

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5794688号
(P5794688)

(45) 発行日 平成27年10月14日(2015.10.14)

(24) 登録日 平成27年8月21日(2015.8.21)

(51) Int.Cl.		F I	
HO 1 Q 21/12	(2006.01)	HO 1 Q 21/12	
HO 1 Q 3/26	(2006.01)	HO 1 Q 3/26	Z
HO 1 Q 1/32	(2006.01)	HO 1 Q 1/32	A
HO 4 B 7/10	(2006.01)	HO 4 B 7/10	A
HO 1 Q 21/30	(2006.01)	HO 1 Q 21/30	

請求項の数 15 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2011-189359 (P2011-189359)
 (22) 出願日 平成23年8月31日(2011.8.31)
 (65) 公開番号 特開2013-51603 (P2013-51603A)
 (43) 公開日 平成25年3月14日(2013.3.14)
 審査請求日 平成26年8月12日(2014.8.12)

(73) 特許権者 304023318
 国立大学法人静岡大学
 静岡県静岡市駿河区大谷836
 (74) 代理人 100108914
 弁理士 鈴木 壯兵衛
 (72) 発明者 桑原 義彦
 静岡県浜松市城北3丁目5-1 国立大学
 法人静岡大学工学部内
 審査官 佐藤 当秀

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 開口面共用アレーアンテナ及び適応指向性受信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに離間して、平行に配置された第1及び第2の端部ストライプと、
 mを正の整数として、前記第1及び第2の端部ストライプのそれぞれに、それぞれの両側の端部を接続し、互いに平行に設けられた第1～第m番目のm本の主グリッド線と、
 前記主グリッド線の長手方向に直交する方向を長手方向として、前記主グリッド線のすべてに交わるように平行に設けられた4本の補助グリッド線
 とを有した矩形の格子状の共有アンテナ開口面を備え、前記4本の補助グリッド線を前記第1の端部ストライプ側から順に第1、第2、第3及び第4の補助グリッド線とし、前記第m番目の主グリッド線と前記第1の補助グリッド線との交点を第1の給電点、前記第1番目の主グリッド線と前記第3の補助グリッド線との交点を第2の給電点、前記第1番目の主グリッド線と前記第4の補助グリッド線との交点を第3の給電点、前記第1番目の主グリッド線と前記第2の補助グリッド線との交点を第4の給電点と選定し、前記第1～第4の給電点により、前記共有アンテナ開口面に4つの電磁波的に独立した仮想アンテナを配列したことを特徴とする開口面共用アレーアンテナ。

【請求項2】

前記第2の給電点から前記第1、第3及び第4の給電点までの距離が、誤差±10%の範囲で互いに等しく、前記第4の給電点から前記第1、第2及び第3の給電点までの距離が、誤差±10%の範囲で互いに等しいことを特徴とする請求項2に記載の開口面共用アレーアンテナ。

【請求項 3】

前記共有アンテナ開口面が受信する無線信号の搬送波の波長を λ として、前記第 2 の給電点から前記第 1、第 3 及び第 4 の給電点までの距離、及び前記第 4 の給電点から前記第 1、第 2 及び第 3 の給電点までの距離がそれぞれ、 $0.1 \sim 0.5 \lambda$ の範囲の値であることを特徴とする請求項 2 に記載の開口面共用アレーアンテナ。

【請求項 4】

前記第 1、第 2、第 3 及び第 4 の給電点が、平行四辺形のそれぞれの頂点を構成することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の開口面共用アレーアンテナ。

【請求項 5】

前記平行四辺形の各辺の長さが、誤差 $\pm 10\%$ の範囲で互いに等しいことを特徴とする請求項 4 に記載の開口面共用アレーアンテナ。

10

【請求項 6】

前記共有アンテナ開口面が受信する無線信号の搬送波の波長を λ として、前記平行四辺形の各辺の長さが、 $0.1 \sim 0.5 \lambda$ の範囲の値であることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の開口面共用アレーアンテナ。

【請求項 7】

前記共有アンテナ開口面が自動車のリアデフォッグを用いて構成され、前記自動車に搭載されることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の開口面共用アレーアンテナ。

【請求項 8】

20

互いに離間して、平行に配置された第 1 及び第 2 の端部ストライプ、 m を正の整数として、前記第 1 及び第 2 の端部ストライプのそれぞれに、それぞれの両側の端部を接続し、互いに平行に設けられた第 1 ~ 第 m 番目の m 本の主グリッド線、前記主グリッド線の長手方向に直交する方向を長手方向として、前記主グリッド線のすべてに交わるように平行に設けられた 4 本の補助グリッド線とを有した矩形の格子状の共有アンテナ開口面を備える開口面共用アレーアンテナと、

前記 4 本の補助グリッド線を前記第 1 の端部ストライプ側から順に第 1、第 2、第 3 及び第 4 の補助グリッド線とし、前記第 m 番目の主グリッド線と前記第 1 の補助グリッド線との交点を無線信号を空中から捉える活性素子の給電点と選定し、該活性素子の給電点に接続されたベースバンド信号生成部と、

30

前記第 m 番目の主グリッド線と前記第 3 の補助グリッド線との交点、前記第 1 番目の主グリッド線と前記第 4 の補助グリッド線との交点及び前記第 1 番目の主グリッド線と前記第 2 の補助グリッド線との交点を、それぞれ第 1、第 2 及び第 3 のパラサイト素子の給電点と選定し、該第 1、第 2 及び第 3 のパラサイト素子の給電点にそれぞれ接続された第 1、第 2 及び第 3 の可変リアクタンス回路と、

前記ベースバンド信号生成部の出力する目的関数を用いて、前記第 1、第 2 及び第 3 の可変リアクタンス回路の接地リアクタンス値を調整するリアクタンス適応制御回路

とを備え、前記第 1、第 2 及び第 3 のパラサイト素子の接地リアクタンスをそれぞれ制御することにより、前記活性素子と前記第 1、第 2 及び第 3 のパラサイト素子からなるアレーアンテナの指向性を制御しながら、前記無線信号を復調することを特徴とする適応指向性受信装置。

40

【請求項 9】

前記第 m 番目の主グリッド線と前記第 1 の補助グリッド線との交点を第 1 の給電点、前記第 m 番目の主グリッド線と前記第 3 の補助グリッド線との交点を第 2 の給電点、前記第 1 番目の主グリッド線と前記第 4 の補助グリッド線との交点を第 3 の給電点、前記第 1 番目の主グリッド線と前記第 2 の補助グリッド線との交点を第 4 の給電点としたとき、前記第 2 の給電点から前記第 1、第 3 及び第 4 の給電点までの距離が、誤差 $\pm 10\%$ の範囲で互いに等しく、前記第 4 の給電点から前記第 1、第 2 及び第 3 の給電点までの距離が、誤差 $\pm 10\%$ の範囲で互いに等しいことを特徴とする請求項 8 に記載の適応指向性受信装置。

50

【請求項 10】

前記無線信号の搬送波の波長を λ として、前記第 2 の給電点から前記第 1, 第 3 及び第 4 の給電点までの距離、及び前記第 4 の給電点から前記第 1, 第 2 及び第 3 の給電点までの距離がそれぞれ、 $0.1 \sim 0.5 \lambda$ の範囲の値であることを特徴とする請求項 9 に記載の適応指向性受信装置。

【請求項 11】

前記第 m 番目の主グリッド線と前記第 1 の補助グリッド線との交点を第 1 の給電点、前記第 m 番目の主グリッド線と前記第 3 の補助グリッド線との交点を第 2 の給電点、前記第 1 番目の主グリッド線と前記第 4 の補助グリッド線との交点を第 3 の給電点、前記第 1 番目の主グリッド線と前記第 2 の補助グリッド線との交点を第 4 の給電点とし、該第 1, 第 2, 第 3 及び第 4 の給電点が、平行四辺形のそれぞれの頂点を構成することを特徴とする請求項 8 に記載の適応指向性受信装置。

10

【請求項 12】

前記平行四辺形の各辺の長さが、誤差 $\pm 10\%$ の範囲で互いに等しいことを特徴とする請求項 11 に記載の適応指向性受信装置。

【請求項 13】

前記無線信号の搬送波の波長を λ として、前記平行四辺形の各辺の長さが、 $0.1 \sim 0.5 \lambda$ の範囲の値であることを特徴とする請求項 11 又は 12 に記載の適応指向性受信装置。

【請求項 14】

前記リアクタンス適応制御回路は、前記目的関数を相関係数としたシンプレックス法をよって、前記目的関数が最適値になる条件を探索することを特徴とする請求項 8 ~ 13 のいずれか 1 項に記載の適応指向性受信装置。

20

【請求項 15】

前記共有アンテナ開口面が自動車のリアデフォッグを用いて構成され、前記自動車に搭載されることを特徴とする請求項 8 ~ 14 のいずれか 1 項に記載の適応指向性受信装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、新規なアレーアンテナの構造の提案に係り、特に VHF 帯以上の高周波帯での移動通信において高い信号対干渉除去比 (SIR) が得られるアダプティブ・アレーアンテナ等に使用可能な新規なアレーアンテナの構造、この新規なアレーアンテナを用いた適応指向性受信装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

陸上移動通信では、受信信号はフェージングやマルチパスにより通信品質が劣化する。アダプティブ・アレーアンテナはその問題を解決する有効な手段である。一般のアダプティブ・アレーアンテナでは、複数のアンテナとアンテナ毎に設けられた受信機によって構成され、ベースバンドで適応指向性を形成するので、多数の受信機が必要となり、経済面と消費電力で不利である。このため、受信機が 1 台のみで構成されるアダプティブ・アレーアンテナとして電子走査導波器 (ESPAR アンテナ) が提案されている (特許文献 1 参照。)

40

【0003】

地上統合デジタル放送サービス (ISDB-T) 方式から派生した携帯端末向け放送方式であるモバイルマルチメディア放送 (ISDB-Tmm) は、VHF 帯の 14.5 MHz 幅 ($207.5 \text{ MHz} \sim 222 \text{ MHz}$) で、ISDB-T と同じ 429 kHz 幅のセグメントを使って放送サービスを実現する。ISDB-Tmm の放送波は、直交周波数分割多重 (OFDM) 変調を用いており、移動体で品質よく受信するためには、ダイバーシチアンテナやアダプティブ・アレーアンテナが有効である。

【0004】

50

又、I S D B - Tをベースとしたデジタルラジオの規格であるI S D B - T S B (Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial for Sound Broadcasting)も、I S D B - Tと同様に、マルチパス妨害対策のため、多重方式にO F D M変調を用いている。I S D B - T mmが2 0 7 . 5 ~ 2 2 2 M H zの周波数帯(V - H I G H)に適合した方式であるのに対し、I S D B - T S Bは、9 0 ~ 1 0 8 M H zの周波数帯(V - L O W)に適合した方式であり、I S D B - T S Bの周波数はI S D B - T mmの1 / 2に近い低い帯域である。地上波放送は衛星放送と異なり、ビルなどの建物からの反射によって生じるマルチパス(遅延波)妨害が発生する。このマルチパス妨害とは、アナログ放送におけるゴースト妨害である。O F D Mは信号の劣化させずに復調できるため、マルチパス妨害に強いという特徴がある。そのため、主波以外をマルチパスとして取り扱うことにより、エリアが隣接する場所において、同一周波数による再送中継が可能な単一周波数ネットワーク(S F N)方式が可能となり、周波数を有効利用することができる。

10

【0005】

しかしながら、V H F帯のダイバーシチアンテナやアダプティブ・アレーアンテナでは、それぞれのアンテナ素子の物理長が大きいので、複数のアンテナ素子を自動車や情報端末へ実装することは困難である。例えば、F M帯で半径0 . 2の円形アレーのE S P A Rアンテナを構成する場合、アレー半径は0 . 7 2 m、モノポールの長さは0 . 9 mで、体積は1 . 5 m³となるので、自動車や情報端末にV H F帯のアダプティブ・アレーアンテナを実装することは、アンテナ素子の物理長に鑑み、困難である。又、E S P A Rアンテナには、適応指向性形成にブラインドアルゴリズムを使用しており、演算量が多く移動通信環境での使用に適さない、など移動体通信に適用するには困難であるという課題もある。

20

【0006】

このような事情に鑑み、本発明者らのグループは、既に、車両(自動車)のリアデフォッグをアンテナ開口とし、これに複数のポートを設けることによって、アレーアンテナとして動作させ、E S P A Rアンテナのコンセプトを適用することによって1チャンネルの受信システムで適応指向性を形成する車両(自動車)用のV H F帯のアダプティブアンテナが広帯域性を持つことを計算機シミュレーションによって提案している(非特許文献1参照)。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2003-142926号公報

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】ヌルサリザ・アブドラ他1名、「リアデフォッグを使用した開口共有FMアダプティブアンテナE S P E Rアンテナへの適用」、電子情報通信学会技術研究報告、第AP2009-189巻、2010年、p.29-34

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、非特許文献1に記載された技術は、シングルバンドの受信システムのアダプティブアンテナを、計算機シミュレーション及び実験によって検証しているに過ぎず、マルチバンド用の開口共有アレーアンテナについて適用可能か否かは検討されていない。

【0010】

本発明は、小型且つ簡単な構造で、マルチバンドに適用可能なアレーアンテナ及びこのアレーアンテナを用いた適応指向性受信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】

【0011】

50

上記目的を達成するために、本発明の第1の態様は、(a)互いに離間して、平行に配置された第1及び第2の端部ストライプと、(b)mを5以上の正の整数として、第1及び第2の端部ストライプのそれぞれに、それぞれの両側の端部を接続し、互いに平行に設けられた第1～第m番目のm本の主グリッド線と、(c)主グリッド線の長手方向に直交する方向を長手方向として、主グリッド線のすべてに交わるように平行に設けられた4本の補助グリッド線とを有した矩形の格子状の共有アンテナ開口面を備える開口面共用アレーアンテナであることを要旨とする。この第1の態様に係る開口面共用アレーアンテナにおいては、4本の補助グリッド線を第1の端部ストライプ側から順に第1、第2、第3及び第4の補助グリッド線とし、第m番目の主グリッド線と第1の補助グリッド線との交点を第1の給電点、第m番目の主グリッド線と第3の補助グリッド線との交点を第2の給電点、第1番目の主グリッド線と第4の補助グリッド線との交点を第3の給電点、第1番目の主グリッド線と第2の補助グリッド線との交点を第4の給電点と選定し、第1～第4の給電点により、共有アンテナ開口面に4つの電磁波的に独立した仮想アンテナを配列したことを特徴とする。

10

【0012】

本発明の第2の態様は、第1の態様に係る開口面共用アレーアンテナを用いた適応指向性受信装置であることを要旨とする。即ち、本発明の第2の態様に係る適応指向性受信装置は、(a)互いに離間して、平行に配置された第1及び第2の端部ストライプ、mを正の整数として、第1及び第2の端部ストライプのそれぞれに、それぞれの両側の端部を接続し、互いに平行に設けられた第1～第m番目のm本の主グリッド線、主グリッド線の長手方向に直交する方向を長手方向として、主グリッド線のすべてに交わるように平行に設けられた4本の補助グリッド線とを有した矩形の格子状の共有アンテナ開口面を備える開口面共用アレーアンテナと、(b)4本の補助グリッド線を第1の端部ストライプ側から順に第1、第2、第3及び第4の補助グリッド線とし、第m番目の主グリッド線と第1の補助グリッド線との交点を無線信号を空中から捉える活性素子の給電点と選定し、この活性素子の給電点に接続されたベースバンド信号生成部と、(c)第m番目の主グリッド線と第3の補助グリッド線との交点、第1番目の主グリッド線と第4の補助グリッド線との交点及び第1番目の主グリッド線と第2の補助グリッド線との交点を、それぞれ第1、第2及び第3のパラサイト素子の給電点と選定し、この第1、第2及び第3のパラサイト素子の給電点にそれぞれ接続された第1、第2及び第3の変リアクタンス回路と、(d)ベースバンド信号生成部の出力する目的関数を用いて、第1、第2及び第3の変リアクタンス回路の接地リアクタンス値を調整するリアクタンス適応制御回路とを備える。この本発明の第2の態様に係る適応指向性受信装置においては、第1、第2及び第3のパラサイト素子の接地リアクタンスをそれぞれ制御することにより、活性素子と第1、第2及び第3のパラサイト素子からなるアレーアンテナの指向性を制御しながら、無線信号を復調することを特徴とする。

20

30

【発明の効果】**【0013】**

本発明によれば、小型且つ簡単な構造で、マルチバンドに適用可能なアレーアンテナ及びこのアレーアンテナを用いた適応指向性受信装置を提供することができる。

40

【図面の簡単な説明】**【0014】**

【図1】本発明に至るまでに検討した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナの構造の概略を説明する模式的平面図である。

【図2】図1に示した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナの構造の一部の詳細を拡大して説明する模式的平面図である。

【図3】図1に示した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナを適用する車両(自動車)のボディ、特に後部金属ボディと後部金属ボディに設けられたリアデフォグの構造を説明する模式的な鳥瞰図である。

【図4】先行検討例と比較するための比較例(比較例1)に係る開口面共用アレーアンテナ

50

ナの構造の概略を説明する模式的平面図である。

【図5】先行検討例と比較するための他の比較例（比較例2）に係る開口面共用アレーアンテナの構造の概略を説明する模式的平面図である。

【図6】図1に示した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナの各ポート（給電点）から見たVSWRの平均値の周波数依存性（実線）を、図4に示す比較例1に係る開口面共用アレーアンテナの各ポート（給電点）から見たVSWRの平均値の周波数依存性（破線）及び図5に示す比較例2に係る開口面共用アレーアンテナの各ポート（給電点）から見たVSWRの平均値の周波数依存性（一点鎖線）と比較して示す図である。

【図7】図1に示した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナの各ポート間のポート間結合（CBP）の平均値の周波数依存性（実線）を、図4に示す比較例1に係る開口面共用アレーアンテナの各ポート間のポート間結合の平均値の周波数依存性（破線）及び図5に示す比較例2に係る開口面共用アレーアンテナの各ポート間のポート間結合の平均値の周波数依存性（一点鎖線）と比較して示す図である。

【図8】図1に示した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナの各ポート（給電点）から見た空間相関（SCC）の平均値の周波数依存性（実線）を、図4に示す比較例1に係る開口面共用アレーアンテナの各ポート（給電点）から見た空間相関の平均値の周波数依存性（破線）及び図5に示す比較例2に係る開口面共用アレーアンテナの各ポート（給電点）から見た空間相関の平均値の周波数依存性（一点鎖線）と比較して示す図である。

【図9】図1に示した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナの第1のポートを活性素子の給電点とし、残りの3つのポートをパラサイト素子の給電点として、先行波と遅延波の入射方向を変化させ適応ビームを形成したときの760MHz（一点鎖線）、830MHz（破線）、900MHz（実線）における信号対干渉雑音比SINRの累積分布（CCDF）を示す図である。

【図10】図4に示した比較例1に係る開口面共用アレーアンテナの第1のポートを活性素子の給電点とし、残りの3つのポートをパラサイト素子の給電点として、先行波と遅延波の入射方向を変化させ適応ビームを形成したときの760MHz（一点鎖線）、830MHz（破線）、900MHz（実線）における信号対干渉雑音比SINRの累積分布（CCDF）を示す図である。

【図11】図5に示した比較例2に係る開口面共用アレーアンテナの第1のポートを活性素子の給電点とし、残りの3つのポートをパラサイト素子の給電点として、先行波と遅延波の入射方向を変化させ適応ビームを形成したときの760MHz（一点鎖線）、830MHz（破線）、900MHz（実線）における信号対干渉雑音比SINRの累積分布（CCDF）を示す図である。

【図12】本発明に至るまでに検討した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナを用いた適応指向性受信装置の構造の概略を説明する模式的なブロック図である。

【図13】図12に示す先行検討例に係る適応指向性受信装置に用いるOFDM信号の構造を説明する模式的図である。

【図14】本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナの構造の概略を説明する模式的平面図である。

【図15】本発明の実施の形態と比較するための比較例（比較例3）に係る開口面共用アレーアンテナの構造の概略を説明する模式的平面図である。

【図16】本発明の実施の形態と比較するための他の比較例（比較例4）に係る開口面共用アレーアンテナの構造の概略を説明する模式的平面図である。

【図17】図14に示した本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナの各ポート（給電点）から見たVSWRの平均値の周波数依存性（実線）を、図15に示す比較例3に係る開口面共用アレーアンテナの各ポート（給電点）から見たVSWRの平均値の周波数依存性（破線）及び図16に示す比較例4に係る開口面共用アレーアンテナの各ポート（給電点）から見たVSWRの平均値の周波数依存性（二点鎖線）と比較して示す図である。

【図18】図14に示した本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナの各ポ

10

20

30

40

50

ト間のポート間結合 (CBP) の平均値の周波数依存性 (実線) を、図 15 に示す比較例 3 に係る開口面共用アレーアンテナの各ポート間のポート間結合の平均値の周波数依存性 (破線) 及び図 16 に示す比較例 4 に係る開口面共用アレーアンテナの各ポート間のポート間結合の平均値の周波数依存性 (二点鎖線) と比較して示す図である。

【図 19】図 14 に示した本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナの各ポート (給電点) から見た空間相関 (SCC) の平均値の周波数依存性 (実線) を、図 15 に示す比較例 3 に係る開口面共用アレーアンテナの各ポート (給電点) から見た空間相関の平均値の周波数依存性 (破線) 及び図 16 に示す比較例 4 に係る開口面共用アレーアンテナの各ポート (給電点) から見た空間相関の平均値の周波数依存性 (二点鎖線) と比較して示す図である。

10

【図 20】図 14 に示した本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナの第 1 のポートを活性素子の給電点とし、残りの 3 つのポートをパラサイト素子の給電点として、先行波と遅延波の入射方向を変化させ適応ビームを形成したときの 900 MHz (実線)、1000 MHz (破線)、1080 MHz (一点鎖線)、2075 MHz (二点鎖線)、2100 MHz (点線)、2200 MHz (太い実線; 2重線) における信号対干渉雑音比 SINR の累積分布 (CCDF) を示す図である。

【図 21】図 16 に示した比較例 4 に係る開口面共用アレーアンテナの第 1 のポートを活性素子の給電点とし、残りの 3 つのポートをパラサイト素子の給電点として、先行波と遅延波の入射方向を変化させ適応ビームを形成したときの 900 MHz (実線)、1000 MHz (破線)、1080 MHz (一点鎖線)、2075 MHz (二点鎖線)、2100 MHz (点線)、2200 MHz (太い実線; 2重線) における信号対干渉雑音比 SINR の累積分布 (CCDF) を示す図である。

20

【図 22】図 15 に示した比較例 3 に係る開口面共用アレーアンテナの第 1 のポートを活性素子の給電点とし、残りの 3 つのポートをパラサイト素子の給電点として、先行波と遅延波の入射方向を変化させ適応ビームを形成したときの 900 MHz (実線)、1000 MHz (破線)、1080 MHz (一点鎖線)、2075 MHz (二点鎖線)、2100 MHz (点線)、2200 MHz (太い実線; 2重線) における信号対干渉雑音比 SINR の累積分布 (CCDF) を示す図である。

【図 23】本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナを用いた適応指向性受信装置の構造の概略を説明する模式的なブロック図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0015】

図 1 ~ 13 を参照して、既にその一部内容を非特許文献 1 において報告したシングルバンド用に検討した開口面共用アレーアンテナを、本発明に至るまでの先行検討例として説明し、その後、図 14 ~ 23 を参照して、本発明の実施の形態に係るダブルバンド用の開口面共用アレーアンテナと、このダブルバンド用の開口面共用アレーアンテナを用いた適応指向性受信装置を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。但し、図面は模式的なものであり、各平面寸法間の比率等は現実のものとは異なるものが含まれることに留意すべきである。したがって、具体的な寸法等は以下の説明を参酌して判断すべきものである。又、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることは勿論である。

40

【0016】

(先行検討例)

本発明に至るまでの先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナは 2 1_s は、非特許文献 1 の図 2 において既に開示された構造にほぼ対応するが、図 1 に示すように、互いに離間して、平行に配置された第 1 の端部ストライプ G_{pp1} 及び第 2 の端部ストライプ G_{pp2} と、第 1 の端部ストライプ G_{pp1} 及び第 2 の端部ストライプ G_{pp2} のそれぞれに、それぞれの両側の端部を接続し、互いに平行に設けられた第 1 番の主グリッド線 G_{h1} 、第 2 番の主グリッド線 G_{h2} 、第 3 番の主グリッド線 G_{h3} 、...、第 m 番目の主グリッド線 G_{hm} ($m = 1 \sim 7$) と、第 1 番 ~ 第 m 番目の主グリッド線 G_{h1} 、 G_{h2} 、 G_{h3} 、...、 G_{hm} の長手方向に直交す

50

る方向を長手方向として、主グリッド線 $G_{h1}, G_{h2}, G_{h3}, \dots, G_{hm}$ のすべてに交わるように平行に設けられた 2 本の補助グリッド線 G_{v11}, G_{v12} とを有した矩形の格子状の共有アンテナ開口面を備える。

【 0 0 1 7 】

2 本の補助グリッド線 G_{v11}, G_{v12} を、第 1 の端部ストライプ G_{pp1} 側から順に、第 1 の補助グリッド線 G_{v11} 、第 2 の補助グリッド線 G_{v12} と定義し、図 1 に示すように、第 1 の端部ストライプ G_{pp1} 側の第 m 番目の主グリッド線 G_{hm} の端部を第 1 の給電点 P_1 、第 m 番目の主グリッド線 G_{hm} と第 2 の補助グリッド線 G_{v12} との交点を第 2 の給電点 P_2 、第 2 の端部ストライプ G_{pp2} 側の第 1 番目の主グリッド線の端部を第 3 の給電点 P_3 、第 1 番目の主グリッド線と第 1 の補助グリッド線 G_{v11} との交点を第 4 の給電点 P_4 と選定し、第 1 ~ 第 4 の給電点 P_1, P_2, P_3, P_4 により、共有アンテナ開口面に 4 つの電磁波的に独立した仮想アンテナを配列してシングルバンド用の 4 素子アンテナアレーを構成している。

10

【 0 0 1 8 】

先行検討例では 1 / 1 0 のスケールモデルで実験を行うため、電磁解析シミュレータ I E 3 D による計算機シミュレーションも 1 / 1 0 に縮尺したスケールとしている。このため、図 1 において、横幅 $a = 110 \text{ mm}$ 、高さ $b = 48 \text{ mm}$ 、第 1 の端部ストライプ G_{pp1} 及び第 2 の端部ストライプ G_{pp2} の水平方向に測った幅 $d_{11} = 5 \text{ mm}$ 、第 1 の補助グリッド線 G_{v11} と第 2 の補助グリッド線 G_{v12} との間の水平方向に測った距離 $d_{12} = 18 \text{ mm}$ 、第 2 の補助グリッド線 G_{v12} と第 2 の端部ストライプ G_{pp2} との間の水平方向に測った距離 $d_{13} = 40.5 \text{ mm}$ である。日本の F M ラジオの周波数帯域は 76 - 90 MHz で、図 1 に示した 1 / 1 0 スケールモデルでの帯域は 760 - 900 MHz となる。車両（自動車）のアンテナの性能はボディの影響を強く受けるので、先行検討例でもアンテナを図 3 に示すような車両（自動車）のボディ 33, 32 に実装した状態で、先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 21s を評価する。

20

【 0 0 1 9 】

図 3 に示すような車両（自動車）のリアデフォッグの構造を考慮して、先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナは 21s は、図 2 に示す 1 / 1 0 スケールモデルでは、幅 0.5 mm、厚さ 40 μm の m 本（先行検討例においては、 $m = 17$ 本）の主グリッド線 $G_{h1}, G_{h2}, G_{h3}, \dots, G_{hm}$ が 2.5 mm 間隔（両端は 1.25 mm 間隔）で第 1 の方向（例えば水平方向）に沿って平行に比誘電率 7 の厚さ 0.5 mm のガラスに貼られている。この開口面共用アレーアンテナ 21s を図 3 のような後部金属ボディ 32 の窓部に装着する。

30

【 0 0 2 0 】

先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 21s が、4 つの電磁波的に独立した仮想アンテナとして機能し、4 素子アレーアンテナとして実現するためのキーとなるパラメータは、仮想アンテナ間の空間相関（SCC）である。空間相関（SCC）は複数のアンテナの 3 次元複素指向性の類似度を表す性能指標で、低いほどダイバーシチ利得が大きくなる。空間相関 ρ_{ij} は、次の式（1）で表される。

40

【 数 1 】

$$\rho_{ij} = \frac{\left| \int_0^{2\pi} \int_0^\pi A_1^*(\theta, \phi) A_2(\theta, \phi) d\theta d\phi \right|^2}{\int_0^{2\pi} \int_0^\pi A_1^*(\theta, \phi) A_1(\theta, \phi) d\theta d\phi \int_0^{2\pi} \int_0^\pi A_2^*(\theta, \phi) A_2(\theta, \phi) d\theta d\phi}$$

..... (1)

ここで、 $A_1(\theta, \phi)$ と $A_2(\theta, \phi)$ は 2 つのアンテナの複素指向性で、 $A_1^*(\theta, \phi)$ は、 $A_1(\theta, \phi)$ の複素共役を表し、 $A_2^*(\theta, \phi)$ は、 $A_2(\theta, \phi)$ の複

50

素共役を表す。先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_sの性能を評価するため、VSWR、ポート間結合(CBP)及び空間相関(SCC)を電磁解析シミュレータIE3Dにより解析し、図4に示す比較例1に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_a及び図5に示す比較例2に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_bの2つの比較例と比較し、比較結果をそれぞれ図6、図7及び図8に示した。

【0021】

実際には、ポートP₁、P₂、P₃、P₄の位置の組み合わせについて100通り以上のケースを検討したのであるが、便宜上、図4及び図5に示す比較例の構造のみについて説明し、先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_sの性能と比較する。例えば、図示を省略しているが、図1に示すような、共有アンテナ開口面のほぼ中央にある2本の補助グリッド線(垂直グリッド線)G_{v11}、G_{v12}がある場合とない場合についても比較しているが、f = 830MHzでポート間結合(CBP)、空間相関(SCC)を計算した結果では、2本の補助グリッド線(垂直グリッド線)G_{v11}、G_{v12}を設けることにより、ポート間結合(CBP)が増し、空間相関(SCC)が下がることが確認されている。

【0022】

図4に示す比較例1に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_aも、1/10のスケールモデルの構造であり、横幅a = 110mm、高さb = 48mm、第1の端部ストライプG_{pp1}及び第2の端部ストライプG_{pp2}の水平方向に測った幅d₂₁ = 5mmである点では、図1に示した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_sと同様である。但し、図4に示す比較例1に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_aでは、第1の補助グリッド線G_{v21}と第2の補助グリッド線G_{v22}との間の水平方向に測った距離d₂₂ = 43mmであり、図1に示した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_sの第1の補助グリッド線G_{v11}と第2の補助グリッド線G_{v12}との間の水平方向に測った距離d₁₂よりも広い。このため、逆に、第2の補助グリッド線G_{v22}と第2の端部ストライプG_{pp2}との間の水平方向に測った距離d₂₃ = 28mmとなり、図1に示した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_sの第2の補助グリッド線G_{v12}と第2の端部ストライプG_{pp2}との間の水平方向に測った距離d₁₃より狭い。

【0023】

図4に示す比較例1に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_aにおいても、図1に示した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_sと同様に、第1の端部ストライプG_{pp1}側の第17番目の主グリッド線G_{hm}の端部を第1の給電点P₁、第17番目の主グリッド線G_{hm}と第2の補助グリッド線G_{v22}との交点を第2の給電点P₂、第2の端部ストライプG_{pp2}側の第1番目の主グリッド線の端部を第3の給電点P₃、第1番目の主グリッド線と第1の補助グリッド線G_{v21}との交点を第4の給電点P₄と選定し、第1～第4の給電点P₁、P₂、P₃、P₄により、共有アンテナ開口面に4つの仮想アンテナを配列してシングルバンド用の4素子アンテナアレーを構成することを意図している。

【0024】

図5に示す比較例2に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_bも、1/10のスケールモデルの構造であり、横幅a = 110mm、高さb = 48mm、第1の端部ストライプG_{pp1}及び第2の端部ストライプG_{pp2}の水平方向に測った幅d₂₁ = 5mmである点では、図1に示した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_sと同様である。しかし、図5に示す比較例2に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_bでは、中央に1本の補助グリッド線G_{v31}しかない点が、図1に示した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_sとは異なる。図5において、第1の端部ストライプG_{pp1}と補助グリッド線G_{v31}との間の距離d₃₂ = 49.75mmであり、補助グリッド線G_{v31}と第2の端部ストライプG_{pp2}との間の距離d₃₃ = d₃₂ = 49.75mmである。

【0025】

このため、図5に示す比較例2に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_bにおいては、中央の1本の補助グリッド線G_{v31}は4つの給電点のうちのいずれの基準点にもなっていない。即ち、図5に示す比較例2に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_bでは、第1の端部

10

20

30

40

50

ストライプ G_{pp1} 側の第 17 番目の主グリッド線 G_{hm} の端部を第 1 の給電点 P_1 、第 2 の端部ストライプ G_{pp2} 側の第 1 番目の主グリッド線の端部を第 3 の給電点 P_3 としている点は、図 1 に示した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 21_s と同様であるが、第 17 番目の主グリッド線 G_{hm} 上の補助グリッド線 G_{v31} と第 2 の端部ストライプ G_{pp2} との間の中点を第 2 の給電点 P_2 、第 1 番目の主グリッド線 G_{h1} 上の第 1 の端部ストライプ G_{pp1} と補助グリッド線 G_{v31} との間の中点を第 4 の給電点 P_4 と選定している。そして、第 1 ~ 第 4 の給電点 P_1, P_2, P_3, P_4 により、共有アンテナ開口面に 4 つの仮想アンテナを配列してシングルバンド用の 4 素子アンテナアレーを構成することを意図している。

【0026】

図 6 に示す VSWR、図 7 に示すポート間結合 (CBP)、及び図 8 に示す空間相関 (SCC) において、本発明に至るまでの先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 21_s の特性を実線で、図 4 に示す比較例 1 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_a の特性を破線で、図 5 に示す比較例 2 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_b の特性を一点鎖線で示している。図 6 では 4 つのポート (給電点) P_1, P_2, P_3, P_4 から見た VSWR の平均値を示している。図 6 に示すとおり、760 - 900 MHz の帯域において、VSWR は図 1 に示した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 21_s 及び図 4 に示す比較例 1 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_a の特性が優れているが、図 5 に示す比較例 2 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_b の特性が劣ることが分かる。

【0027】

図 7 では、第 1 のポート P_1 と第 2 のポート P_2 との結合係数 CBP_{12} 、第 2 のポート P_2 と第 3 のポート P_3 との結合係数 CBP_{23} 、第 3 のポート P_3 と第 4 のポート P_4 との結合係数 CBP_{34} 、第 4 のポート P_4 と第 1 のポート P_1 との結合係数 CBP_{41} 、第 1 のポート P_1 と第 3 のポート P_3 との結合係数 CBP_{13} 及び第 2 のポート P_2 と第 4 のポート P_4 との結合係数 CBP_{24} の平均値を示している。図 7 に示すとおり、760 - 900 MHz の帯域において、ポート間結合 (CBP) も図 1 に示した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 21_s (実線) 及び図 4 に示す比較例 1 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_a (破線) の特性が優れているが、図 5 に示す比較例 2 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_b (一点鎖線) の特性が劣ることが分かる。

【0028】

図 8 では、第 1 のポート P_1 を給電点とする第 1 の仮想アンテナ A_1 (、) と第 2 のポート P_2 を給電点とする第 2 の仮想アンテナ A_2 (、) との空間相関 SCC_{12} 、第 2 の仮想アンテナ A_2 (、) と第 3 のポート P_3 を給電点とする第 3 の仮想アンテナ A_3 (、) との空間相関 SCC_{23} 、第 3 の仮想アンテナ A_3 (、) と第 4 のポート P_4 を給電点とする第 4 の仮想アンテナ A_4 (、) との空間相関 SCC_{34} 、第 4 の仮想アンテナ A_4 (、) と第 1 の仮想アンテナ A_1 (、) との空間相関 SCC_{41} 、第 1 の仮想アンテナ A_1 (、) と第 3 の仮想アンテナ A_3 (、) との空間相関 SCC_{13} 、及び第 2 の仮想アンテナ A_2 (、) と第 4 の仮想アンテナ A_4 (、) との空間相関 SCC_{24} の平均値を示している。図 8 に示すとおり、760 - 900 MHz の帯域において、空間相関 (SCC) は、図 1 に示した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 21_s (実線) 及び図 5 に示す比較例 2 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_b (一点鎖線) の特性が優れているが、図 4 に示す比較例 1 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_a (破線) の特性が劣ることが分かる。

【0029】

このように、図 4 及び図 5 に示した構造を含む 100 通り以上のケースの検討結果から、図 1 に示すような、共有アンテナ開口面のほぼ中央に 2 本の補助グリッド線 (垂直グリッド線) G_{v11}, G_{v12} を設けて、第 1 の端部ストライプ G_{pp1} 側の第 m 番目の主グリッド線 G_{hm} の端部を第 1 の給電点 P_1 、第 m 番目の主グリッド線 G_{hm} と第 2 の補助グリッド線 G_{v12} との交点を第 2 の給電点 P_2 、第 2 の端部ストライプ G_{pp2} 側の第 1 番目の主グリッド線の端部を第 3 の給電点 P_3 、第 1 番目の主グリッド線と第 1 の補助グリッド線 G_{v11} との交点を第 4 の給電点 P_4 と選定した場合が、VSWR、ポート間結合 (CBP) 及び

10

20

30

40

50

空間相関 (S C C) のいずれもが、760 - 900 MHz の帯域において、シングルバンド用の4素子アンテナアレーとして最も優れているという知見が得られた。

【0030】

なお、車両 (自動車) のリアデフォッガは抵抗体であり、高い抵抗率の影響が懸念される。一般に、車両 (自動車) のデフォッガの消費電力は200Wである。m = 17本の主グリッド線 $G_{h1}, G_{h2}, G_{h3}, \dots, G_{hm}$ がある場合、1本あたりの消費電力は12Wで、車両 (自動車) の電圧は12Vなので、金属グリッド線の抵抗は $120 \text{ ohm} \cdot \text{m}$ である。車両 (自動車) の金属グリッド線の断面は幅1mm、厚さ $40 \mu\text{m}$ で、断面積は $4 \times 10^{-8} (\text{m}^2)$ である。したがって抵抗率は $12 (0 \text{ ohm}) \times 4 \times 10^{-8} (\text{m}^2) = 4.8 \times 10^{-7} 0 \text{ ohm} \cdot \text{m}$ となる。

【0031】

先行検討例では1/10のスケールモデルで検討しているが、抵抗率は $4.8 \times 10^{-7} (0 \text{ ohm} \cdot \text{m}) \times 10 \times 0.5 = 2.4 \times 10^{-6} 0 \text{ ohm} \cdot \text{m}$ と設定して、先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ21_sの各ポート (給電点) P_1, P_2, P_3, P_4 のVSWR、ポート間結合、空間相関を電磁解析シミュレータIE3Dによる計算機シミュレーションで評価した結果、抵抗による変動は少ないという知見が得られた。

【0032】

図12に示すように、先行検討例に係る適応指向性受信装置は、先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ21_sの周囲に設けられた4つのポート (給電点) P_1, P_2, P_3, P_4 のうちのひとつである第1のポート P_1 を活性素子の給電点とし、残りの3つのポート P_2, P_3, P_4 がパラサイト素子とする4素子アダプティブ・アレーアンテナを備える。ここで、「活性素子」とは、空中から捉えた無線信号を受信装置側に出力する励振素子 (給電素子) であり、第1のポート P_1 からアンテナ出力が得られる。

【0033】

第1のポート P_1 を給電点とする活性素子には、デジタルシグナルプロセッサ (DSP) を備えるベースバンド信号生成部24が接続され、活性素子からベースバンド信号生成部24のRFフロントエンド部に、空中から捉えた無線信号が出力される。ベースバンド信号生成部24に備えられた演算処理回路 (DSP) は、ベースバンド信号生成部24で生成されたベースバンド信号を処理する。なお、DSPは、必ずしもベースバンド信号生成部24に内蔵されている必要はなく、物理的構成としては、ベースバンド信号生成部24の外部に接続されていてもよい。

【0034】

「パラサイト素子」とは、空中からの無線信号に直接寄与しない非励振素子の意味であり、第2のポート P_2 を給電点とする第1のパラサイト素子には、例えば、第1インダクタと可変容量ダイオードの直列回路が接続され、第1インダクタと可変容量ダイオードの接続点に一方の端子を接続するように、可変容量ダイオードと第2インダクタとが並列接続されて第1の可変リアクタンス回路22aを構成している。第1の可変リアクタンス回路22aは、リアクタンス適応制御回路23を介して、ベースバンド信号生成部24のDSPに接続されている。

【0035】

同様に、第3のポート P_3 を給電点とする第2のパラサイト素子には、第1インダクタと可変容量ダイオードの直列回路が接続され、第1インダクタと可変容量ダイオードの接続点に一方の端子を接続するように、可変容量ダイオードと第2インダクタとが並列接続されて第2の可変リアクタンス回路22bを構成している。第2の可変リアクタンス回路22bは、リアクタンス適応制御回路23を介して、ベースバンド信号生成部24のDSPに接続されている。同様に、第4のポート P_4 を給電点とする第3のパラサイト素子には、第1インダクタと可変容量ダイオードの直列回路が接続され、第1インダクタと可変容量ダイオードの接続点に一方の端子を接続するように、可変容量ダイオードと第2インダクタとが並列接続されて第2の可変リアクタンス回路22bを構成している。第2の可

10

20

30

40

50

変リアクタンス回路 2 2 b は、リアクタンス適応制御回路 2 3 を介して、ベースバンド信号生成部 2 4 の DSP に接続されている。

【 0 0 3 6 】

第 1 のポート P_1 を給電点とする活性素子、第 2 のポート P_2 を給電点とする第 1 のパラサイト素子、第 3 のポート P_3 を給電点とする第 2 のパラサイト素子及び第 4 のポート P_4 を給電点とする第 3 のパラサイト素子は、同一の格子状の面である開口面の周囲に設けられた 4 つのポート P_1, P_2, P_3, P_4 を給電点としているので、物理的なハードウェア構成としては電氣的に短絡され、空間的に分離されていないが、図 8 に示したとおり、高周波の電磁波的には 4 つの独立したアンテナとして機能することが可能である。

10

【 0 0 3 7 】

先行検討例に係る適応指向性受信装置では、図 1 3 (a) に示すように、入射信号として OFDM 信号を用いている。OFDM 信号の各シンボル区間の先頭にはガード区間 HGI が設けられている。ガード区間 HGI は各シンボル区間の尾部のコピー元区間 TGI の波形をダミー信号としてそのまま巡回的にコピーしたものである。ガード区間 HGI、ガード区間 HGI に続くデータ区間、データ区間に続くコピー元区間 TGI とで、各シンボル区間が構成されている。図 1 3 (a) に示す主波に対し、図 1 3 (b) のようにガード区間 HGI だけ遅れた遅延波が受信されると、OFDM 信号の誤り率は急激に劣化する。遅延波が重畳して受信されるとガード区間 HGI とコピー元区間 TGI の相関係数は小さくなる。

20

【 0 0 3 8 】

図 1 2 に示すベースバンド信号生成部 2 4 の DSP は、第 1 のポート P_1 を給電点とする活性素子のアンテナ出力を用いて、図 1 3 に示す OFDM 信号の各シンボル区間毎にガード区間 HGI とコピー元区間 TGI のとの複素相関係数を計算し、リアクタンス適応制御回路 2 3 は、ガード区間 HGI とコピー元区間 TGI の複素相関係数が大きくなるように、それぞれの可変リアクタンス回路 2 2 a, 2 2 b, 2 2 c を制御する。リアクタンス適応制御回路 2 3 の制御には、例えば、目的関数を相関係数としたシンプレックス法を使用すればよい。

【 0 0 3 9 】

計算機シミュレーションでは、2 つの同一振幅の OFDM 信号 (遅延波と主波) を水平面でランダムな 2 方向から入射させる。100 パターンの到来角組み合わせについて信号対干渉雑音比 SINR の累積分布 (CCDF) を計算した。到来波の垂直面の入射角は、本発明者らが実施したフィールドテストで得た平均値の 0.48° を用いた。図 1 3 (b) に示すように、遅延波は図 1 3 (a) に示す主波に対しガード区間 HGI だけ遅れている。

30

【 0 0 4 0 】

なお、図 1 2 に示す構成において、ポート P_1, P_2, P_3, P_4 のうち、どのポートを給電点とする活性素子として選択してアンテナ出力を出力とし、どのポートを給電点とするパラサイト素子として、パラサイト素子に可変リアクタンス回路を接続すべきかについては、金属グリッド線の材質を銅として、周波数は 830 MHz における信号対干渉雑音比 SINR の累積分布 (CCDF) を測定して、第 1 のポート P_1 を活性素子の給電点とし、他のポート P_2, P_3, P_4 をパラサイト素子として可変リアクタンス回路 2 2 a, 2 2 b, 2 2 c を接続する場合が最も性能がよいことが確認されている。

40

【 0 0 4 1 】

又、データの図示を省略しているが、第 1 のポート P_1 を活性素子の給電点とし、金属グリッド線の抵抗率を考慮した場合の、830 MHz における信号対干渉雑音比 SINR の累積分布 (CCDF) から、金属グリッド線の高抵抗により若干性能が劣化することが分かっている。

【 0 0 4 2 】

図 1 に示した先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 2 1_s、図 4 に示した比較例

50

1に係る開口面共用アレーアンテナ21_a及び図5に示した比較例2に係る開口面共用アレーアンテナ21_bについて、第1のポートP₁を活性素子の給電点とし、残りの3つのポートP₂、P₃、P₄をパラサイト素子の給電点として、先行波と遅延波の入射方向を変化させ、適応ビームを形成したときの760、830、900MHzにおける信号対干渉雑音比SINRの累積分布(CCDF)を、それぞれ図9、図10及び図11に示す。図9、図10及び図11において、760MHzにおけるSINRの累積分布を一点鎖線で、830MHzにおけるSINRの累積分布を破線で、900MHzのSINRの累積分布を実線で示している。図9、図10及び図11を比較すれば明らかのように、先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ21_sの場合が、760-900MHzにわたりSINRの累積分布が、図4に示した比較例1に係る開口面共用アレーアンテナ21_a及び図5に示した比較例2に係る開口面共用アレーアンテナ21_bに比し、飛躍的に優れていることが理解できる。

【0043】

更に、金属グリッド線を用いて矩形の格子状の共有アンテナ開口面を構成し、アンテナ開口面の周囲に複数のポートを設けることによって、4つの電磁波的に独立した仮想アンテナを配列したシングルバンド用の4素子のアンテナアレーを構成でき、ESPARアンテナのコンセプトを適用することによってシングルバンド用の受信系統で適応指向性を形成する車両(自動車)用のVHF帯のアダプティブ・アレーアンテナが、広帯域性を持ち、金属グリッド線の抵抗率の影響も小さいことを実験によっても検証した。

【0044】

以下に示す本発明の実施の形態は、上記のシングルバンド用の先行検討例における評価をふまえて、更にマルチバンドに発展させるための技術的思想を提供するものである。又、本発明の技術的思想は、構成部品の材質、形状、構造、配置等を下記のものに特定するものでなく、本発明の技術的思想は、特許請求の範囲に記載された技術的範囲内において、種々の変更を加えることができる。

【0045】

(本発明の実施の形態)

本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナ21_wは、図14に示すように、互いに離間して、平行に配置された第1の端部ストライプG_{pp1}及び第2の端部ストライプG_{pp2}と、第1の端部ストライプG_{pp1}及び第2の端部ストライプG_{pp2}のそれぞれに、それぞれの両側の端部を接続し、互いに平行に設けられた第1番の主グリッド線G_{h1}、第2番の主グリッド線G_{h2}、第3番の主グリッド線G_{h3}、...、第m番目の主グリッド線G_{hm}(mは、5以上の正の整数)と、第1番~第m番目の主グリッド線G_{h1}、G_{h2}、G_{h3}、...、G_{hm}の長手方向に直交する方向を長手方向として、主グリッド線G_{h1}、G_{h2}、G_{h3}、...、G_{hm}のすべてに交わるように平行に設けられた4本の補助グリッド線G_{v41}、G_{v42}、G_{v43}、G_{v44}とを有した矩形の格子状の共有アンテナ開口面を備える。

【0046】

第1の端部ストライプG_{pp1}及び第2の端部ストライプG_{pp2}とが、本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナ21_wの共有アンテナ開口面を構成する矩形の対向する2辺をなし、第1番の主グリッド線G_{h1}と第m番目の主グリッド線G_{hm}とが、共有アンテナ開口面を構成する矩形の他の対向する2辺をなしている。共有アンテナ開口面が受信する無線信号の搬送波の波長をとした場合、図14においては、第1の端部ストライプG_{pp1}及び第2の端部ストライプG_{pp2}とがなす互いに対向する2辺の長さb=0.1~0.4程度の範囲の値に選ぶことが好ましく、第1番の主グリッド線G_{h1}と第m番目の主グリッド線G_{hm}とがなす他の互いに対向する2辺の長さa=0.2~程度の範囲の値に選ぶことが好ましい。例えば、ISDB-TSBに適合した90~108MHzの周波数帯(V-LOW)及びISDB-Tmmに適合した207.5~222MHzの周波数帯(V-HIGH)のダブルバンドの帯域での共有アンテナ開口面とするためには、b=48cm、a=1.1m程度の値に選定可能である。この寸法は、車両(自動車)のリア

10

20

30

40

50

デフォッガの寸法に適合可能である。車両（自動車）のリアデフォッガに適用する場合は、第1の端部ストライプ G_{pp1} 及び第2の端部ストライプ G_{pp2} は、電源ラインとして用いることが可能である。アンテナのサイズスケーリング則によって、 $b = 48\text{ mm}$ 、 $a = 110\text{ cm}$ 程度の値に選定すれば、 $900 \sim 1080\text{ MHz}$ 及び $2075 \sim 2220\text{ MHz}$ のダブルバンドの帯域での共有アンテナ開口面とすることができる。

【0047】

4本の補助グリッド線 G_{v41} 、 G_{v42} 、 G_{v43} 、 G_{v44} を、第1の端部ストライプ G_{pp1} 側から順に、第1の補助グリッド線 G_{v41} 、第2の補助グリッド線 G_{v42} 、第3の補助グリッド線 G_{v43} 及び第4の補助グリッド線 G_{v44} と定義し、図14に示すように、第 m 番目の主グリッド線 G_{hm} と第1の補助グリッド線 G_{v41} との交点を第1の給電点 P_1 、第 m 番目の主グリッド線 G_{hm} と第3の補助グリッド線 G_{v43} との交点を第2の給電点 P_2 、第1番目の主グリッド線と第4の補助グリッド線 G_{v44} との交点を第3の給電点 P_3 、第1番目の主グリッド線と第2の補助グリッド線 G_{v42} との交点を第4の給電点 P_4 と選定し、第1～第4の給電点 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 により、共有アンテナ開口面に4つの電磁波的に独立した仮想アンテナを配列して4素子のアンテナアレーを構成している。

10

【0048】

図14に示すように、第1、第2、第3及び第4の給電点 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 が、平行四辺形のそれぞれの頂点を構成しているが、必ずしも完全な（厳密な）平行四辺形に限定されるものではない。但し、この平行四辺形の各辺の長さ l_{12} 、 l_{23} 、 l_{34} 、 l_{41} は、誤差 $\pm 10\%$ の範囲で互いに等しいことが好ましい（平行四辺形の各辺の長さが等しければ菱形になる。）。又、第2の給電点 P_2 から他の3つの給電点 P_1 、 P_3 、 P_4 までの距離が、誤差 $\pm 10\%$ の範囲で互いに等しく、第4の給電点 P_4 から他の3つの給電点 P_1 、 P_2 、 P_3 までの距離が、誤差 $\pm 10\%$ の範囲で互いに等しいことが好ましい。

20

【0049】

そして、更に、平行四辺形の各辺の長さ l_{12} 、 l_{23} 、 l_{34} 、 l_{41} は、 $0.1 \sim 0.5$ の範囲の値であることが好ましい。例えば、図14において、 $l_{12} = l_{34} = 0.17 \sim 0.43$ 、 $l_{23} = l_{41} = 0.20 \sim 0.49$ 程度の値に選ぶことが可能である。上述したとおり、第1、第2、第3及び第4の給電点 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 が頂点をなす形状は、各辺の長さ l_{12} 、 l_{23} 、 l_{34} 、 l_{41} が誤差 $\pm 10\%$ の範囲で互いに等しければ、必ずしも完全な平行四辺形に限定されるものではないが、一定の対称性を有するトポロジーであることが好ましい。例えば、 $l_{12} = l_{34}$ 、 $l_{23} = l_{41}$ ではなく、 $l_{12} = l_{41}$ 、 $l_{23} = l_{34}$ とする不等辺四辺形や梯形（トラペジオン）でもよい。

30

【0050】

より具体的には、例えば、 $90 \sim 108\text{ MHz}$ 及び $207.5 \sim 222\text{ MHz}$ のダブルバンドの帯域での共有アンテナ開口面として使用するためには、 $l_{12} = l_{34} = 57.5\text{ cm}$ 、 $l_{23} = l_{41} = 66.1\text{ cm}$ 程度の値に選定可能である。アンテナのサイズスケーリング則によって、 $l_{12} = l_{34} = 57.5\text{ mm}$ 、 $l_{23} = l_{41} = 66.1\text{ mm}$ 程度の値に選定すれば、 $900 \sim 1080\text{ MHz}$ 及び $2075 \sim 2220\text{ MHz}$ のダブルバンドの帯域での共有アンテナ開口面として使用することができる。

【0051】

本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナ 21_w の性能を評価するため、VSWR、ポート間結合（CBP）及び空間相関（SCC）を電磁解析シミュレータIEDにより解析し、図15に示す比較例3に係る開口面共用アレーアンテナ 21_c 及び図16に示す比較例4に係る開口面共用アレーアンテナ 21_d の2つの比較例と比較し、比較結果をそれぞれ図17、図18及び図19に示した。

40

【0052】

図14に示す構造において、第2の補助グリッド線 G_{v42} と第3の補助グリッド線 G_{v43} との間の水平方向に測った距離 $d_{43} = 0.04 \sim 0.15$ 程度の値に選ぶことが可能であり、第1の補助グリッド線 G_{v41} と第2の補助グリッド線 G_{v42} との間の水平方向に測った距離 $d_{42} = 0.10 \sim 0.30$ 程度の値に選ぶことが可能であり、第4の補助グ

50

リッド線 G_{v44} と第 2 の端部ストライプ G_{pp2} との間の水平方向に測った距離 $d_{44} = 0.002 \sim 0.008$ 程度の値に選ぶことが可能である。

【0053】

図 17, 図 18 及び図 19 に示す比較において、図 14 に示す構造の寸法を、 $900 \sim 1080$ MHz 及び $2075 \sim 2220$ MHz のダブルバンドの帯域に合わせて、横幅 $a = 110$ mm、高さ $b = 48$ mm とした場合は、例えば、第 1 の端部ストライプ G_{pp1} 及び第 2 の端部ストライプ G_{pp2} の水平方向に測った幅 $d_{41} = 5$ mm と、図 1 の先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 21_s と同一の値が採用可能である。又、第 2 の補助グリッド線 G_{v42} と第 3 の補助グリッド線 G_{v43} との間の水平方向に測った距離 $d_{43} = 18$ mm も、先行検討例に係る開口面共用アレーアンテナ 21_s と同一の値を採用可能であるが、第 1 の補助グリッド線 G_{v41} と第 2 の補助グリッド線 G_{v42} との間の水平方向に測った距離 $d_{42} = 39$ mm 程度の値に選び、第 4 の補助グリッド線 G_{v44} と第 2 の端部ストライプ G_{pp2} との間の水平方向に測った距離 $d_{44} = 1$ mm 程度の値に選ぶことができる。

10

【0054】

なお、図 14 において、 $b = 48$ mm, $a = 110$ cm 程度の値に選定し、 $900 \sim 1080$ MHz 及び $2075 \sim 2220$ MHz のダブルバンドの帯域での共有アンテナ開口面とした場合であれば、図 3 に示したのと同様に、本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナは 21_w の主グリッド線 $G_{h1}, G_{h2}, G_{h3}, \dots, G_{hm}$ の幅は、 0.5 mm 程度の値、主グリッド線 $G_{h1}, G_{h2}, G_{h3}, \dots, G_{hm}$ の相互の間隔は 2.5 mm 程度の値、両端における間隔は 1.25 mm 程度の値に、それぞれ選定できる。

20

【0055】

図 15 に示す比較例 3 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_c は、図 1 に示したシングルバンド用の先行検討例の構造と同様であり、第 1 の補助グリッド線 G_{v51} と第 2 の補助グリッド線 G_{v52} の 2 本のみ補助グリッド線 G_{v51}, G_{v52} を有する構造である。即ち、図 15 に示す比較例 3 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_c において、横幅 $a = 110$ mm、高さ $b = 48$ mm、第 1 の端部ストライプ G_{pp1} 及び第 2 の端部ストライプ G_{pp2} の水平方向に測った幅 $d_{51} = 5$ mm、第 1 の補助グリッド線 G_{v51} と第 2 の補助グリッド線 G_{v52} との間の水平方向に測った距離 $d_{52} = 18$ mm、第 2 の補助グリッド線 G_{v52} と第 2 の端部ストライプ G_{pp2} との間の水平方向に測った距離 $d_{53} = 40.5$ mm である。

30

【0056】

図 15 に示す比較例 3 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_c においては、第 1 の端部ストライプ G_{pp1} 側の第 m 番目の主グリッド線 G_{hm} の端部を第 1 の給電点 P_1 、第 m 番目の主グリッド線 G_{hm} と第 2 の補助グリッド線 G_{v52} との交点を第 2 の給電点 P_2 、第 2 の端部ストライプ G_{pp2} 側の第 1 番目の主グリッド線の端部を第 3 の給電点 P_3 、第 1 番目の主グリッド線と第 1 の補助グリッド線 G_{v51} との交点を第 4 の給電点 P_4 と選定し、第 1 ~ 第 4 の給電点 P_1, P_2, P_3, P_4 により、共有アンテナ開口面に 4 つの仮想アンテナを配列してシングルバンド用の 4 素子アンテナアレーを構成することを意図している。

【0057】

図 16 に示す比較例 4 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_c も、第 1 の端部ストライプ G_{pp1} 側から順に、第 1 の補助グリッド線 G_{v61} 、第 2 の補助グリッド線 G_{v62} 、第 3 の補助グリッド線 G_{v63} 及び第 4 の補助グリッド線 G_{v64} の 4 本の補助グリッド線 $G_{v61}, G_{v62}, G_{v63}, G_{v64}$ を備える点では、図 14 に示した本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナ 21_w と同様であるが、4 本の補助グリッド線 $G_{v61}, G_{v62}, G_{v63}, G_{v64}$ の相互の間隔が、図 14 に示した本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナ 21_w とは異なる。

40

【0058】

即ち、図 16 に示す比較例 4 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_c においても、図 14 に示した本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナ 21_w と同様に、横幅 $a = 110$ mm、高さ $b = 48$ mm、第 1 の端部ストライプ G_{pp1} 及び第 2 の端部ストライプ G_{pp2} の水平方向に測った幅 $d_{61} = 5$ mm であり、第 2 の補助グリッド線 G_{v62} と第 3 の

50

補助グリッド線 G_{v63} との間の水平方向に測った距離 $d_{64} = 18 \text{ mm}$ である。しかし、第 1 の端部ストライプ G_{pp1} と第 1 の補助グリッド線 G_{v61} との間の水平方向に測った距離 $d_{62} = 18 \text{ mm}$ で、第 1 の補助グリッド線 G_{v61} と第 2 の補助グリッド線 G_{v62} との間の水平方向に測った距離 $d_{63} = 22 \text{ mm}$ で、第 3 の補助グリッド線 G_{v63} と第 4 の補助グリッド線 G_{v64} との間の水平方向に測った距離 $d_{65} = d_{63} = 22 \text{ mm}$ で、第 4 の補助グリッド線 G_{v64} と第 2 の端部ストライプ G_{pp2} との間の水平方向に測った距離 $d_{66} = d_{61} = 18 \text{ mm}$ である点が図 14 に示す構造とは異なる。

【0059】

図 16 に示す比較例 4 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_c は、図 14 に示した本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナ 21_w と同様に、第 m 番目の主グリッド線 G_{hm} と第 1 の補助グリッド線 G_{v61} との交点を第 1 の給電点 P_1 、第 m 番目の主グリッド線 G_{hm} と第 3 の補助グリッド線 G_{v63} との交点を第 2 の給電点 P_2 、第 1 番目の主グリッド線と第 4 の補助グリッド線 G_{v64} との交点を第 3 の給電点 P_3 、第 1 番目の主グリッド線と第 2 の補助グリッド線 G_{v62} との交点を第 4 の給電点 P_4 と選定し、第 1 ~ 第 4 の給電点 P_1, P_2, P_3, P_4 により、共有アンテナ開口面に 4 つの電磁波的に独立した仮想アンテナを配列して 4 素子のアンテナアレーを構成することを意図している。

【0060】

図 17 に示す VSWR、図 18 に示すポート間結合 (CBP)、及び図 19 に示す空間相関 (SCC) において、本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナ 21_w の特性を実線で、図 15 に示す比較例 3 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_c の特性を破線で、図 16 に示す比較例 4 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_d の特性を二点鎖線で示している。図 17 では 4 つのポート (給電点) P_1, P_2, P_3, P_4 から見た VSWR の平均値を示している。図 17 に示すとおり、 $900 \sim 1080 \text{ MHz}$ 及び $2075 \sim 2220 \text{ MHz}$ のダブルバンドの帯域において、VSWR は図 14 に示した本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナ 21_w の特性が優れているが、図 16 に示す比較例 4 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_d の特性が最も劣ることが分かる。

【0061】

図 18 では、図 7 と同様に、第 1 のポート P_1 と第 2 のポート P_2 との結合係数 CBP_{12} 、第 2 のポート P_2 と第 3 のポート P_3 との結合係数 CBP_{23} 、第 3 のポート P_3 と第 4 のポート P_4 との結合係数 CBP_{34} 、第 4 のポート P_4 と第 1 のポート P_1 との結合係数 CBP_{41} 、第 1 のポート P_1 と第 3 のポート P_3 との結合係数 CBP_{13} 及び第 2 のポート P_2 と第 4 のポート P_4 との結合係数 CBP_{24} の平均値を示している。図 18 に示すとおり、 $900 \sim 1080 \text{ MHz}$ 及び $2075 \sim 2220 \text{ MHz}$ のダブルバンドの帯域において、ポート間結合 (CBP) も図 14 に示した本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナ 21_w (実線) の特性が最も優れているが、図 16 に示す比較例 4 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_d (二点鎖線) の特性が最も劣ることが分かる。

【0062】

図 19 では、図 8 と同様に、第 1 の仮想アンテナ A_1 () と第 2 の仮想アンテナ A_2 () との空間相関 SCC_{12} 、第 2 の仮想アンテナ A_2 () と第 3 の仮想アンテナ A_3 () との空間相関 SCC_{23} 、第 3 の仮想アンテナ A_3 () と第 4 の仮想アンテナ A_4 () との空間相関 SCC_{34} 、第 4 の仮想アンテナ A_4 () と第 1 の仮想アンテナ A_1 () との空間相関 SCC_{41} 、第 1 の仮想アンテナ A_1 () と第 3 の仮想アンテナ A_3 () との空間相関 SCC_{13} 、及び第 2 の仮想アンテナ A_2 () と第 4 の仮想アンテナ A_4 () との空間相関 SCC_{24} の平均値を示している。図 19 に示すとおり、 $900 \sim 1080 \text{ MHz}$ 及び $2075 \sim 2220 \text{ MHz}$ のダブルバンドの帯域における空間相関 (SCC) については、図 14 に示した本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナ 21_w (実線)、図 15 に示す比較例 3 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_c (破線) 及び図 16 に示す比較例 4 に係る開口面共用アレーアンテナ 21_d (二点鎖線) の特性において、大きな差異は認められなかった。

【0063】

10

20

30

40

50

他の構造については図示を省略しているが、図 1 5 及び図 1 6 に示した構造を含む 1 0 0 通り以上のケースの検討結果から、図 1 4 に示すような間隔の関係で、4 本の補助グリッド線 G_{v41} , G_{v42} , G_{v43} , G_{v44} を設け、第 m 番目の主グリッド線 G_{hm} と第 1 の補助グリッド線 G_{v41} との交点を第 1 の給電点 P_1 、第 m 番目の主グリッド線 G_{hm} と第 3 の補助グリッド線 G_{v43} との交点を第 2 の給電点 P_2 、第 1 番目の主グリッド線と第 4 の補助グリッド線 G_{v44} との交点を第 3 の給電点 P_3 、第 1 番目の主グリッド線と第 2 の補助グリッド線 G_{v42} との交点を第 4 の給電点 P_4 と選定し、第 1 ~ 第 4 の給電点 P_1 , P_2 , P_3 , P_4 により、共有アンテナ開口面に 4 つの電磁波的に独立した仮想アンテナを配列して 4 素子のアンテナアレーを構成した場合が、 $VSWR$ 、ポート間結合 (CBP) 及び空間相関 (SCC) のいずれについても、 $900 \sim 1080 \text{ MHz}$ 及び $2075 \sim 2220 \text{ MHz}$ のダブルバンドの帯域において 4 素子アンテナアレーとして最も優れているという知見が得られた。

10

【 0 0 6 4 】

図 2 3 に示すように、本発明の実施の形態に係る適応指向性受信装置は、上記において説明した本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナ 21_w の周囲に設けられた 4 つのポート (給電点) P_1 , P_2 , P_3 , P_4 のうちのひとつである第 1 のポート P_1 を活性素子の給電点とし、残りの 3 つのポート P_2 , P_3 , P_4 がパラサイト素子とする 4 素子アダプティブ・アレーアンテナを備える。ここで、「活性素子」とは、先行検討例に係る適応指向性受信装置で既に説明したとおり、空中から捉えた無線信号を受信装置側に出力する励振素子 (給電素子) であり、第 1 のポート P_1 からアンテナ出力が得られる。

20

【 0 0 6 5 】

第 1 のポート P_1 を給電点とする活性素子には、デジタルシグナルプロセッサ (DSP) を備えるベースバンド信号生成部 2 4 が接続され、活性素子からベースバンド信号生成部 2 4 の RF フロントエンド部に、空中から捉えた無線信号が出力される。ベースバンド信号生成部 2 4 に備えられた演算処理回路 (DSP) は、ベースバンド信号生成部 2 4 で生成されたベースバンド信号を処理する。なお、 DSP は、必ずしもベースバンド信号生成部 2 4 に内蔵されている必要はなく、物理的構成としては、ベースバンド信号生成部 2 4 の外部に接続されていてもよい。

【 0 0 6 6 】

「パラサイト素子」とは、先行検討例に係る適応指向性受信装置で既に説明したとおり、空中からの無線信号に直接寄与しない非励振素子の意味であり、第 2 のポート P_2 を給電点とする第 1 のパラサイト素子には、例えば、第 1 インダクタと可変容量ダイオードの直列回路が接続され、第 1 インダクタと可変容量ダイオードの接続点に一方の端子を接続するように、可変容量ダイオードと第 2 インダクタとが並列接続されて第 1 の可変リアクタンス回路 2 2 a を構成している。第 1 の可変リアクタンス回路 2 2 a は、リアクタンス適応制御回路 2 3 を介して、ベースバンド信号生成部 2 4 の DSP に接続されている。

30

【 0 0 6 7 】

同様に、第 3 のポート P_3 を給電点とする第 2 のパラサイト素子には、第 1 インダクタと可変容量ダイオードの直列回路が接続され、第 1 インダクタと可変容量ダイオードの接続点に一方の端子を接続するように、可変容量ダイオードと第 2 インダクタとが並列接続されて第 2 の可変リアクタンス回路 2 2 b を構成している。第 2 の可変リアクタンス回路 2 2 b は、リアクタンス適応制御回路 2 3 を介して、ベースバンド信号生成部 2 4 の DSP に接続されている。同様に、第 4 のポート P_4 を給電点とする第 3 のパラサイト素子には、第 1 インダクタと可変容量ダイオードの直列回路が接続され、第 1 インダクタと可変容量ダイオードの接続点に一方の端子を接続するように、可変容量ダイオードと第 2 インダクタとが並列接続されて第 2 の可変リアクタンス回路 2 2 b を構成している。第 2 の可変リアクタンス回路 2 2 b は、リアクタンス適応制御回路 2 3 を介して、ベースバンド信号生成部 2 4 の DSP に接続されている。

40

【 0 0 6 8 】

50

第1のポート P_1 を給電点とする活性素子、第2のポート P_2 を給電点とする第1のパラサイト素子、第3のポート P_3 を給電点とする第2のパラサイト素子及び第4のポート P_4 を給電点とする第3のパラサイト素子は、同一の格子状の面である開口面の周囲に設けられた4つのポート P_1, P_2, P_3, P_4 を給電点としているので、物理的なハードウェア構成としては電氣的に短絡され、空間的に分離されていないが、図19に示したとおり、900~1080MHz及び2075~2220MHzのダブルバンドの帯域において、高周波の電磁波的には4つの独立したアンテナとして機能するとみなすことが可能である。

【0069】

本発明の実施の形態に係る適応指向性受信装置では、図13(a)に示したのと同様に、入射信号として逆離散フーリエ変換された信号をデータ区間として有するOFDM信号を用いている。OFDM信号の各シンボル区間の先頭にはガード区間HGIが設けられている。ガード区間HGIは各シンボル区間の尾部のコピー元区間TGIの波形をダミー信号としてそのまま巡回的にコピーしたものである。ガード区間HGI、ガード区間HGIに続くデータ区間、データ区間に続くコピー元区間TGIとで、各シンボル区間が構成されている。図13(a)に示す主波に対し、図13(b)に示したのと同様に、ガード区間HGIだけ遅れた遅延波が受信されると、OFDM信号の誤り率は急激に劣化する。遅延波が重畳して受信されるとガード区間HGIとコピー元区間TGIの相関係数は小さくなる。

【0070】

図23に示すベースバンド信号生成部24のDSPは、第1のポート P_1 を給電点とする活性素子のアンテナ出力を用いて、図13に示すOFDM信号の各シンボル区間毎にガード区間HGIとコピー元区間TGIのとの複素相関係数を計算し、リアクタンス適応制御回路23は、ガード区間HGIとコピー元区間TGIの複素相関係数が大きくなるように、それぞれの可変リアクタンス回路22a, 22b, 22cの接地リアクタンス値を制御する。リアクタンス適応制御回路23の制御には、例えば、目的関数を相関係数としたシンプレックス法を使用すればよい。

【0071】

計算機シミュレーションでは、2つの同一振幅のOFDM信号(遅延波と主波)を水平面でランダムな2方向から入射させる。100パターンの到来角組み合わせについて信号対干渉雑音比SINRの累積分布(CCDF)を計算した。到来波の垂直面の入射角は、本発明者らが実施したフィールドテストで得た平均値の0.48°を用いた。図13(b)に示したのと同様に、遅延波は図13(a)に示す主波に対しガード区間HGIだけ遅れている。

【0072】

図14に示した本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナ21_w、図16に示した比較例4に係る開口面共用アレーアンテナ21_d及び図15に示した比較例3に係る開口面共用アレーアンテナ21_c及びについて、第1のポート P_1 を活性素子の給電点とし、残りの3つのポート P_2, P_3, P_4 をパラサイト素子の給電点として、先行波と遅延波の入射方向を変化させ、適応ビームを形成したときの900, 1000, 1080, 2075, 2100, 2222MHzにおける信号対干渉雑音比SINRの累積分布(CCDF)を、それぞれ図20、図21及び図22に示す。図20、図21及び図22において、900MHzのSINRの累積分布を実線で、1000MHzにおけるSINRの累積分布を破線で、1080MHzにおけるSINRの累積分布を一点鎖線で、2075MHzにおけるSINRの累積分布を二点鎖線で、2100MHzにおけるSINRの累積分布を点線で、2200MHzのSINRの累積分布を太い実線(2重線)で示している。

【0073】

図20及び図21を比較すれば明らかなように、本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナ21_wの場合が、横幅 $a = 110\text{mm}$ 、高さ $b = 48\text{mm}$ の矩形の格子状の共有アンテナ開口面の寸法においては、900~1080MHz及び2075~222

10

20

30

40

50

0 MHzのダブルバンドの帯域にわたり、図16に示した比較例4に係る開口面共用アレーアンテナ21_dに比し、SINRの累積分布が飛躍的に優れていることが理解できる。又、図15に示した比較例3に係る開口面共用アレーアンテナ21_cの場合は、図22から分かるように、900～1080 MHzのシングルバンドの帯域においてのみ、SINRの累積分布が優れ、ダブルバンドには適さないことが分かる。

【0074】

図17～図20に示した本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナ21_wの寸法を10倍にすれば、アンテナのサイズスケーリング則によって、90～108 MHz及び207.5～222 MHzのダブルバンドの帯域において、SINRの累積分布が優れていることは容易に理解できる。即ち、本発明の実施の形態に係る開口面共用アレーアンテナ21_wの構造は、寸法を車両（自動車）のリアデフォッグの寸法に対応させて、車両（自動車）に搭載して、ISDB-TSBに適合した90～108 MHzの周波数帯（V-LOW）及びISDB-Tmmに適合した207.5～222 MHzの周波数帯（V-HIGH）の、周波数が2倍程度異なるダブルバンドの帯域において使用可能な4素子のアンテナアレーを構成するのに好適である。

10

【0075】

更に、アンテナのサイズスケーリング則によって、本発明の実施の形態に係る矩形の格子状の共有アンテナ開口面の寸法を選択することにより、任意の周波数帯におけるダブルバンドの4素子のアンテナアレーを、開口面共用アレーアンテナ21_wによって構成することも容易に理解できる事項である。

20

【0076】

（その他の実施の形態）

本発明は、上記のような本発明の実施の形態によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面は本発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施例及び運用技術が明らかとなろう。特に、サイズスケーリング則によって、所望の寸法を選択することにより、任意の周波数帯におけるダブルバンドの4素子のアンテナアレーが実現できるので、本発明の開口面共用アレーアンテナ21_wは、車両（自動車）のリアデフォッグの他、車両後付け平面アンテナ、平面シート状アンテナ等に適用できる。更に、住宅の窓や壁に本発明の開口面共用アレーアンテナ21_wを用いてもよく、携帯端末用のアレーアンテナとして、本発明の開口面共用アレーアンテナ21_wを用いることもできる。このように、本発明はここでは記載していない様々な実施の形態等を含むことは勿論である。したがって、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

30

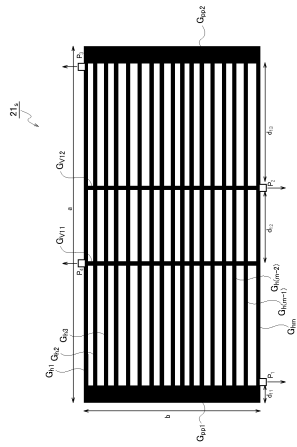
【符号の説明】

【0077】

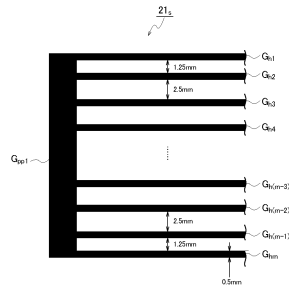
- 21_s, 21_w, 21_a, 21_b, 21_c, 21_d... 開口面共用アレーアンテナ
- 22_a, 22_b, 22_c... 可変リアクタンス回路
- 23... リアクタンス適応制御回路
- 24... ベースバンド信号生成部
- 33, 32... ボディ
- P₁, P₂, P₃, P₄... ポート（給電点）

40

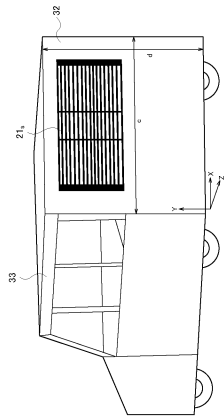
【図 1】



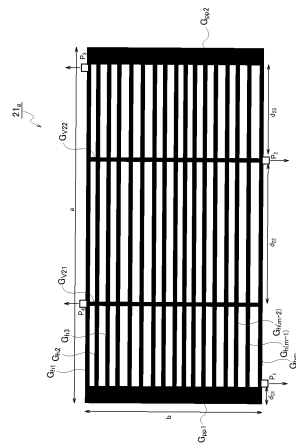
【図 2】



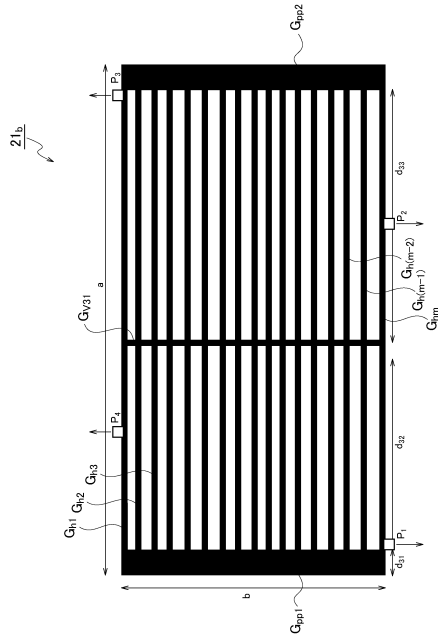
【図 3】



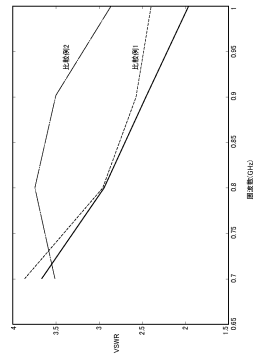
【図 4】



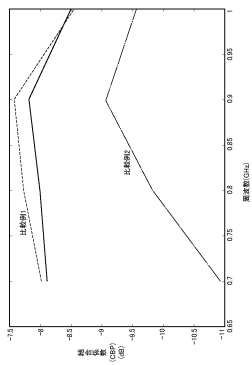
【 図 5 】



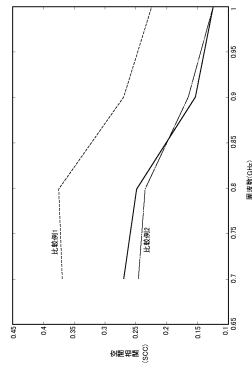
【 図 6 】



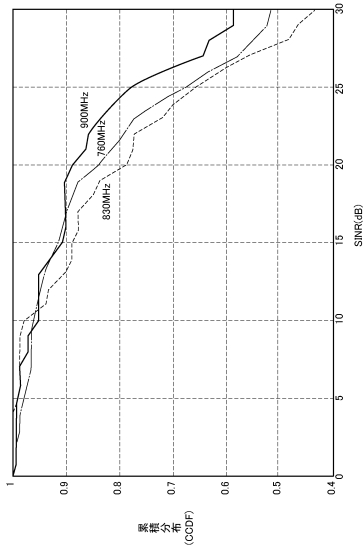
【 図 7 】



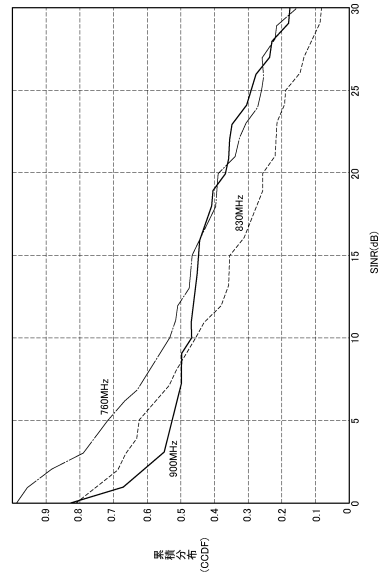
【 図 8 】



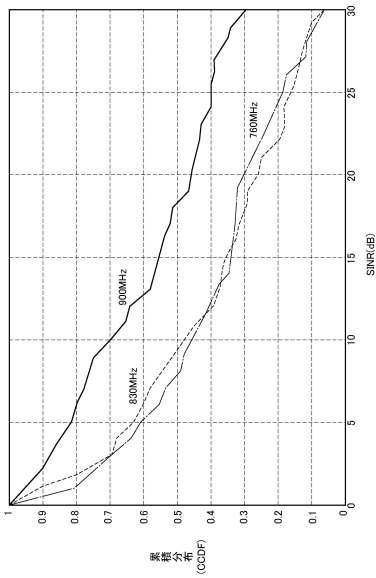
【図 9】



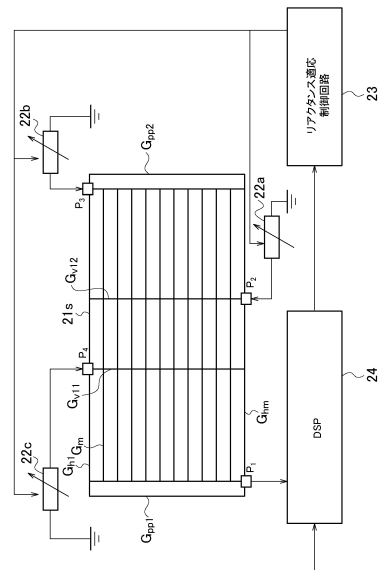
【図 10】



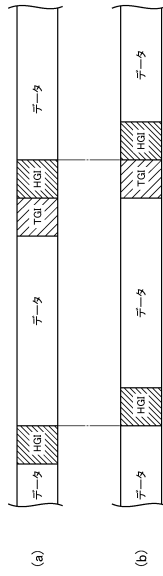
【図 11】



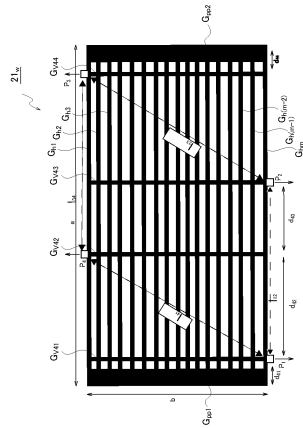
【図 12】



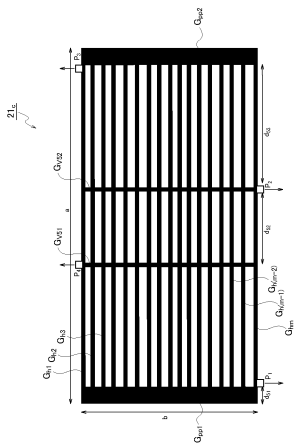
【 図 1 3 】



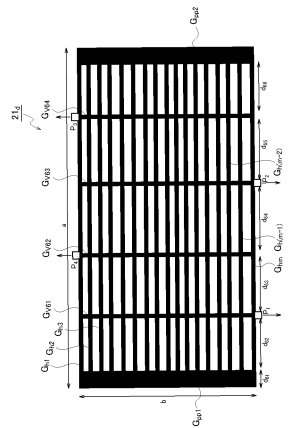
【 図 1 4 】



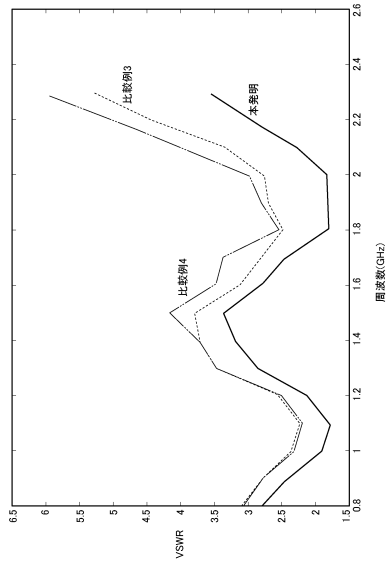
【 図 1 5 】



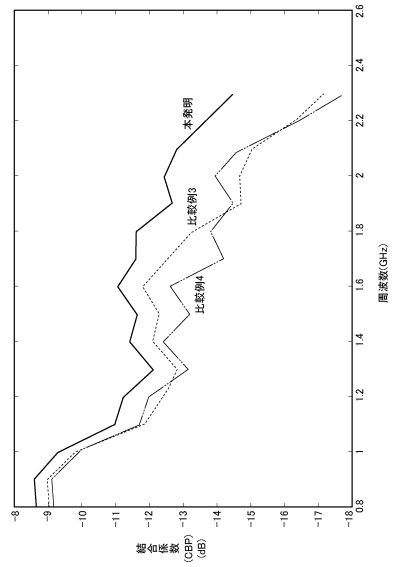
【 図 1 6 】



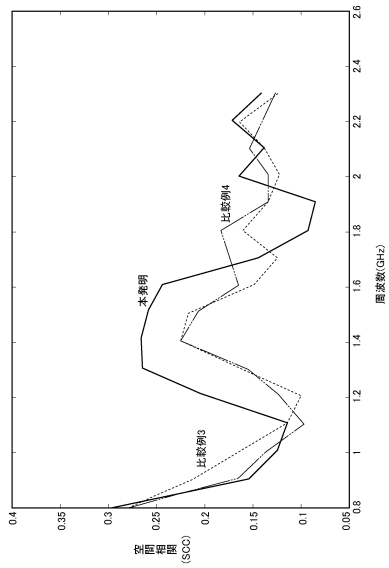
【図 17】



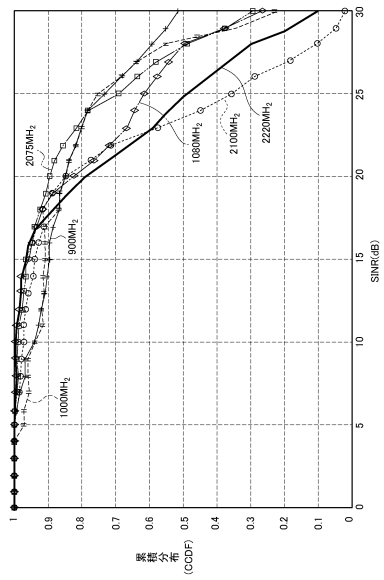
【図 18】



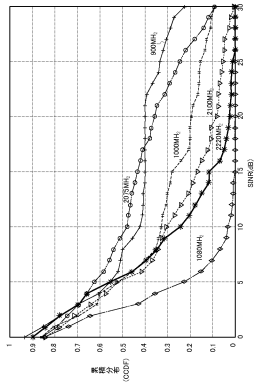
【図 19】



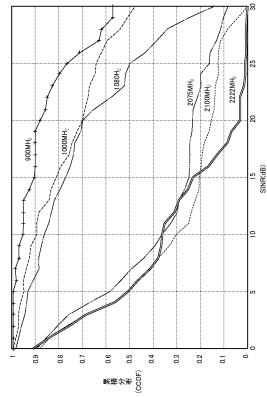
【図 20】



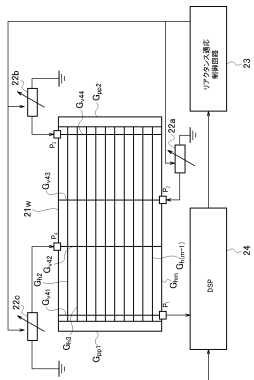
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-026905(JP,A)
特開平09-093018(JP,A)
特開2007-215115(JP,A)
特開2002-118414(JP,A)
米国特許出願公開第2004/0080460(US,A1)
ヌルサリザ アブドラ 他, リアデフォッガを用いた簡易アダプティブアンテナの試作評価, 電子情報通信学会技術研究報告, 2011年 2月 2日, pp.37-42, A.P2010-167

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01Q 1/32
H01Q 3/00 - 3/46
H01Q 21/00 - 25/04

H04B 7/10