ30₁~30_nを用い、乗算器32₁~32_nに与える送信ビーム形成用の重み(ウェイト)ベクトル W_{-T} を $|W_{-T_1}, W_{-T_2}, \dots, W_{-T_N}|$ とし、乗算器34₁~34_nに与える受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} を $|W_{-R_1}, W_{-R_2}, \dots, W_{-R_N}|$ とする。

【0105】

到来方向推定部82では、干渉となる移動局のパス到来方向DoAを推定し、DoA推定値をウェイト制御部36に供給する。

【0106】

ウェイト制御部36は、推定された干渉となる移動局のパス到来方向DoAを初期値とし、干渉となる移動局# iの移動速度情報(移動速度ベクトルの絶対値 $|V_i|$)と、移動方向情報 θ_i と、基地局-移動局# i間の距離 r_i から、移動方向情報 θ_i を基に最急降下法LMSなどの収束アルゴリズムを動作させ、受信ヌルフォーミングを行って、送信ビーム形成用の重みベクトル W_{-T} と受信ビーム形成用の重みベクトル W_{-R} を生成する。ウェイト制御部36が実行する重み制御アルゴリズムとしては、図7で説明した第1実施形態、または図9で説明した第2実施形態を用いる。

40

【0107】

ここで、例えば各移動局はGPS(Global Positioning System)受信部を有し、このGPS受信部から自局の位置情報を得て、この位置情報を定期的に基地局に通知するものとし、基地局では位置情報の変化から移動速度ベクトル、移動

50

方向情報、基地局 - 移動局間の距離を算出する。また、乗算器 34₁ ~ 34_n の出力信号は加算部 38 で加算されて出力される。なお、本発明によるヌル制御規範は送信ヌルフォーミングにもそのまま適用できる。

【0108】

この実施形態では、到来方向推定部 82 で干渉となる移動局のパス到来方向 D o A を推定し、D o A 推定値をウェイト制御部 36 で初期値として用いるため、受信ヌルフォーミングの収束が速くなる。

【0109】

図 23 は、本発明のアレーアンテナ装置の第 12 実施形態のブロック図を示す。同図中、N 本の無指向性のアンテナ 30₁ ~ 30_n を用い、乗算器 32₁ ~ 32_n に与える送信ビーム形成用の重み (ウェイト) ベクトル W_{T} を $|W_{T_1}, W_{T_2}, \dots, W_{T_N}|$ とし、乗算器 34₁ ~ 34_n に与える受信ビーム形成用の重みベクトル W_{R} を $|W_{R_1}, W_{R_2}, \dots, W_{R_N}|$ とする。

【0110】

到来方向推定部 82 では、干渉となる移動局のパス到来方向 D o A を推定し、D o A 推定値をウェイト制御部 36 に供給する。

【0111】

ウェイト制御部 36 は、推定された干渉となる移動局のパス到来方向 D o A を初期値とし、干渉となる移動局 # i の移動速度情報 (移動速度ベクトルの絶対値 $|V_i|$) と、移動方向情報 θ_i と、基地局 - 移動局 # i 間の距離 r_i から、移動方向情報 θ_i を基に最急降下法 LMS などの収束アルゴリズムを動作させ、受信ヌルフォーミングを行って、送信ビーム用の 1 次重みベクトル W_{T_1} と受信ビーム用の 1 次重みベクトル W_{R_1} を生成する。ウェイト制御部 36 が実行する重み制御アルゴリズムとしては、図 7 で説明した第 1 実施形態、または図 9 で説明した第 2 実施形態を用いる。

【0112】

ここで、例えば各移動局は GPS (Global Positioning System) 受信部を有し、この GPS 受信部から自局の位置情報を得て、この位置情報を定期的に基地局に通知するものとし、基地局では位置情報の変化から移動速度ベクトル、移動方向情報、基地局 - 移動局間の距離を算出する。また、乗算器 34₁ ~ 34_n の出力信号は加算部 38 で加算されて出力される。なお、本発明によるヌル制御規範は送信ヌルフォーミングにもそのまま適用できる。

【0113】

収束アルゴリズム部 84 は、アンテナ 30₁ ~ 30_n の受信信号にウェイト制御部 36 から供給される 1 次重みベクトル W_{R} を乗算した結果を、レプリカ格納部 86 から読出した既知の基準信号と比較して最急降下法 LMS などの収束アルゴリズムにより収束させることで受信ヌルフォーミングを行い、送信ビーム形成用の重みベクトル W_{T} と受信ビーム形成用の重みベクトル W_{R} を生成する。

【0114】

この実施形態では収束アルゴリズムを二重に動作させるため、送信ビーム形成用の重みベクトル W_{T} と受信ビーム形成用の重みベクトル W_{R} の収束を高速に行うことができる。

【0115】

なお、上記実施形態では、基地局から移動局への下りリンクについて説明しているが、移動局から基地局への上りリンクについても適用可能である。

【0116】

なお、ウェイト制御部 36 が請求項記載のウェイト制御手段に対応し、受信電力推定部 40₁, 42₁ ~ 42_n, 受信電力合成 / 平均部 44 が距離推定手段に対応し、FFT 部 46, 52₁ ~ 52_n, 周波数成分合成 / 平均部 54, 最大周波数検出部 48, 移動速度推定部 50 が移動速度推定手段に対応し、メモリ部 58, 移動速度・移動方向推定部 60, ウェイト推定部 62 がヌル点推定手段に対応し、到来角比較部 56, ウェイト決定部 6

10

20

30

40

50

4 が初期値設定手段に対応し、ウェイト補正部 66 がフィードバック手段に対応し、初期ウェイト生成部 80 がハンドオーバー初期値設定手段に対応し、到来方向推定部 82 がパス到来方向推定手段に対応し、収束アルゴリズム部 84, レプリカ格納部 86 が収束手段に対応する。

(付記 1)

アレーアンテナのヌル点を干渉となる移動局に向けるようビーム形成を行うアレーアンテナのビーム形成方法において、

前記干渉となる移動局の移動速度と移動方向及び前記アレーアンテナと前記干渉となる移動局の距離を基に、前記干渉となる移動局が移動した時の信号電力対干渉電力比が、前記距離によらず、移動前と移動後で一定となるようビーム形成を行うことを特徴とするアレーアンテナのビーム形成方法。

10

(付記 2)

アレーアンテナのヌル点を干渉となる移動局に向けるようビーム形成を行うアレーアンテナのビーム形成方法において、

前記干渉となる移動局の移動速度と移動方向及び前記アレーアンテナと前記干渉となる移動局の距離を基に、一定時間内で前記干渉となる移動局が移動した時の信号電力対干渉電力比の総和が、前記距離によらず、移動前と移動後で一定となるようビーム形成を行うことを特徴とするアレーアンテナのビーム形成方法。

(付記 3)

アレーアンテナのヌル点を干渉となる移動局に向けるようビーム形成を行うアレーアンテナ装置において、

前記干渉となる移動局の移動速度と移動方向及び前記アレーアンテナと前記干渉となる移動局の距離を基に、前記干渉となる移動局が移動した時の信号電力対干渉電力比が、前記距離によらず、移動前と移動後で一定となるようビーム形成用ウェイトを制御するウェイト制御手段を

有することを特徴とするアレーアンテナ装置。

20

(付記 4)

アレーアンテナのヌル点を干渉となる移動局に向けるようビーム形成を行うアレーアンテナ装置において、

前記干渉となる移動局の移動速度と移動方向及び前記アレーアンテナと前記干渉となる移動局の距離を基に、一定時間内で前記干渉となる移動局が移動した時の信号電力対干渉電力比の総和が、前記距離によらず、移動前と移動後で一定となるようビーム形成用ウェイトを制御するウェイト制御手段を

有することを特徴とするアレーアンテナ装置。

30

(付記 5)

付記 3 または 4 記載のアレーアンテナ装置において、

前記アレーアンテナのうち単一のアンテナにおける前記干渉となる移動局の受信電力から前記干渉となる移動局の距離を推定する距離推定手段を

有することを特徴とするアレーアンテナ装置。

40

(付記 6)

付記 3 または 4 記載のアレーアンテナ装置において、

前記アレーアンテナのうち最大受信電力のアンテナにおける前記干渉となる移動局の受信電力から前記干渉となる移動局の距離を推定する距離推定手段を

有することを特徴とするアレーアンテナ装置。

(付記 7)

付記 3 または 4 記載のアレーアンテナ装置において、

前記アレーアンテナの複数のアンテナにおける前記干渉となる移動局の受信電力の平均値から前記干渉となる移動局の距離を推定する距離推定手段を

有することを特徴とするアレーアンテナ装置。

50

(付記 8)

付記 3 または 4 記載のアレーアンテナ装置において、

前記アレーアンテナのうち単一のアンテナにおける受信信号のフーリエ変換を行って最大ドップラー周波数を推定し、前記最大ドップラー周波数から前記干渉となる移動局の移動速度を推定する移動速度推定手段を有することを特徴とするアレーアンテナ装置。

(付記 9)

付記 3 または 4 記載のアレーアンテナ装置において、

前記アレーアンテナのうち最大受信電力のアンテナにおける受信信号のフーリエ変換を行って最大ドップラー周波数を推定し、前記最大ドップラー周波数から前記干渉となる移動局の移動速度を推定する移動速度推定手段を有することを特徴とするアレーアンテナ装置。

10

(付記 10)

付記 3 または 4 記載のアレーアンテナ装置において、

前記アレーアンテナの複数のアンテナにおける受信信号のフーリエ変換を行って複数の最大ドップラー周波数を推定し、前記複数の最大ドップラー周波数の平均値から前記干渉となる移動局の移動速度を推定する移動速度推定手段を有することを特徴とするアレーアンテナ装置。

(付記 11)

付記 3 乃至 10 のいずれか記載のアレーアンテナ装置において、

ある観測時点以前に得られた前記干渉となる移動局の移動速度と移動方向から前記ある観測時点におけるビームのヌル点を推定するヌル点推定手段と、

20

前記ヌル点推定手段の推定値と前記ある観測時点における実際のビームのヌル点とのずれが閾値以上になったとき前記ヌル点推定手段で推定したビームのヌル点をビーム形成の初期値として設定する初期値設定手段を有することを特徴とするアレーアンテナ装置。

(付記 12)

付記 11 記載のアレーアンテナ装置において、

前記ヌル点推定手段の推定値と前記ある観測時点における実際のビームのヌル点とのずれに応じた補正値を前記ウェイト制御手段にフィードバックするフィードバック手段を有することを特徴とするアレーアンテナ装置。

30

(付記 13)

付記 11 または 12 記載のアレーアンテナ装置において、

前記初期値設定手段は、前記ある観測時点における実際のビームのヌル点における前記ヌル点推定手段の推定値から求めた干渉電力抑圧量が閾値以上となったとき前記ビーム形成の初期値を設定することを特徴とするアレーアンテナ装置。

(付記 14)

付記 3 乃至 13 のいずれか記載のアレーアンテナ装置において、

ハンドオーバーしてくる前記干渉となる移動局の移動速度と移動方向を供給され、ハンドオーバー時に前記干渉となる移動局のパス到来方向を推定して前記ウェイト制御手段に初期値として設定するハンドオーバー初期値設定手段を有することを特徴とするアレーアンテナ装置。

40

(付記 15)

付記 3 または 4 記載のアレーアンテナ装置において、

前記アレーアンテナの受信信号から前記干渉となる移動局のパス到来方向を推定して前記ウェイト制御手段に初期値として設定するパス到来方向推定手段を有することを特徴とするアレーアンテナ装置。

(付記 16)

付記 3 または 4 または 15 記載のアレーアンテナ装置において、

前記アレーアンテナの受信信号に前記ウェイト制御手段の出力する受信用ウェイトを乗算した結果を既知の基準信号と比較して収束させ受信ヌルフォーミングを行う収束手段を

50

有することを特徴とするアレーアンテナ装置。

【図面の簡単な説明】

【0117】

【図1】従来のヌルフォーミング法を用いた装置のブロック図である。

【図2】従来の重み制御アルゴリズムを説明するための図である。

【図3】移動局の距離に応じた位相変化を説明するための図である。

【図4】従来のビーム制御を説明するための図である。

【図5】従来のビーム制御を説明するための図である。

【図6】本発明のアレーアンテナ装置の第1実施形態のブロック図である。

【図7】重み制御アルゴリズムの第1実施形態を説明するための図である。

10

【図8】重み制御処理の第1実施形態のフローチャートである。

【図9】重み制御アルゴリズムの第2実施形態を説明するための図である。

【図10】本発明のアレーアンテナ装置の第2実施形態のブロック図である。

【図11】本発明のアレーアンテナ装置の第3実施形態のブロック図である。

【図12】本発明のアレーアンテナ装置の第4実施形態のブロック図である。

【図13】本発明のアレーアンテナ装置の第5実施形態のブロック図である。

【図14】本発明のアレーアンテナ装置の第6実施形態のブロック図である。

【図15】図14に示す装置の重み制御アルゴリズムの実施形態を説明するための図である。

【図16】図14に示す装置の重み制御アルゴリズムのフローチャートである。

20

【図17】本発明のアレーアンテナ装置の第7実施形態のブロック図である。

【図18】本発明のアレーアンテナ装置の第8実施形態のブロック図である。

【図19】図18に示す装置の重み制御アルゴリズムの実施形態を説明するための図である。

【図20】本発明のアレーアンテナ装置の第9実施形態のブロック図である。

【図21】本発明のアレーアンテナ装置の第10実施形態のブロック図である。

【図22】本発明のアレーアンテナ装置の第11実施形態のブロック図である。

【図23】本発明のアレーアンテナ装置の第12実施形態のブロック図である。

【符号の説明】

【0118】

30

30₁ ~ 30_n アンテナ

32₁ ~ 32_n 乗算器

34₁ ~ 34_n 乗算器

36 ウェイト制御部

38 加算部

42₁ ~ 42_n 受信電力測定部

44 受信電力合成 / 平均化部

46 FFT部

48 最大周波数検出部

56 到来角比較部

40

58 メモリ部

60 移動速度・移動方向推定部

62 ウェイト推定部

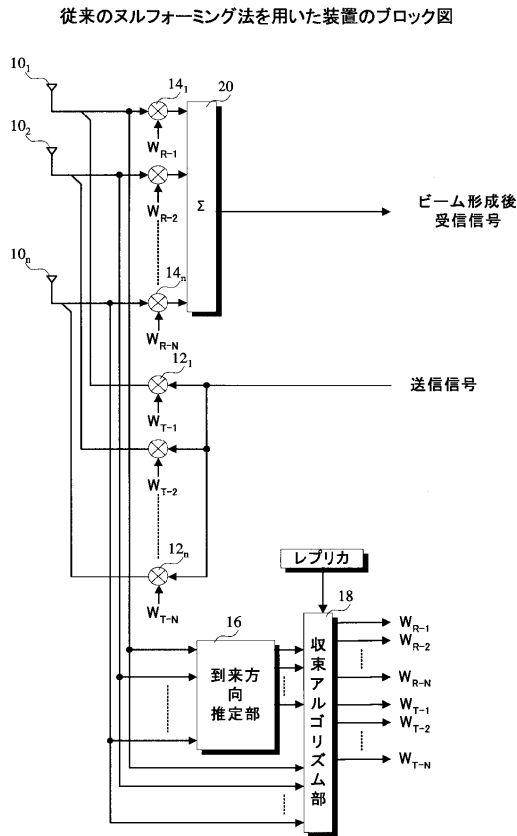
64, 72 ウェイト決定部

66, 74 ウェイト補正部

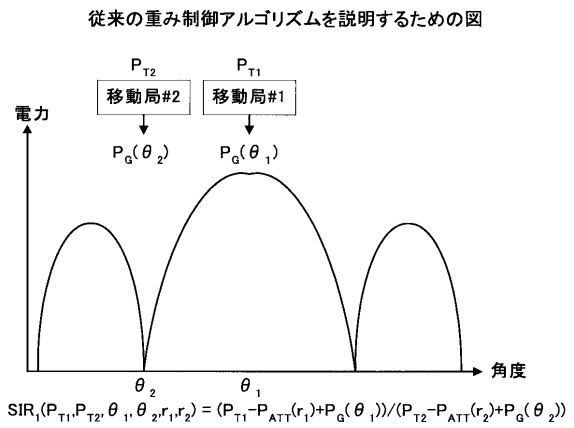
68 推定ウェイト到来角電力演算部

70 電力比較部

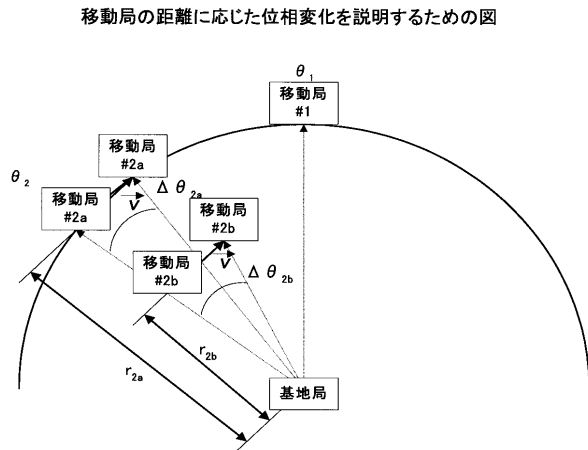
【図1】



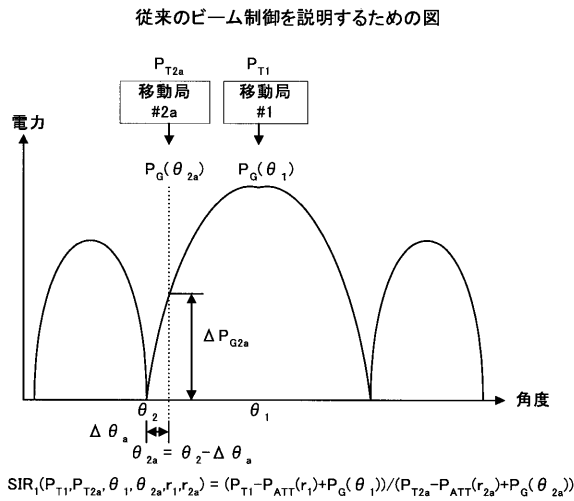
【図2】



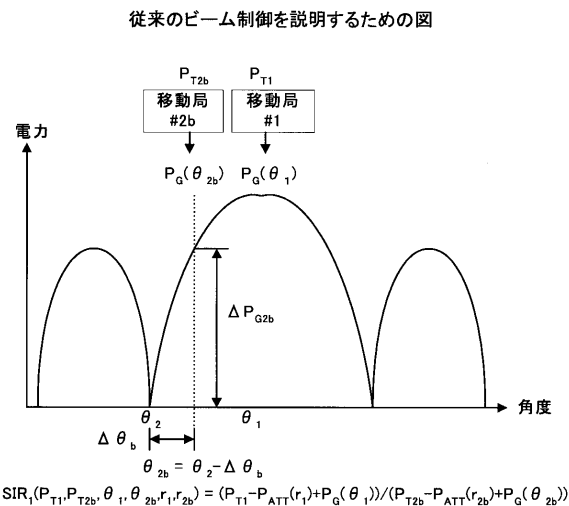
【図3】



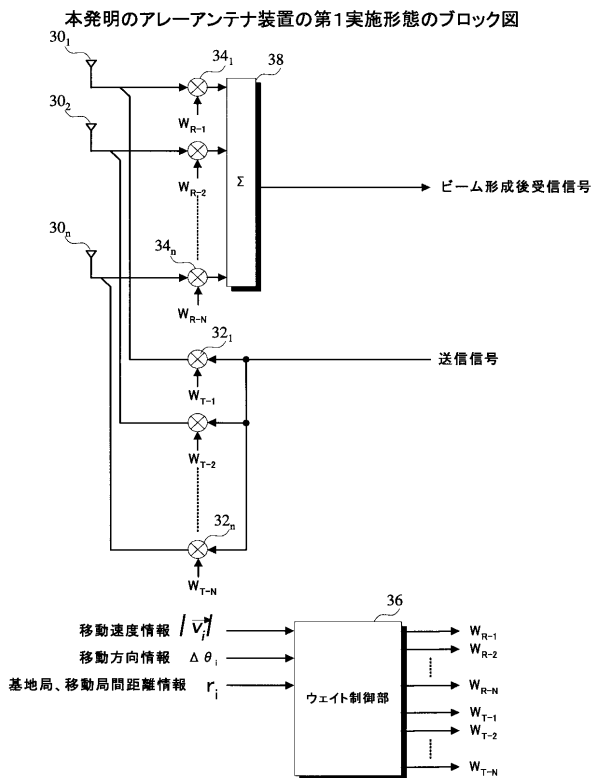
【図4】



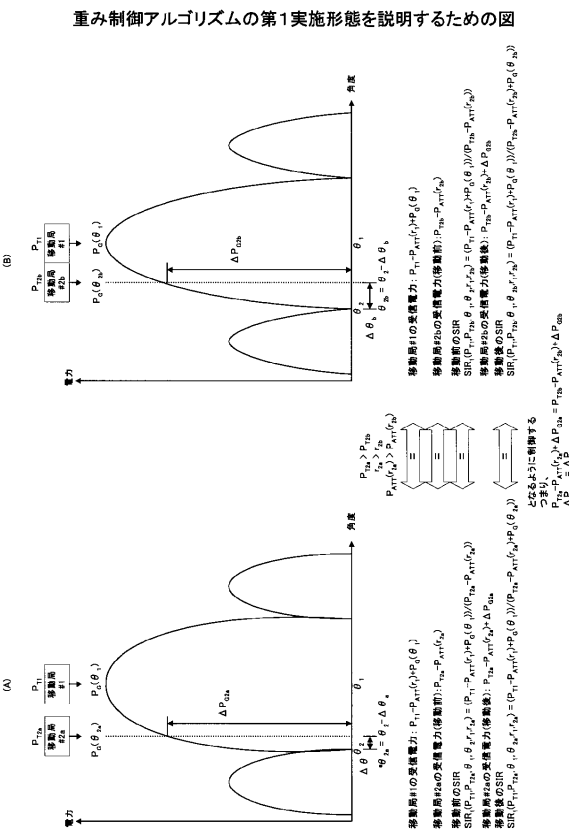
【図5】



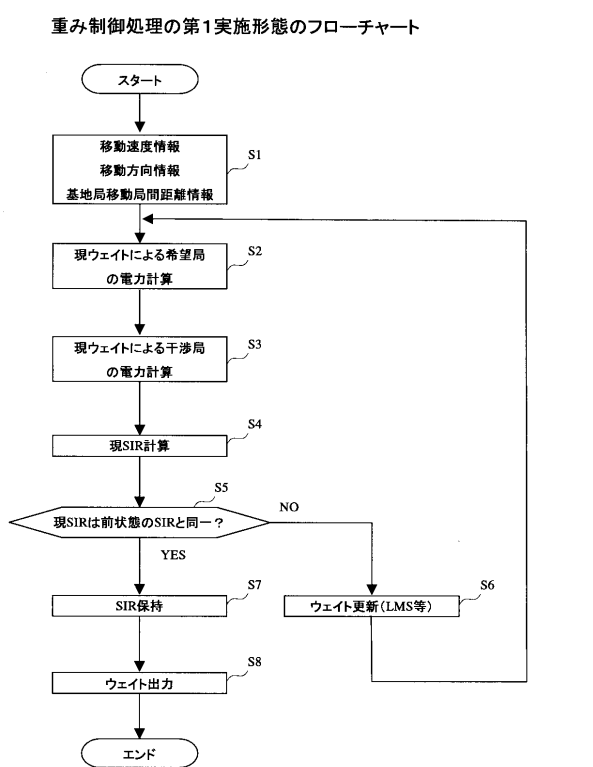
【図6】



【図7】

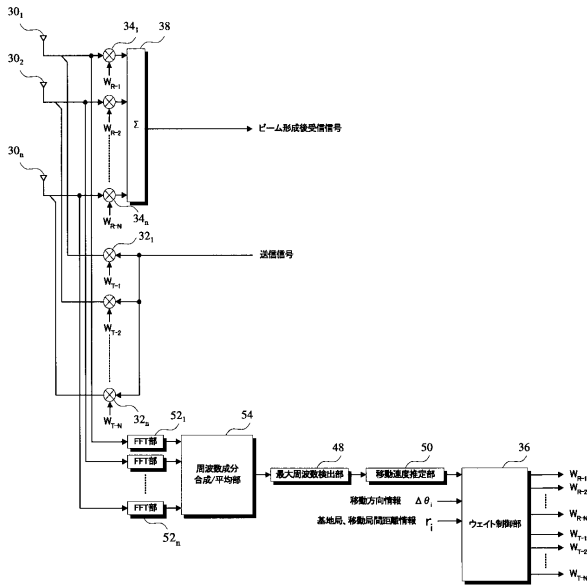


【図8】



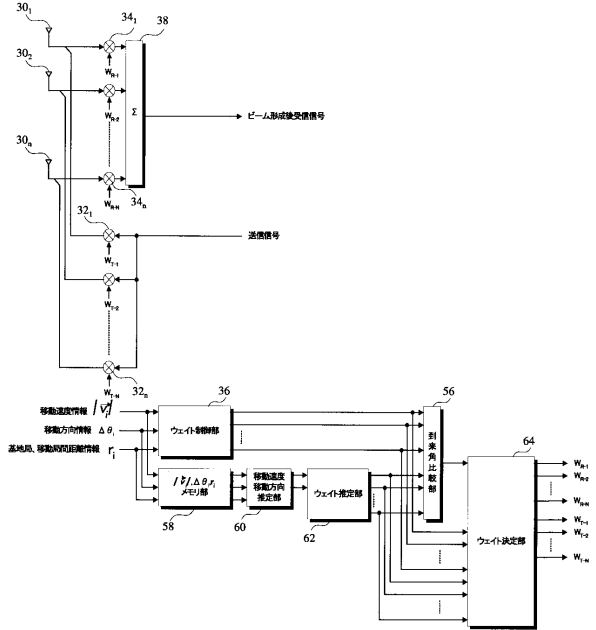
【図13】

本発明のアレーアンテナ装置の第5実施形態のブロック図



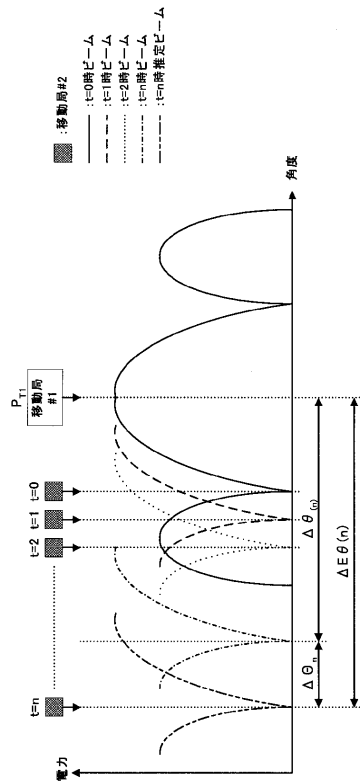
【図14】

本発明のアレーアンテナ装置の第6実施形態のブロック図



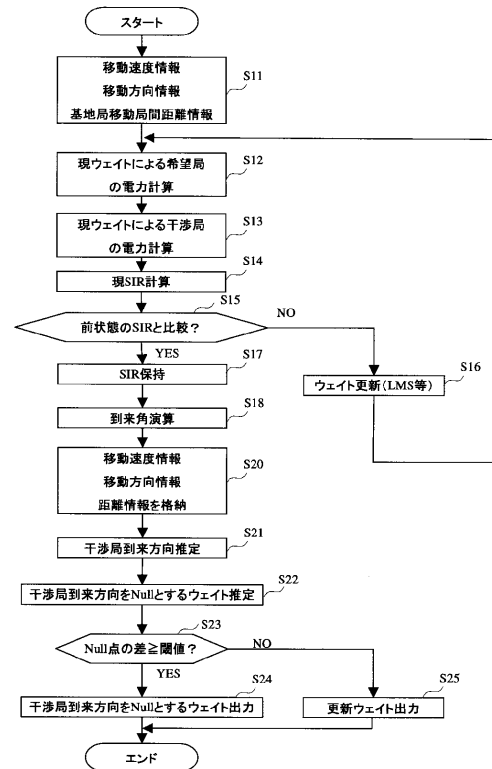
【図15】

図14に示す装置の重み制御アルゴリズムの実施形態を説明するための図

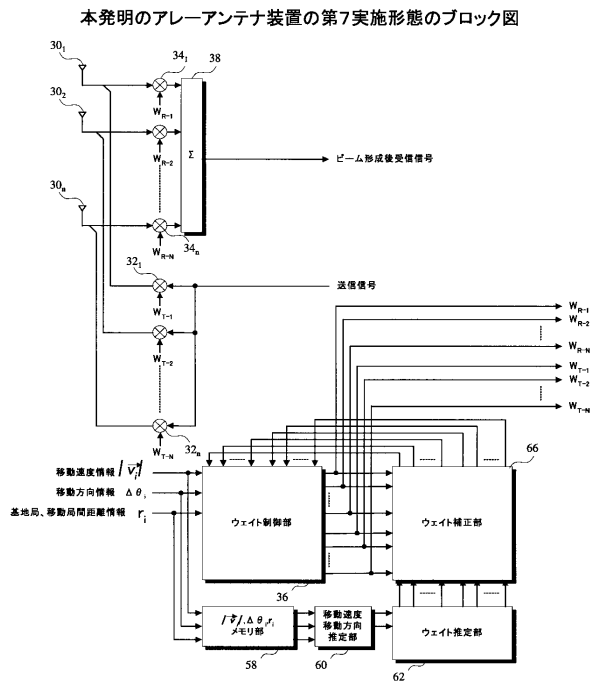


【図16】

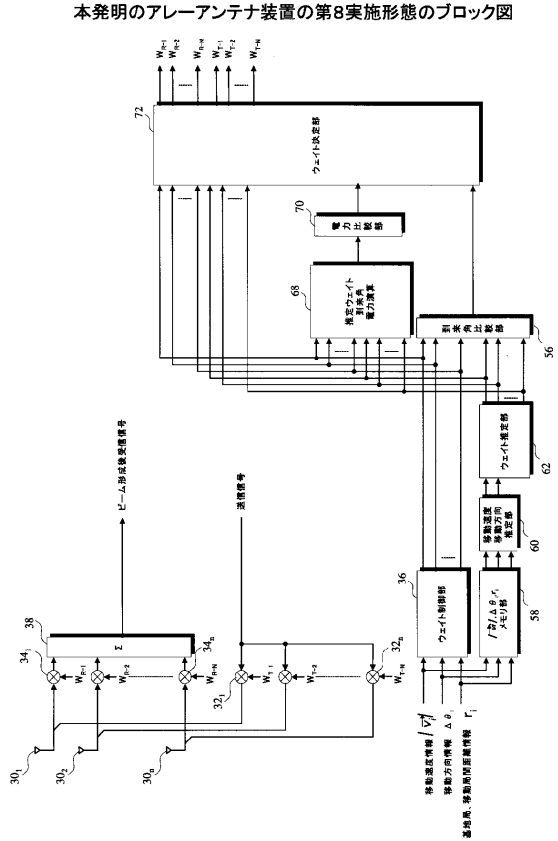
図14に示す装置の重み制御アルゴリズムのフローチャート



【図17】

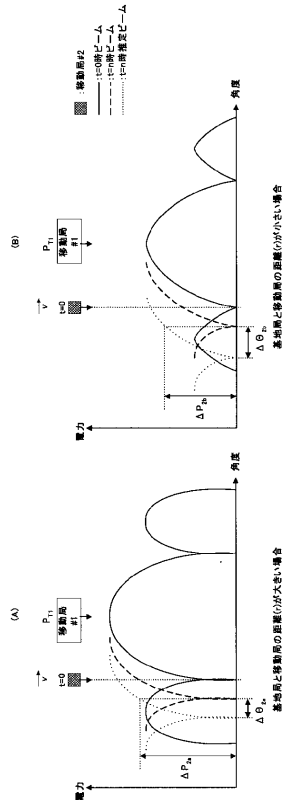


【図18】



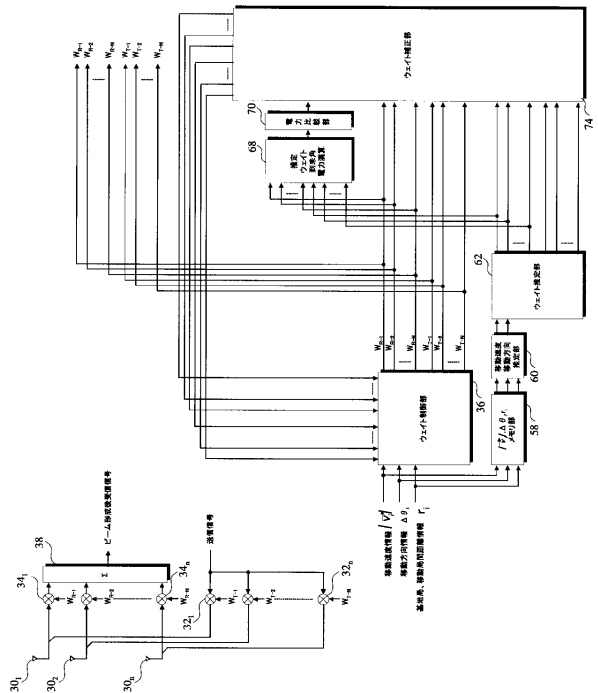
【図19】

図18に示す装置の重み制御アルゴリズムの実施形態を説明するための図



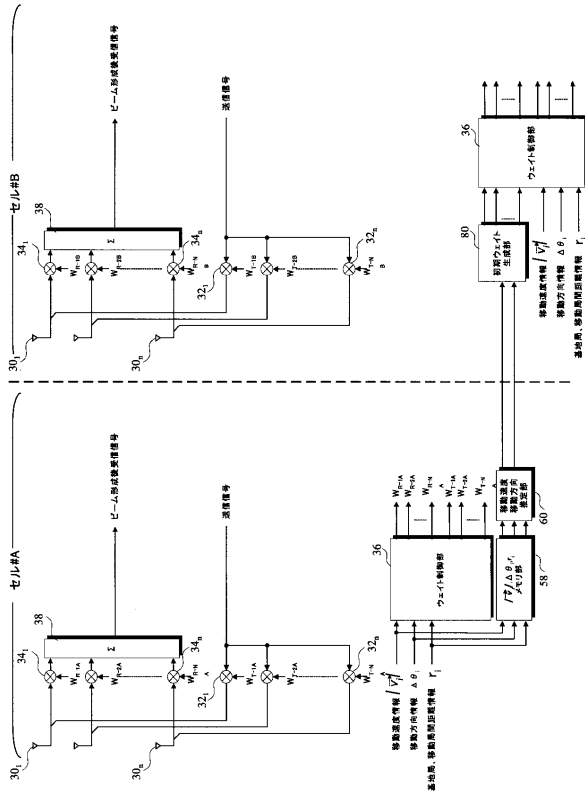
【図20】

本発明のアレーアンテナ装置の第9実施形態のブロック図



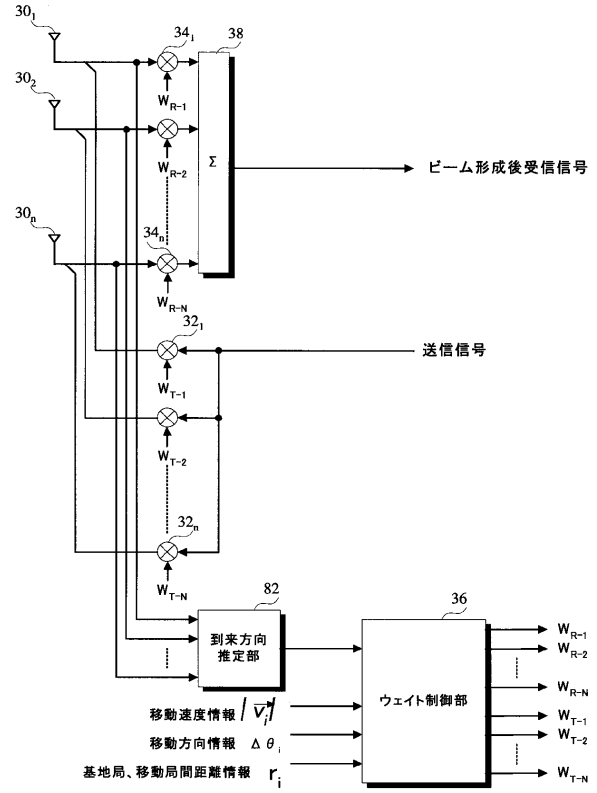
【図 2 1】

本発明のアレーアンテナ装置の第10実施形態のブロック図



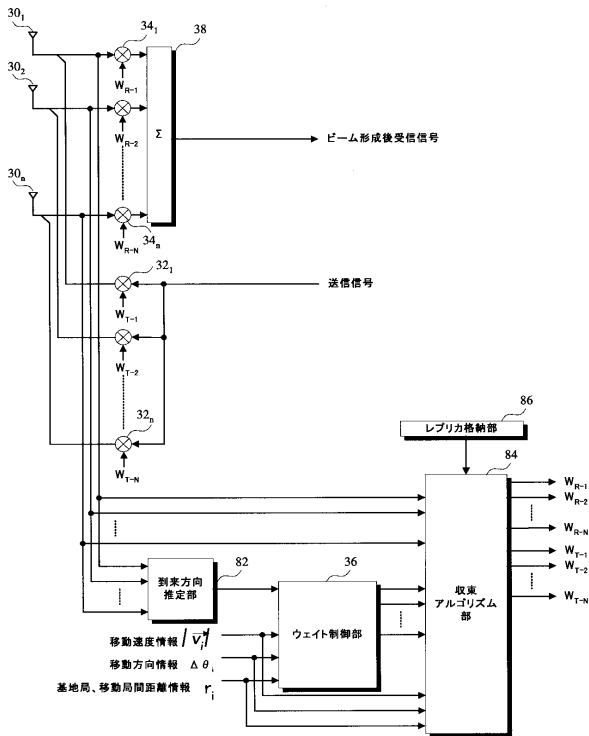
【図 2 2】

本発明のアレーアンテナ装置の第11実施形態のブロック図



【図 2 3】

本発明のアレーアンテナ装置の第12実施形態のブロック図



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-008494(JP,A)
特開2001-148655(JP,A)
特開2001-320318(JP,A)
特開2003-347999(JP,A)
特開2000-022618(JP,A)
特開平08-274687(JP,A)
特開平10-285104(JP,A)
国際公開第2004/066523(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01Q 3/26
H04B 7/08
H04B 7/10
WPI