(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4049224号
(P4049224)

(45)発行日　平成20年2月20日(2008.2.20)　(24)登録日　平成19年12月7日(2007.12.7)

(51)Int.Cl.			F I		
H04B	7/15	(2006.01)	H04B	7/15	Z
G01S	5/02	(2006.01)	G01S	5/02	Z

請求項の数 10　(全 15 頁)

(21)出願番号	特願平9-527937
(86)(22)出願日	平成9年1月31日(1997.1.31)
(65)公表番号	特表2000-504185(P2000-504185A)
(43)公表日	平成12年4月4日(2000.4.4)
(86)国際出願番号	PCT/US1997/001866
(87)国際公開番号	WO1997/028456
(87)国際公開日	平成9年8月7日(1997.8.7)
審査請求日	平成16年2月2日(2004.2.2)
(31)優先権主張番号	08/597,073
(32)優先日	平成8年2月5日(1996.2.5)
(33)優先権主張国	米国(US)

(73)特許権者
エリクソン　インコーポレイテッド
アメリカ合衆国　テキサス州　７５０２４，プラノ，レガシー　ドライブ　６３００
(74)代理人
弁理士　大塚　康徳
(74)代理人
弁理士　高柳　司郎
(74)代理人
弁理士　大塚　康弘
(74)代理人
弁理士　木村　秀二
(74)代理人
弁理士　下山　治

最終頁に続く

(54)【発明の名称】多重ビームを用いる端末位置指定

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

複数のアンテナ素子を含むアレーアンテナを使用し、該複数のアンテナ素子の各々に対応する複数のスポットビームで複数の地理的領域を照射する衛星を含み、前記複数のスポットビームの各々のビーム形状は同じである無線通信システムにおいて、前記複数の地理的領域の内に存在する端末の位置を推定する方法であって、

前記複数の地理的領域の内に存在する端末が、前記複数のスポットビームの各々に対応する複数の受信パワーを測定するステップと、

測定された前記複数の受信パワーと基準パワーとを比較し、該複数の受信パワーの各々に対応する複数の相対パワーを決定するステップと、

前記複数の相対パワーと前記ビーム形状のモデルとを使用して前記端末の位置を推定するステップと、を含むことを特徴とする方法。

【請求項２】

前記基準パワーは、前記端末が現在位置する地理的領域を照射するスポットビームに対する、該端末により受信される受信パワーであることを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項３】

前記決定するステップおよび推定するステップは、前記端末で遂行されることを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項４】

前記決定するステップおよび推定するステップは、前記衛星で遂行されることを特徴とす

る請求項１に記載の方法。
【請求項５】
前記モデルは、前記スポットビームの照射中心方向からの角度をパラメータとした指数方程式で表されることを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項６】
前記推定するステップは、前記複数の相対パワーを観測量とし前記端末の位置を推定量として設定したモデル方程式を用いた前記端末の位置の推定演算を、予め指定された誤差に収まるまで反復することを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項７】
前記測定するステップは更に、各々の受信パワーを同時に測定するステップを含むことを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項８】
前記測定するステップは更に、前記複数のスポットビームに対応する各々の受信パワーを異なる周波数で測定するステップを含むことを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項９】
前記測定するステップは更に、各々の受信パワーを異なる時間で測定するステップと、前記衛星の動きに基づいて該測定された受信パワーを調整するステップと、を含むことを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項１０】
複数のアンテナ素子を含むアレーアンテナを使用し、該複数のアンテナ素子の各々に対応する複数のスポットビームで複数の地理的領域を照射する基地局を含み、前記複数のスポットビームの各々のビーム形状は同じである無線通信システムにおいて、前記複数の地理的領域の内に存在する端末の位置を推定する方法であって、
前記複数の地理的領域の内に存在する端末が、前記複数のスポットビームの各々に対応する複数の受信パワーを測定するステップと、
測定された前記複数の受信パワーと基準パワーとを比較し、該複数の受信パワーの各々に対応する複数の相対パワーを決定するステップと、
前記複数の相対パワーと前記ビーム形状のモデルとを使用して前記端末の位置を推定するステップと、を含むことを特徴とする方法。
【発明の詳細な説明】
背景
この発明は無線通信システムにおける端末の位置決定に関し、特に、地理的領域を照射して通信カバレージを供給するためにスポットビームが使用される無線通信システムにおける端末の位置決定に関する。
スポットビームを使用する無線通信システムの一例は、衛星通信システムに見出される。もう一つの例は、固定ビームフェイズドアレーを使用するセルラ／ＰＣＳシステムである。多数の契約者にサーブする経済的に有用な性能を達成するために、通信システムは地球（ｇｌｏｂｅ）上の利用可能なスペクトルを多数回再利用できることが必要である。これは例えば、多数の一層小さな領域の間に、選択された照明を分割する多重スポットビームアンテナの使用により達成される。
そうしたアプリケーションのための最も有望なシステムは、低地球軌道（ＬＥＯ）、中間地球軌道（ＭＥＯ）、または静止地球軌道（ＧＥＯ）に衛星を配置するシステムである。静止軌道における衛星の短所には、４０，０００キロメートルの軌道距離から希望するサイズのスポットのビームを作り出すのに必要な、巨大なアンテナと、軌道を横切る信号の長い遅延が含まれ、後者は双方向対話に問題を生ずる。一方、低地球軌道の短所は、この衛星が地球に対して移動することであり、こうしてこのスポットビームが照射する領域が、衛星が地球の周りを回るにつれて変化することである。中間地球衛星軌道は、ＬＥＯとＧＥＯの両方の問題があるが、より低い程度にである。
低または中間の地球軌道衛星を使用するサテライトシステムは、地球に対する衛星の動きにより引き起こされる衛星－端末間の伝播遅延の急変を補償する必要がある。そうしたシ

ステムでの通信の間、伝播遅延の変化を説明するために、ドップラ補償が供給される。ドップラ補償を供給するために、端末がドップラ周波数を探索するが、これは包括的で時間を消費する処理であって、システムへの接続を遅延させる。しかしながら、そのかわりに、端末の位置が知られれば、ドップラ周波数を探索する代わりにドップラ補償を計算することができ、これにより発呼の速度を上げることができる。
端末ユニットの位置を知っていることも、多くの他のシステム機能の準備において有用である。例えば、スポットビームとチャネル指定の間の端末の切り替えは、ターミナル位置の知識を使用して容易にできる。その上、上に確認した米国特許第０８／１７９，９５３号に記述されているように、端末の位置はまた、ビーム形成（ｂｅａｍｆｏｒｍｉｎｇ）マトリクスの計算に有用である。
端末の位置を決定する通常の方法は、全地球測位システム（ＧＰＳ）から引き出される情報である。ＧＰＳは多数のＭＥＯ衛星を含み、各ＭＥＯ衛星は既知の信号を送信する。地上のどこかの与えられた点から、１つの端末が（軌道上にある多数のＧＰＳ衛星からの）３ないし４個のそうした信号を受信し測定できて、時間の遅延を決定し、したがって、３ないし４個の衛星と端末の間の距離を決定する。この情報は、それから端末の位置を三角測量するのに使用される。多数の異なった衛星の信号が１つの受信機に利用可能であるシステムにおいて、この方法は合理的に効果的であるが、ＧＥＯのような他のシステムはこの贅沢を有さない。従って、多数の衛星からの信号が利用可能であることに依存しない無線通信システムの端末のために位置情報を得るために、異なった方法とシステムを供給することが望ましい。

要約
この発明の例示的な実施例によれば、端末に最も近接した複数のスポットビームから受信される信号の相対的な信号強度値を測定することにより、端末のロケーションが遂行される。例えば、６個の近傍のスポットビームからの信号強度であって、その中で移動局が現在作動しているセンタスポットビームに関するものは、そのセンタスポットビームに関して測定できる。これらの測定からの情報を使用して、スポットビームパターンの指数モデルを使用して、端末の位置を決定できる。衛星ステーションまたは陸上基地ステーションを有するシステムを含めて、多重ビームを有するアレーアンテナを使用するあらゆる無線通信システムに、これらの例示的な技法が適用できる。
他の例示的な実施例により、移動局または端末は衛星から伝播する信号の時間遅延を測定し、いくつかのそうした測定からの情報を使用して、その位置を決定することができる。この手順は、例えば、この移動局がページングメッセージを期待しているときに、呼び出し設定中または目覚まし時間中に、遂行できる。

【図面の簡単な説明】
この発明のこれらおよび他の特徴は、図面とともにする以下の説明により当業者に直ちに明らかになるであろう。
図１は、例示的なスポットビーム照射パターンを図示する。
図２は、ある衛星の位置に対するある端末の位置を識別するのに使用される座標軸と角を図示する。
図３は、ビーム中心から離れた角の関数として形作る指数ビーム形の相対的な正確さを図示するグラフである。
図４は、端末位置のラジアルマッピングを図示するグラフである。
図５は、この発明の例示的な実施例をシミュレートに使用するモデルを図示するブロック図である。
図６は、シミュレーションの経過時間に対するＸ座標のプロットである。
図７は、シミュレーションの経過時間に対するＹ座標のプロットである。
図８は、シミュレーションの経過時間に対する推定レンジのプロットである。
図９は、シミュレーションの経過時間に対する推定方位のプロットである。
図１０は、信号対騒音比に対する推定レンジ誤差のプロットである。
図１１ないし図１７は、他のシミュレーション特性のプロットを示す。

図１８（ａ）と図１８（ｂ）は、スポットビーム測定をするための例示的な装置を示す。

詳細な説明

端末位置決定の議論を始めるに際して、３つの通信チャネルを利用可能な、非常に単純化された衛星通信システムを考えよう。衛星アンテナシステムの決まった物理特性により決定されるとおりに、多数のアンテナ、例えば３７個のアンテナを供給できるし、いわゆるスポットビームカバレージ領域内で地球を照射するのに使用される。これら３７個のスポットビームは図１に図示される。従来の知恵によれば、３つのスポットの中間にある最悪点の利得（すなわち、図１にビーム照射交差点に対応するものとして指示されているもの）は、ピーク、ビーム中心利得に対してこの中間点で利得が約３ｄＢ下になるようにビーム幅を選択することにより、最大化される。これは１つの例示的な妥協であり、一方でエッジ損失を減少するようにビームを広くすることによりピークの利得を減少させ、他方ではビームを狭くしてピークの利得を増大するが、その時は以前と同じ離心距離でより大きなビームエッジ損失の不利を招く。前に指摘した米国特許出願第０８／１７９，５８３号に開示された代案は、地上の各点を１つのチャネルのビームの中心に近くするために、複数のチャネルの方向を少しずつ変えて、チャネルをどのように有利に放射するかを記述している。この方法で、システムは多数のチャネルを供給されて、特定の移動体に向かって一層中心的なものをそこから選択して、さもなければ発生するであろうビームエッジ損失をこうして防止する。

いずれの場合も、３７スポットビームの全てのものにおいて、システムは３つの周波数の全てを採用でき、その結果、３つのビームの中間点にある移動体は、３つのビーム全てからの各周波数について、等しい重複信号を受信する。すなわち、希望する各信号の上に２つの等しい力の干渉を受信し、またはこの干渉の問題は、これらの周波数を３セル周波数再使用パターン内に配分することにより、避けることができる。後者の場合、３つのビームの間の中間点にある移動体は、これら取り囲む３つの異なるビームから、３つの周波数全てを等しい強さで受信するが、しかし各ビームから１つの周波数のみを受信し、更に離れたビームのサイドローブからのいくらか減少した干渉を伴う。２つのビームの間の中間点にある移動体は、２つの周波数で等しい強さの信号を受信し、第３の周波数で２つの等しい信号からのいくらか減少した強さの信号を受信する。１つのビームの中心にある移動体は、主としてそのビームの周波数を受信し、取り囲む６つのビームからの他の２つの周波数のいくらか減少した強さの信号を受信する。こうして、ある移動局が相対的な受信周波数、例えばこの３つの周波数に基づいて、その位置を大まかに決定できることは、前記下参考文献である米国特許出願第０８／１７９，９５８号に一層詳細に記述されている。近辺のビームから受信した信号の強さに基づいて、位置を決定する例示的な方法を、一層詳細に下記する。

各ビームから移動局が受信するパワーはビーム形の大きさにより、またその結果のビーム放射パターンは個別の素子の放射パターンと、複数の素子のビーム形成によるアレーファクタとの組み合わせにより決定される。結果するパターンパワー損失を決定するために使用できる１つのモデルは、指数モデルである。１つのビームから次のビームまでに充分な識別があれば、その時は占有されたビームと周辺のビームから測定される受信信号の強さをビーム形の測定値として使用することができ、この測定値を移動体の位置を決定するために使用できる。

ビームの中心の位置が知られていると仮定するとき、移動体の位置の推定の問題は、ビームの中心に対するユーザの位置の推定の問題になる。ある特定のスポットビームの既知の指示方向が与えられれば、ユーザ位置は２つの角の大きさで特定される。すなわち、ビーム中心角から離れる角φと、ビームの中心の方向に衛星から伸びている光線の周りの角θである。この思想は図２に図示されている。

ビームパターンは角φと角θの両方の関数であるが、正規化されたビーム形は次の指数方程式を使用してモデルにすることができる。

$$p(\phi) = e^{-\alpha\phi^2},$$

(1)

ここでαはこのモデルを真のビットパターンに適合させるために選ばれる。このモデルは、φの比較的小さな値、通常２、３度までについて、比較的に正確である。例えば、Ｉｎｍａｒｓａｔ　ＥＰ２１衛星設計のための２１１素子アレーの提案において、ビーム形成（ｂｅａｍ－ｆｏｒｍｉｎｇ）後のアレーパターンに近似して、アルファの値が０．１８９１であることが発見された。このシステムのためにビーム形成した（ｂｅａｍ－ｆｏｒｍｅｄ）パターンをシミュレートしたプロットを指数的にモデルにしたパターンと比較して図３に示す。この図でモデル化されたパターンはより高い（ｙ軸の）パターン利得値を有する発散曲線により表現される。シミュレートされたパターンから発散するほぼφ＝３度まで、指数モデルの適合が比較的に正確であることが見られる。

この発明の例示的な実施例により、移動体の位置決定を説明するために、以下にリストするように多数の単純化の仮定がなされた。

・例えば移動体へ送信されるか記憶される天体暦から、衛星の位置が知られると仮定されている。

・ここに記述される技法は、例えば数秒の短時間内で、移動体の位置を決定することを目指す。こうして、この衛星の位置は静止したものと考え得る。より長い時間が位置決定に必要ならば、衛星位置の追跡をこの技法に組込むことができ、または移動体で利用可能な天体暦のデータを使用し得る。

・移動体位置を決定するために使用されたビームのセットについてのスキャン損失は最小であると考えられている。スキャン損失は、天底から離れた（すなわち、φの値が大きい）ビームを指示する衛星によるが、また指数損失としてモデル化することもできる。もしこの損失が有意味であれば、その時はそれは次のモデル式または衛星とビーム位置の知識により説明され得る。

・各ビームについて、座標（φ、θ）から地球上の特定位置へマッピングがある。これはラジアルマッピングであって、地表面におけるビーム中心と移動体との距離をｒとすると、ｒ＝ｃφの形を取り、ここでｃは各ビームについて異なる所定の定数であり、θがビームの中心からユーザの各位置を与えると仮定されている。このマッピングを図４に示す。非環状マッピングを含むこのモデルの他の式を作って、正確なビーム形に近似させ得ることは当業者に理解されよう。

・移動ユーザが所在するビームと６つの周辺ビームが、次の例示的な実施例で移動体の位置を決定するのに使用される。これは、周波数プラン（ｐｌａｎ）が７セルの再使用パターンを使用することを、またこれらの異なったビームの各各において、チャネルからの信号の強さを移動体が測定することを仮定している。

値φと値θを推定するために、マッピングｘ＝ｆ（φ、θ）が使用され（ベクトル量が太字で表現されることに注意されたい。）、次式で与えられる。

$$\boldsymbol{x} = \begin{bmatrix} x(\phi,\theta) \\ y(\phi,\theta) \end{bmatrix} \qquad (2)$$

$$= \begin{bmatrix} c\,\phi\,\sin(\theta) \\ c\,\phi\,\cos(\theta) \end{bmatrix}, \qquad (3)$$

ここでシータ（θ）はビームの中心から測定される。さて、移動体の位置を測定するために、パワー測定値がカレントのビームと６つの周辺ビームから取られる。パワー測定値は、

$p = [p_0, p_1, p_2, \ldots, p_6]^T$のように表される。ｉ番目のビームからの測定値は、

$$p_i(x) = Ae^{-\alpha((x-x_i)^2-(y-y_i)^2)} \quad (4)$$

$$= Ae^{-\alpha\,|x-x_i|^2}, \quad (5)$$

となり、ここで、ｉ∈｛０，１，．．．，６｝は測定値が取られたビームを表し、またｘ$_i$はビームｉの中心の位置を表す。信号の絶対的なパワー（方程式（４）と方程式（５）内の倍率（Ｓｃａｌｉｎｇ　ｆａｃｔｏｒ）Ａで表される）は知られてないかも知れないので、移動体の位置を決定するのにこのモデルを直接使用することは問題を生ずる。こうして、この発明の例示的な実施例によれば、ビームのペアからのパワーの相対的な測定を、位置決定に使用できる。例えば、中心ビームを基準として使用して、それに対して相対的なパワーの測定値を決定できる。これらの相対的なパワーの測定値は、ｙ＝［ｈ$_1$，．．．，ｈ$_6$］^{T}のように表される。ここでｈ$_i$＝Ｐ$_i$／Ｐ$_0$。この方法を用いると、測定値とモデルは次のようになる。

$$h_i(x) = e^{-\alpha((x-x_i)^2+(y-y_i)^2)} \cdot e^{\alpha((x-x_0)^2-(y-y_0)^2)} \quad (6)$$

$$= e^{-\alpha(|x-x_i|^2-|x-x_0|^2)} \quad (7)$$

例えば、センタビームから受信したタイムスロットに対して、周辺の６つのタイムスロットの各々から受信したタイムスロットのＲＳＳＩを使用して移動体が、ｈ$_i$（ｘ）を計算できるし、この測定値を方程式（６）と方程式（７）で使用できる。さて、上記の方程式（６）と方程式（７）に記述された測定モデルにより、移動体の位置の推定値が決定される。移動体の位置を推定するために、次に示す方程式Ｊ（ｘ）を最小化する点を発見することにより、ｘのカルマン最小分散最小２乗推定が計算される。

$$J(x)=(x-\hat{x}_{k|k-1})^T P_{x,k|k-1}^{-1}(x-\hat{x}_{k|k-1})+(y-h(x))^T R_y^{-1}(y-h(x)), \quad (8)$$

ここで

$\hat{X}_{k|k-1}$

は移動体の位置の推定値であり、Ｐ$_{x,k|k-1}$は位置共分散マトリクスの推定値であり、Ｒ$_y$は仮定された既知の測定値の分散である。ここで、添え字の「ｋ｜ｋ－１」は、当該添え字を付した推定値が、（ｋ－１）期までの情報に基づくｋ期における推定値であることを意味する。初期値は、

$\hat{X}_{k|k-1}$ とＰ$_{x,k|k-1}$

の両方に選択できる。例えばビーム中心位置を

$\hat{X}_{k|k-1}$

に選択でき、またビームの半径Ｐ$_{x,k|k-1}$を初期推定の標準偏差として使用できる。Ｒ$_y$値について仮定された分散を選択するには、技法が処理すべきノイズ値に対する最悪の場合の信号を仮定して、次にこのノイズ値に対応するパワー測定値の適当なノイズ分散を選択する。異なるビームからのノイズは独立していると仮定される。関数ｈ（ｘ）は次の式で与えられる。

$$h(x) = \begin{bmatrix} h_1(x) \\ h_2(x) \\ \vdots \\ h_6(x) \end{bmatrix}, \qquad (9)$$

位置のためにこの形式を使用することにより、推定量から移動体の位置を時間とともに追跡することができ、また推定量の共分散の推定を作り出すことができる。この共分散は、測定されたパワーのノイズ分散も推定されるときには有用であり、この場合は推定量共分散が、推定された結果の正確さについて、よりよい情報を与える。例えばこの共分散は、位置推定の信頼性についての指示を提供し、それはビームの引き継ぎ（ｈａｎｄｏｖｅｒ）時間を一層正確に予告するために使用できる。

Ｊ（ｘ）の最小点を発見することは、多数の異なった方法で達成できる。関数ｈ（ｘ）は高度に非線形であるので、拡張されたカルマンフィルタリングの方法が使用できる。またその非線形性の故に、反復拡張カルマンフィルタの方法が好まれる。この推定に同等な形式は、各更新時間ｋについて方程式（８）から直接にガウス－ニュートン推定量を計算することである。時間ｋにおける既存の推定量x^p_k（ここでｐはベクトルｘ内の要素を示すインデックスである）を与えられれば、Δｘを下記のように計算して、推定量を洗練することができる。

$$\hat{x}_k^{p+1} = \hat{x}_k^p + \Delta x, \qquad (10)$$

ここでΔｘは下記の線形方程式を解くことにより見出される。

$$P_k^{-1} \Delta x = g \qquad (11)$$

P_kとｇの値は下記を使って見出される。

$$P_k^{-1} = P_{x,k|k-1}^{-1} + \nabla h^T R_y^{-1} \nabla h, \qquad (12)$$

および

$$g = P_{x,k|k-1}^{-1}(x - \hat{x}_{k|k-1}) + \nabla h^T R_y^{-1}(y - h(x)) \qquad (13)$$

これらの方程式は、許容誤差に合うまで、または推定の改善がもう起こらなくなるまで、反復できる。ｘの初期値は、以前の推定量

$\hat{X}_{k|k-1} = \hat{X}_{k-1}$

であり、$P_{x,k|k-1} = P_{x,k-1}$が使用されるように選択される。時間ｋ＝１において、以前の推定

$\hat{X}_{1|0}$

をビーム中心であるように選択でき、また$P_{X,1|0} = P_{X,0}$を、ビーム半径が１標準偏差（１σ）となるように選択できる。衛星の動きが追跡される状況において、すなわち、位置決定が比較的に長い間にわたり計算されるときは、適当な衛星動作モデルを使用して、

$\hat{X}_{k|k-1}$ と$P_{x,k|k-1}$

を生成できる。出力結果の収束をモニタしたいときは、出力共分散$P_{x,k-1}$を生成するだけでよい（これにより逆変換操作が節約できる）ことにも注意すべきである。

各反復において、カレントの推定量

$\hat{X}^p_k$

で、勾配▽ｈ＝∇_xｈ（ｘ）が計算される。これは下記により与えられる。

$$\nabla_x h(x) = \begin{bmatrix} \nabla_x h_1(x) \\ \nabla_x h_2(x) \\ \vdots \\ \nabla_x h_6(x) \end{bmatrix}, \qquad (14)$$

ここで$\nabla_x h_i(x)$，$i=1, 2, \ldots, 6$の値は下記により与えられる。

$$\nabla_x h_i(x) = \begin{bmatrix} \delta h_i/\delta x \\ \delta h_i/\delta y \end{bmatrix} \qquad (15)$$

$$= -2\alpha e^{-\alpha((x-x_i)^2+(y-y_i)^2-(x-x_0)^2+(y-y_0)^2)} \begin{bmatrix} (x-x_i)-(x-x_0) \\ (y-y_i)-(y-y_0) \end{bmatrix} \qquad (16)$$

$$= -2\alpha(x_i-x_0)e^{-\alpha(|x-x_i|^2-|x-x_0|^2)}. \qquad (17)$$

これらのモデル方程式を使用して、今や移動体の位置が決定されるが、それは受信されたビームの信号の強さとモデルにされたビームパターンの測定値とともに例えば方程式（８）を使用して決定される。

この発明を評価するために複数の例示的なシミュレーションが遂行された。これらの例において、全白色ガウス雑音（ＡＷＧＮ）チャネル内の性能が検査され、リシアンまたはレーリーのフェーデッドチャネルと比較して、これが性能の上下限を与えるものと期待される。このシミュレーションはＡＷＧＮチャネル内で、ＱＰＳＫ信号法について行われた。このシミュレーションを図示するブロック図が図５に示される。

図５において、このブロック図はシミュレーションのために並列構成が採用されたことを図示し、ここで７つのビームの各々からの信号が位置推定器により同時的に処理される。もちろん、直列のインプリメンテーションが実施できることが当業者に理解されようが、その場合は単一の受信機が７つのビームの各々からの信号を逐次的に処理する。例えば、Ｎ個のスロットを有するフレーム構造を採用するＴＤＭＡシステムにおいては、Ｎ個のスロットの１つを使用して当該ＴＤＭＡシステムに接続された移動局は、この発明による信号の強さを処理するために、そのアイドルタイムを使用し得る。

下記のシミュレーション結果は図５に示すモデルに基づいており、各ビームのためのビームソース１０は合成信号を作り出し、これはブロック１２でＱＰＳＫ変調される。この変調された信号は、それからブロック１４、ブロック１６、ブロック１８を通じて処理されて、その信号へのチャネルの影響をモデルにする。位置推定器２０がこの信号を受信して、受信された信号の強さを測定して、上述のように位置を測定する。

これらのシミュレーションにおいて、異なる衛星ビームについてのパワーの測定は、同一フレーム内で受信されることが仮定され、またフレーム内で異なった時間にパワー測定量を受信するために、衛星またはチャネルの追跡を必要としないことを仮定している。シミュレーションはユーザのために、ビームの中心から隣接のビームへの交差点へ、実行される。これは中心ビームについて、１５０キロメートルのレンジに相当する。図６から図９までは、２０の異なったシミュレーションのセットを１つの例示的な位置とＳＮＲ値について実行して、平均した結果である。

これらの図面は、時間の関数としての、平均のＸおよびＹ位置と、標準偏差曲線を表す（それぞれ図６と図７）とともに、ビーム中心からの対応するレンジと方位の推定を示す。推定された標準偏差曲線はカルマンアルゴリズムから生成されるが、一方、計算された標準偏差曲線はモンテカルロシミュレーションの実行により生成され、このシミュレーションの場合について一致することが見出された。モンテカルロシミュレーションの実行は、

種々のノイズ値により一連のシミュレーションを行った。これらの結果をそれから平均して、この技法から期待される値を得た。この結果は、ビームの中心に近接したユーザにいて、比較的高い信号対雑音比によって、推定されるユーザ位置が、シミュレーション時間内に、２～３キロメートル以内に限定されることを示す。この例示的なシミュレーションにおいて、結果の確実度を３キロメートルまで減少するのに、２ないし３秒を要した。
下記の例示的なスロット／フレームフォーマット設計パラメータは、あるシミュレーションの中で使用されて、各ビームに対応するスロット内の平均パワーを決算することにより、パワー測定値が生成された。パワー測定値内のノイズは（フィルタリング後に）０．５になるようにセットされ、２ｄＢの受信信号ノイズ比に対応するノイズ分散の最悪の場合として、これを選択した。

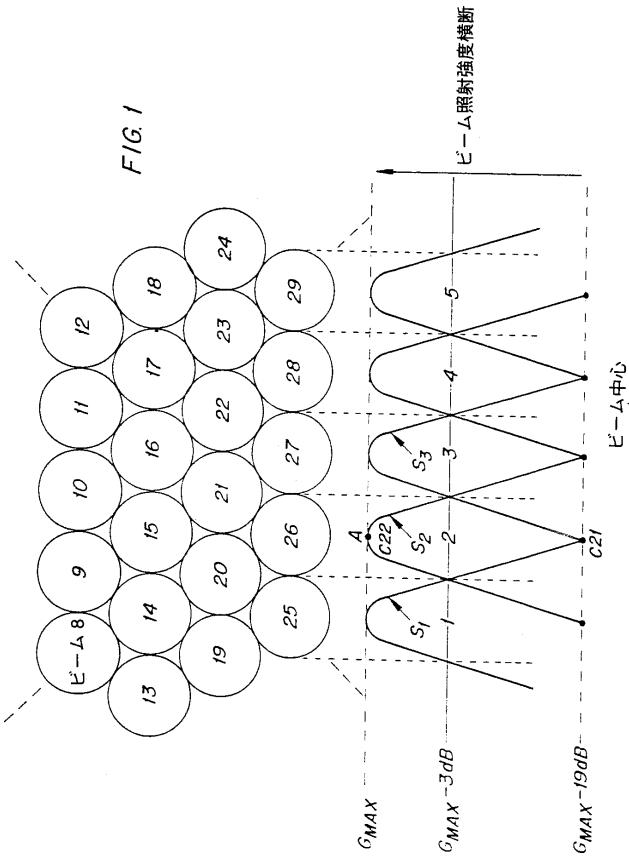
パラメータ	例示的なシミュレーション値
アンテナアレー番号	２１１
中心ビーム半径	１５０ｋｍ
再使用周波数	７／１
指数モデルα値	０．１８９１
衛星軌道	中間円軌道
信号／ノイズ比	２ｄＢ
フレーム長さ	１．２５ｍｓ
チャネル帯域幅	２００ｋＨｚ

図１０と図１１は、ＳＮＲの関数として平均レンジと方位を示す。各プロットは、ビームセンタから位置を定められた異なった移動体を含む。レンジエラーロットもまたレンジの推定に偏向があり得ることを示すが、この疑いを確認するために、より多くの回数でモンテカルロ法を実行する必要がある。いずれの場合も、偏向は小さく、パワーの測定の中のノイズがガウス的でないという事実によるらしい。方位エラーの推定は、１度以内で正確であることが示されるが、移動体のレンジがビームセンタに近接している場合は別である（ビームセンタではレンジの測定が一層正確である）。図１２と図１３は、レンジと方位の計算された標準偏差を、それぞれ受信されたＳＮＲの関数として示す。これらのプロットは、高いＳＮＲ値について推定が最も正確であることを示す。特に、レンジの推定は、高いＳＮＲについて最も正確であるが、しかし、ビームの中心に近接した距離では、低いＳＮＲの場合でもレンジの推定が正確である。レンジエラーは長いレンジまたは高いＳＮＲの場合に最も正確である。
図１４と図１５は、ビームセンタからのレンジの関数として、平均レンジと方位の推定を示す。各プロットは異なったＳＮＲ値についてのカーブを含み、また、より短いレンジ値とともにレンジの正確さが増し、一方、より長いレンジ値とともに方位の正確さが増すことを示す。図１６と図１７は、それぞれ、レンジと方位の計算された標準偏差を示す。図１６は、結果するレンジエラーの偏向はレンジの関数であることを示す。
受信された信号の強さの測定のそれ自体は、無線通信の技術において良く知られている。従って、通常または他のタイプのパワー測定装置を端末に組込んで、近辺のスポットビームを測定することが可能であり、その測定値はそれから上記の例示的なロケーションアルゴリズムへの入力として使用できる。例えば図１８（ａ）に示すように、端末４４の受信信号処理パス内で、アナログ二乗パワー測定装置４０をＡＤ変換器４２の上流に配置できる。代案として、図１８（ｂ）に示すように、ＡＳＩＣまたはＤＳＰ４６内において、ＡＤ変換器４２の下流でパワー測定を遂行できる。その上、多数の測定を行って、例えば平

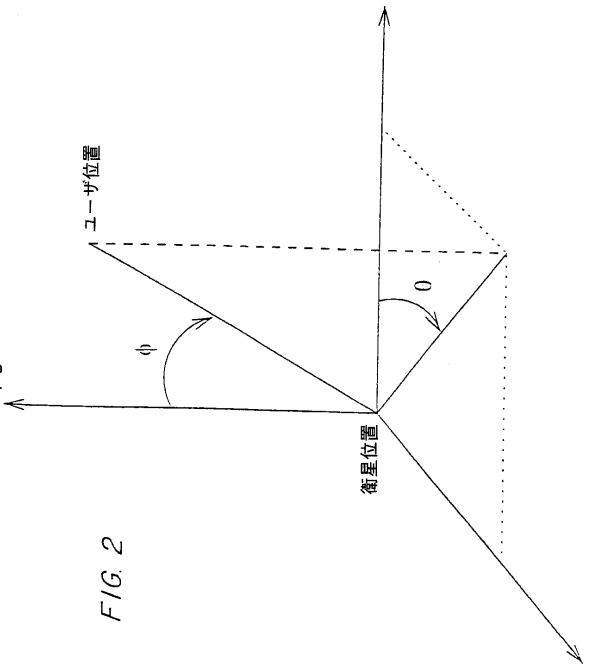
均フィルタにより計算された平均値を配置アルゴリズムに提出できる。移動局内または、例えば基地局、衛星など、システム内のいずれか他の部分内で、配置アルゴリズムを処理できる。移動局以外で処理を希望するならば、移動局で測定された生（ｒａｗ）の測定結果を、アップリンクチャネルを介して、基地局または衛星へ送信できる。

この発明の精神または本質的な性質から離れることなく、この発明が他の特定の形で実施できることは、当業者に理解されよう。従って、ここに開示された実施例は、あらゆる面で例示として考えられるべきであり、制限的に考えてはならない。例えば、例示の実施例では、天底を指示するビームにおいて端末の位置の配置を記述したが、この発明が他のビームにおける端末に応用できることは、当業者が理解できよう。その上、例示的な実施例を衛星無線通信システムに関して記述してきたが、この発明による位置決定を他のタイプのシステムで実施できることは、当業者に理解されよう。例えば、種々の区域を照射するアレーを備えた基地局を含む陸上基地システムもまた、この発明で実施できる。この発明の範囲は、前述の説明によってではなく、添付の請求の範囲によって指示され、また、その意味と均等物に入る全ての変更を、その中に含むことを意図している。

【図１】



【図２】



【図３】

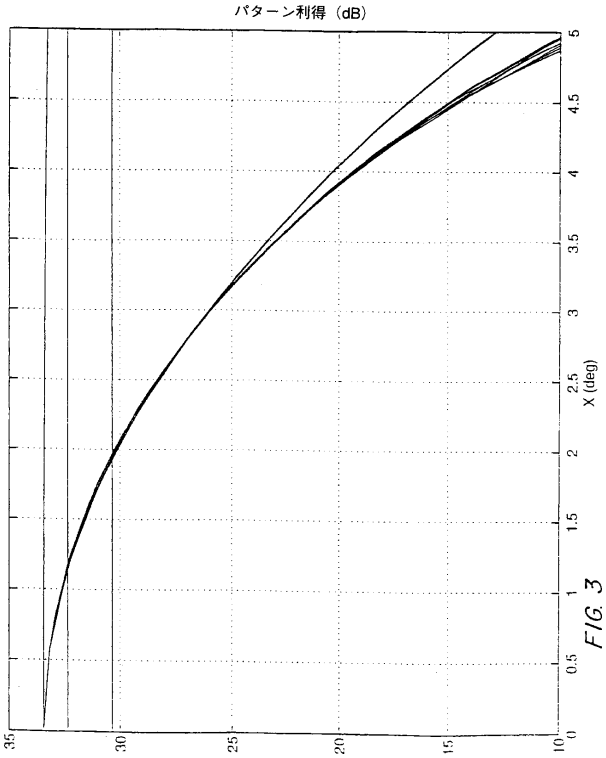


FIG. 3

【図４】

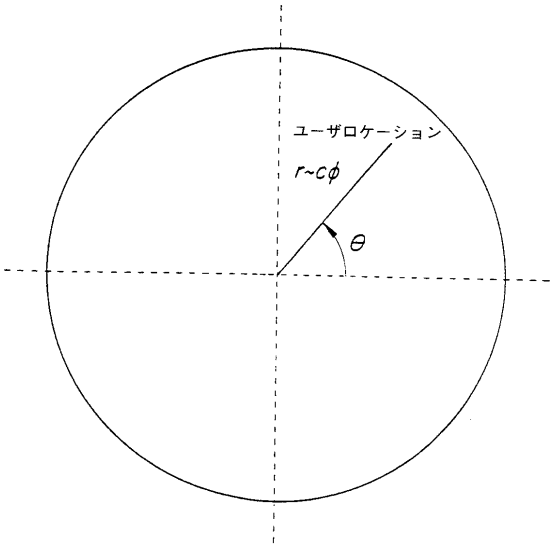


FIG. 4

【図５】

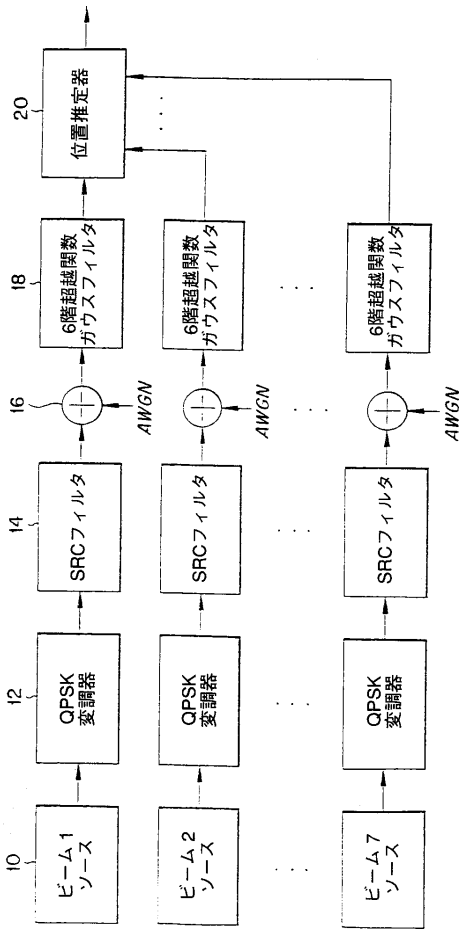


FIG. 5

【図６】

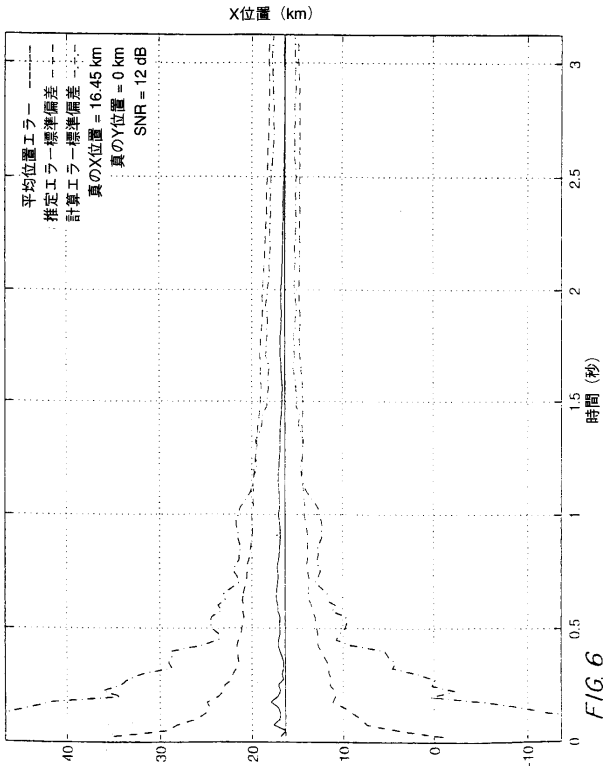


FIG. 6

【図７】

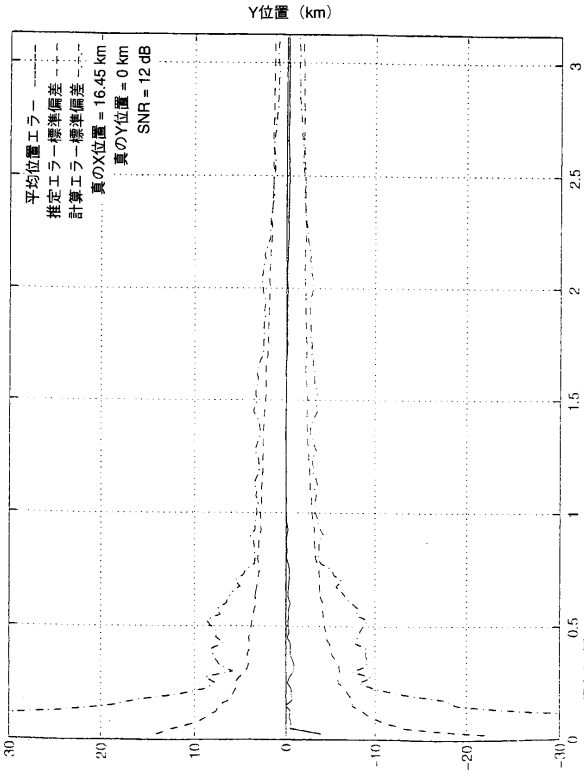


FIG. 7

【図８】

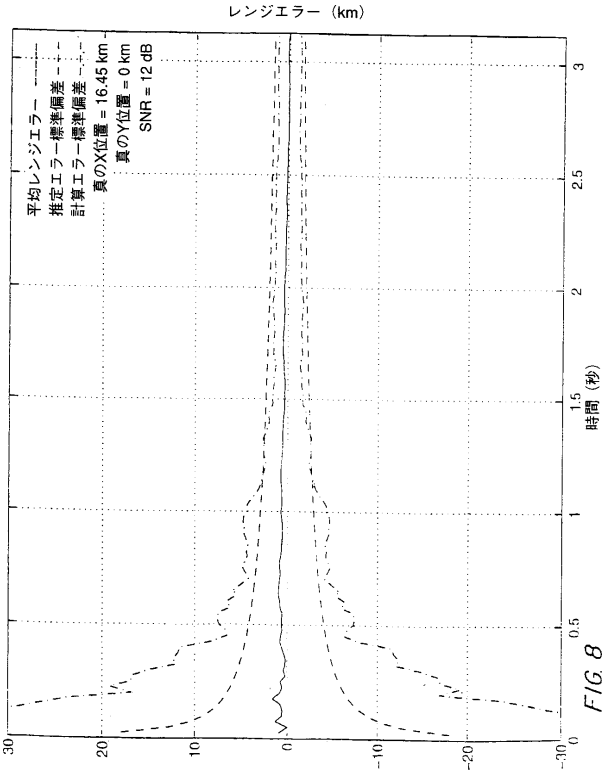


FIG. 8

【図９】

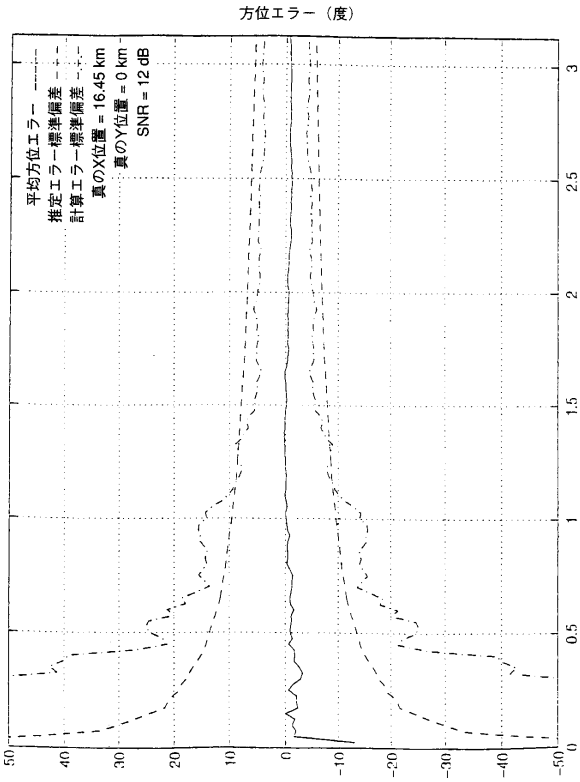


FIG. 9

【図１０】

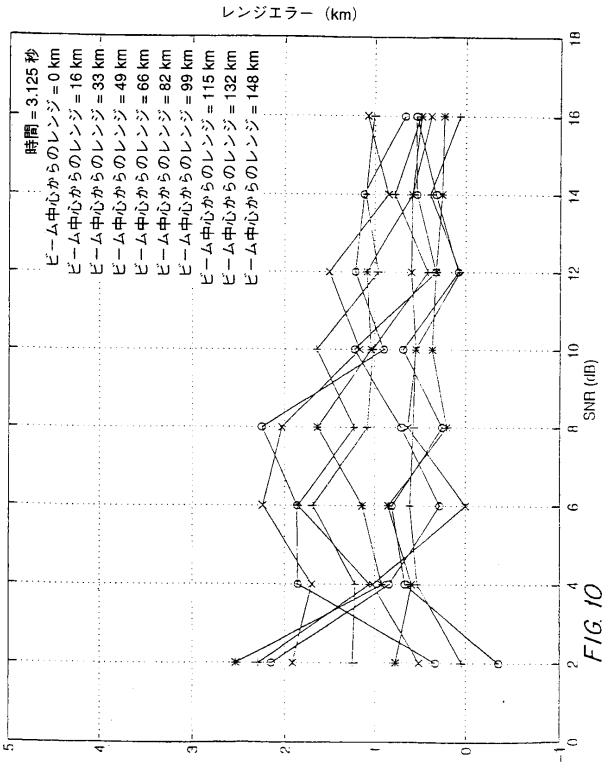


FIG. 10

【図１１】

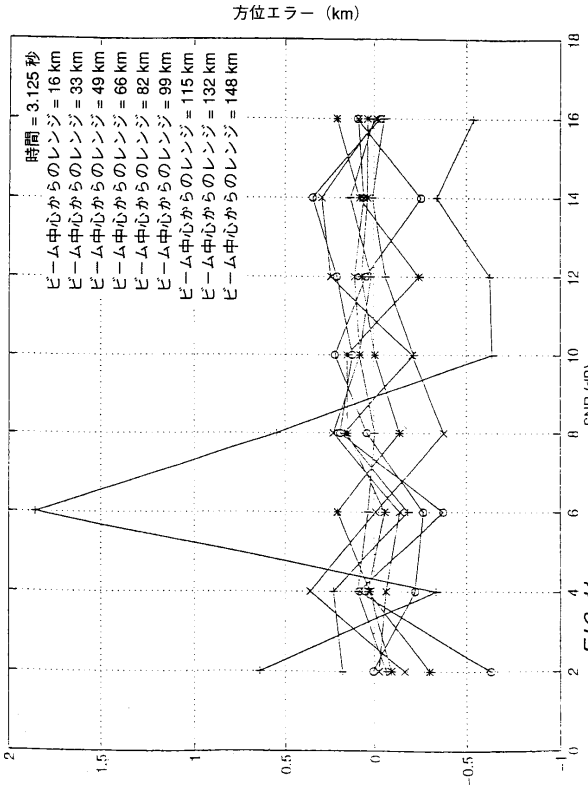


FIG. 11

【図１２】

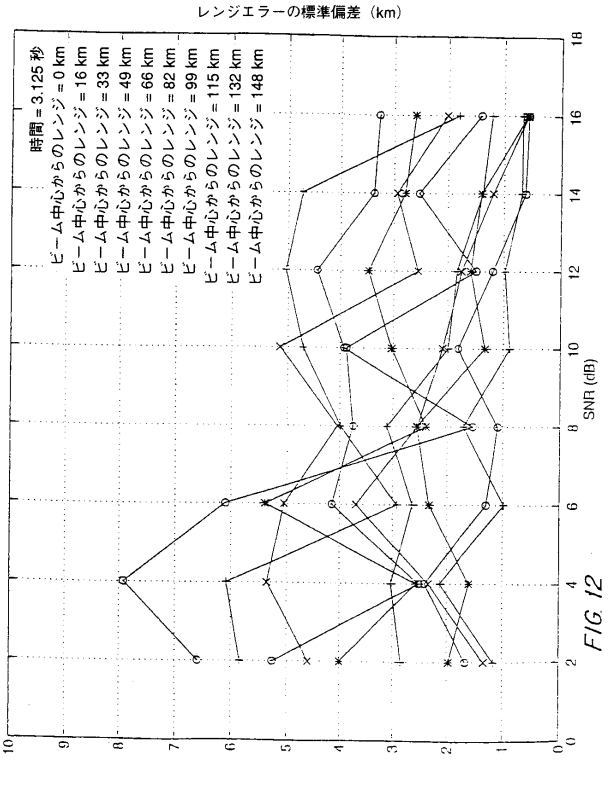


FIG. 12

【図１３】

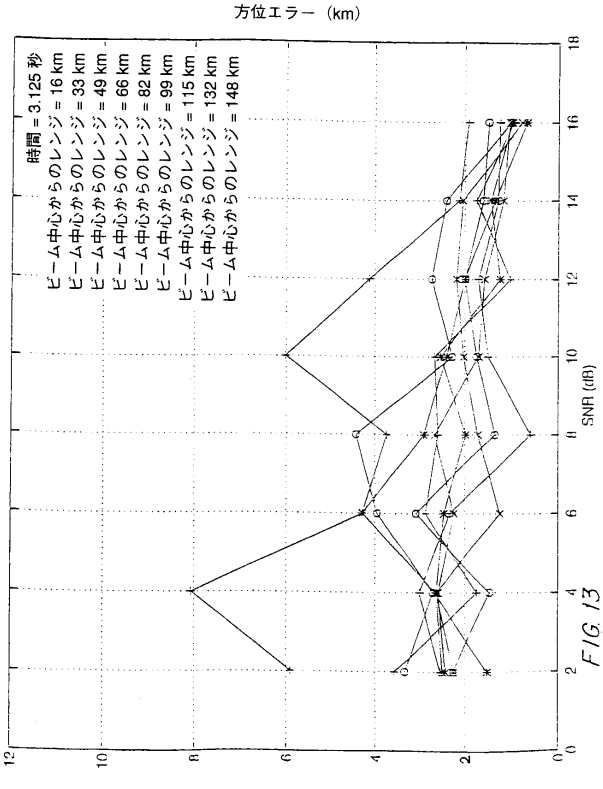


FIG. 13

【図１４】

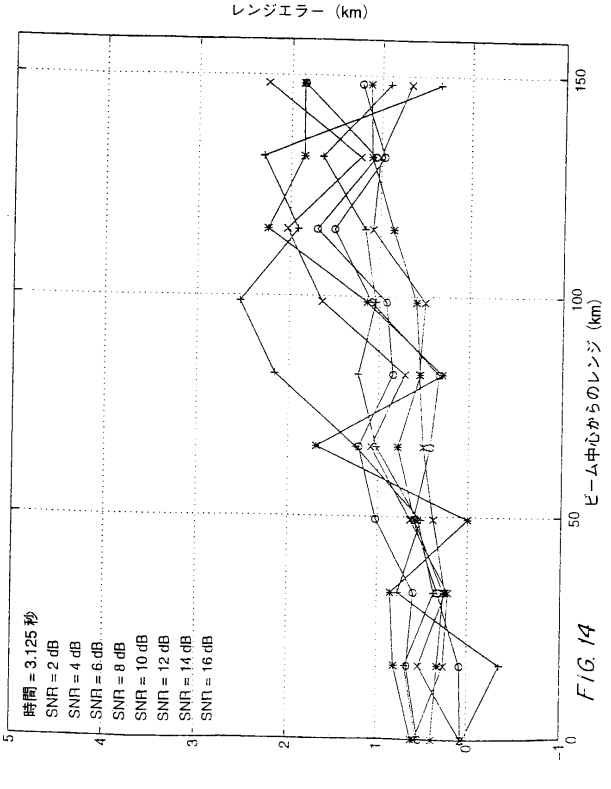


FIG. 14

【図１５】

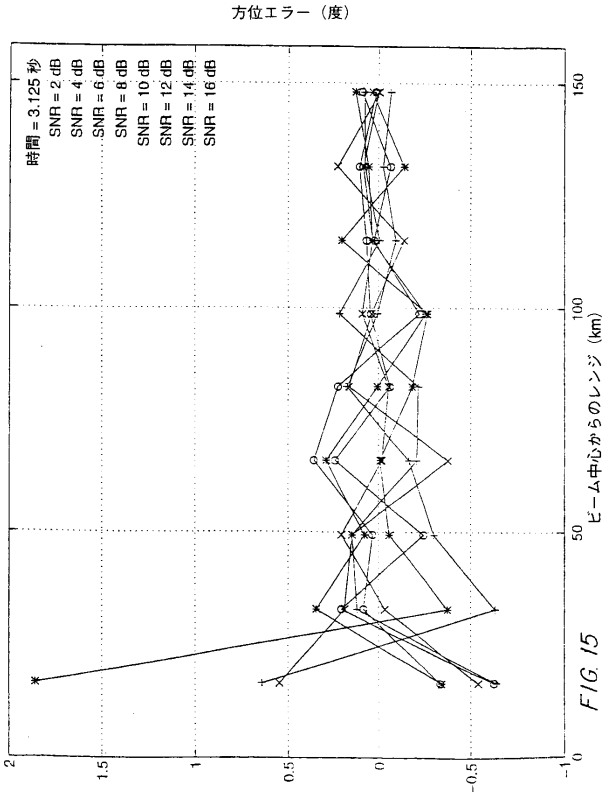


FIG. 15

【図１６】

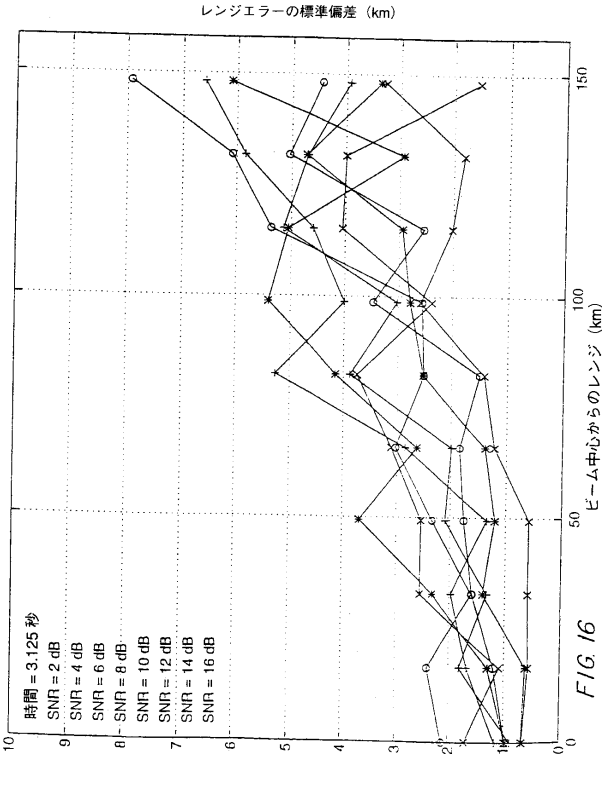


FIG. 16

【図１７】

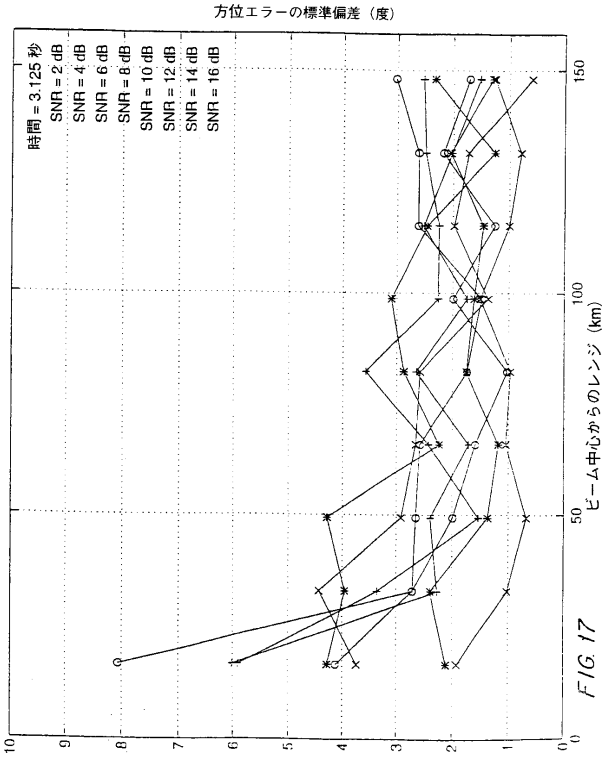
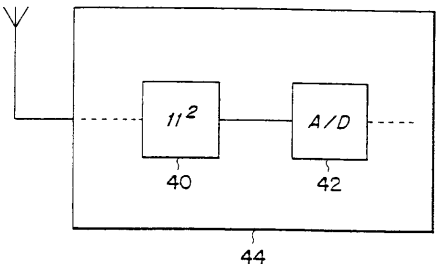


FIG. 17

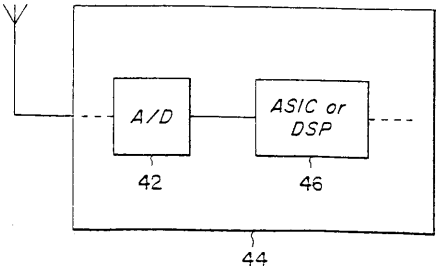
【図１８（ａ）】

FIG. 18(a)



【図１８（ｂ）】

FIG. 18(b)



フロントページの続き

(74)代理人
弁理士　永川　行光
(74)代理人
弁理士　川畑　洋平
(74)代理人
弁理士　加藤　卓士
(74)代理人
弁理士　坂田　恭弘
(74)代理人
弁理士　林　鈺三
(74)代理人
弁理士　清水　邦明
(72)発明者　モルナー，カール，ジェイムズ
アメリカ合衆国２７５１３　ノース　カロライナ州ケイリイ，フライング　リーフ　コート　１１０
(72)発明者　デント，ポール，ダブリュ．
スウェーデン国　エス　－　２４０　３６　ステハグス，ステハグス　プラストガルド

審査官　江口　能弘

(56)参考文献　特開昭６０－０７２３３５（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－０８１８２０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H04B 7/14 - 7/26
G01S 5/02