

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-93497

(P2010-93497A)

(43) 公開日 平成22年4月22日(2010.4.22)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
 H 0 4 J 99/00 (2009.01) H 0 4 J 15/00 5 K 0 2 2
 H 0 4 J 11/00 (2006.01) H 0 4 J 11/00 Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2008-260894 (P2008-260894)	(71) 出願人	000001177 株式会社光電製作所 東京都大田区多摩川2丁目13番24号
(22) 出願日	平成20年10月7日(2008.10.7)	(71) 出願人	392026693 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ 東京都千代田区永田町二丁目11番1号
		(74) 代理人	100121706 弁理士 中尾 直樹
		(74) 代理人	100128705 弁理士 中村 幸雄
		(74) 代理人	100066153 弁理士 草野 卓
		(72) 発明者	荒田 慎太郎 神奈川県川崎市幸区小倉1047-1-2 02

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線信号測定装置、チャネルサウンダ

(57) 【要約】

【課題】本発明は、MIMO通信システムのように多数の無線伝送路の特性を、短時間で測定するための無線信号測定装置、およびチャネルサウンダを提供することを目的とする。

【解決手段】本発明の無線信号測定装置は、少なくとも、複数の受信アンテナ、スイッチ部、信号処理部を備える。スイッチ部は、測定信号の1周期分以上の時間、受信アンテナのいずれかを選択する。信号処理部は、取得した測定信号が周期の先頭から始まるときには、その測定信号に対して信号処理を行い、取得した測定信号が周期の先頭から始まらないときには、次の周期の先頭を前に配置することで周期の先頭から始まる測定信号を生成し、生成した測定信号に対して信号処理を行う。

【選択図】 図3

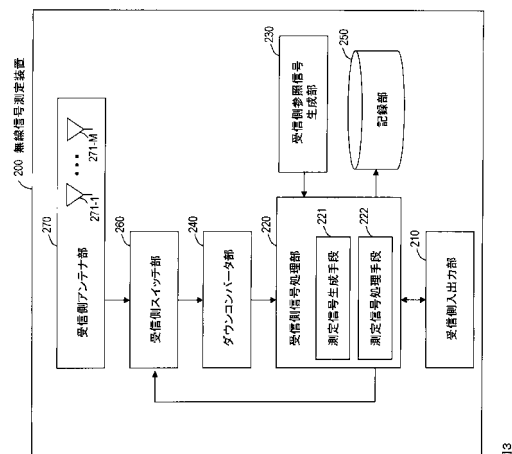


図3

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

あらかじめ定められた周期で繰り返される測定信号を含む電波を受信する複数の受信アンテナと、

前記測定信号の 1 周期分以上の時間、前記受信アンテナのいずれかを選択するスイッチ部と、

前記スイッチ部が選択した受信アンテナが受信した測定信号を、1 周期分以上取得し、当該測定信号の信号処理を行う信号処理部と

を備え、

前記信号処理部は、

前記測定信号を周期の途中から受信した場合には、当該測定信号の中の途中から受信した周期の測定信号と次の周期の測定信号との順番を入れ替えることで、周期の先頭から始まる 1 周期分の測定信号を生成する測定信号生成手段と、

周期の先頭から始まる 1 周期分の測定信号に対してあらかじめ定めた信号処理を行う測定信号処理手段と

を有する

ことを特徴とする無線信号測定装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の無線信号測定装置であって、

前記信号処理部が前記測定信号を取得するタイミングが、前記スイッチ部の切り替えに必要な時間に基づいて定められている

ことを特徴とする無線信号測定装置。

20

【請求項 3】

請求項 1 または 2 記載の無線信号測定装置と、

前記測定信号を含む電波を出力する 1 つ以上の送信アンテナを有し、同時に 2 つ以上の前記送信アンテナから前記測定信号を送信しないことを特徴とする送信装置と、

を備える

チャンネルサウンダ。

【請求項 4】

請求項 3 記載のチャンネルサウンダであって、

前記測定信号が、直交周波数分割多重方式の信号（以下、「OFDM 信号」という。）であり、

前記測定信号処理手段は、

送信アンテナごと、かつ受信アンテナごとに、周期の先頭から始まる 1 周期分の測定信号を高速フーリエ変換して、前記 OFDM 信号のサブキャリアごとの複素振幅を求め、

前記送信アンテナごとの、送信した前記 OFDM 信号のサブキャリアごとの複素共役を用いて、前記送信アンテナと前記受信アンテナと組み合わせごとの伝搬特性を求める

ことを特徴とするチャンネルサウンダ。

30

【請求項 5】

請求項 3 または 4 記載のチャンネルサウンダであって、

1 つの送信アンテナから測定信号を含む電波を出力した状態で、

前記スイッチ部は、前記信号処理部が前記測定信号の 1 周期分を取得する時間以上、いずれかの受信アンテナの選択を維持し、その後、次の受信アンテナを選択するために切り替わり、

前記信号処理部は、前記スイッチ部が切り替わるために必要な時間が経過した後、前記次の受信アンテナが受信した測定信号の取得を開始する

ことを繰り返し、前記 1 つの送信アンテナと受信アンテナごとの伝搬特性を求める

ことを特徴とするチャンネルサウンダ。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、無線伝送路の特性を測定するための無線信号測定装置、およびチャネルサウンダに関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

高速無線伝送を実現する技術としてMIMO通信システムが注目を集め、研究・開発が積極的に進められている。MIMOはMultiple-Input Multiple-Outputの略で、多入力・多出力を意味する。MIMO通信システムは複数のアンテナ素子からなるアレーアンテナを用いて送受信を行うシステムで、アンテナ素子数の増加に応じて同一帯域幅における伝送容量を増加させることができる。MIMO通信では、無線伝搬路の特性が伝送性能やシステム設計に非常に大きな影響を与える。そのため、MIMO通信システムの研究・開発において、無線伝搬路の特性を測定するチャネルサウンダが必要とされる。

【 0 0 0 3 】

チャネルサウンダは、図1に示すように、送信装置800と無線信号測定装置（受信装置）900から構成される。送信装置800は、N個（Nは1以上の整数）の送信アンテナ871-1～Nを有しており、各送信アンテナ871-n（nは1～Nの整数）から、信号 $s_n(t)$ が出力される。無線信号測定装置900は、M個（Mは2以上の整数）の受信アンテナ971-1～Mを有しており、各受信アンテナ971-m（mは1～Mの整数）では信号 $y_m(t)$ が受信される。送信アンテナ871-1～Nから出力された電波は大地、樹木、建造物などの障害物710によって反射され、方向の異なる多数の遅延波として受信アンテナ971-1～Mに到来する。さらに送信アンテナ871-1～Nや受信アンテナ971-1～M、または障害物710が移動するとドップラーシフトされる。図1では、遅延路の数はR個あり、r番目の遅延路の放射角は Ψ_r 、到来角は Ω_r 、減衰量は α_r 、遅延時間は τ_r 、ドップラー周波数は ν_r とする。ただし、rは1～Rの整数である。これらの現象により、図1のような無線伝搬路において、送信アンテナ871-nから出力された信号 $s_n(t)$ に対する受信アンテナ971-mで受信される信号 $y_{mn}(t)$ は式(1)のようになる。

【 0 0 0 4 】

【 数 1 】

$$y_{mn}(t) = \sum_{r=1}^R c(\Psi_r, \Omega_r) \alpha_r \exp(j2\pi\nu_r t) s_n(t - \tau_r) \quad (1)$$

ここで、cは角度特性である。

そして、 $s_n(t)$ と $y_{mn}(t)$ との関係から、送信アンテナ871-nと受信アンテナ971-mとの間の無線伝送路の特性（伝搬特性）を求めることができる。

【 0 0 0 5 】

このような、送信側と受信側の角度特性を含んだ無線伝搬路は、時空間マルチパス伝搬路と呼ばれ、測定方法が研究されてきている（非特許文献1、非特許文献2）。また、MIMO通信システムのための無線伝送路の特性を測定するチャネルサウンダとしては、非特許文献3、非特許文献4のチャネルサウンダがある。ただし、非特許文献3、非特許文献4のチャネルサウンダの詳細な動作原理は不明である。

【非特許文献1】阪口，高田，“MIMO 伝搬特性の測定装置・測定方法・解析方法・モデル化”，信学論(B)，vol.J88-B，no.9,pp.1624-1640,Sept. 2005.

【非特許文献2】T. Matsumoto, S. Thoma, “Turbo Transceiver for MIMO Wireless Communication and Their Performance Verification via Multi-Dimensional Channel Sounding,” IEICE Trans. Commun., vol. E88-B, no.6 June 2005.

【非特許文献3】MEDAV, Multidimensional Channel Sounder [平成20年9月12日検索]、インターネット http://www.medav.de/fileadmin/redaktion/documents/English/rusk_mimo_e.pdf

10

20

30

40

50

【非特許文献4】Channelsounder, RUSK Channel Sounder, Multiple ReciveAntennas+, Multiple Recive Antennas-Site2 [平成20年9月12日検索]、インターネット http://www.medav.de/fileadmin/redaktion/documents/English/rusk_mimo_e.pdf

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

無線伝送路の特性を測定するためには、上述のように送信アンテナ871-nから出力された信号 $s_n(t)$ に対する受信アンテナ971-mで受信される信号 $y_{mn}(t)$ を測定しなければならない。特性を求めなければならない無線伝送路の数は、送信アンテナ871-nの数Nと受信アンテナ971-mの数Mの積 $N \times M$ である。したがって、送信アンテナ871-nと受信アンテナ971-mを1つずつ選択しながらすべての無線伝送路の特性を測定すると、数Nや数Mが大きくなるにつれ、測定に必要な時間が膨大となる。

10

【0007】

この問題の解決方法としては、送信側は選択した1つの送信アンテナ871-nから信号 $s_n(t)$ を出力し、受信側では、複数の受信アンテナ971-mで同時に信号 $y_{mn}(t)$ を受信する方法が考えられる。そのためには、信号処理に必要な回路などを複数備えればよい。しかし、無線信号測定装置を運搬できる大きさや重さにするためには、備えることのできる回路の数にも限界がある。

【0008】

また、通常、送信アンテナ871-nを1つ選択し、受信アンテナ971-mを切り替えながらすべての受信アンテナ971-mで信号 $y_{mn}(t)$ を測定する。そして、次の送信アンテナ871-n+1を選択し、受信アンテナ971-mを切り替えながらすべての受信アンテナ971-mで信号 $y_{m,n+1}(t)$ を測定する。つまり、送信側は送信アンテナを切り替える回数はN回だが、受信側は受信アンテナを切り替える回数は $N \times M$ 回となる。したがって、受信側で発生する切り替えに伴う無駄な時間を削減できれば、効率的に測定時間を短縮できる。

20

【0009】

本発明は、MIMO通信システムのように多数の無線伝送路の特性を、短時間で測定するための無線信号測定装置、およびチャネルサウダを提供することを目的とする。特に、無線信号測定装置での受信アンテナの切り替えによって発生する無駄な時間を削減する。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の無線信号測定装置は、少なくとも、複数の受信アンテナ、スイッチ部、信号処理部を備える。複数の受信アンテナは、あらかじめ定められた周期で繰り返される測定信号を含む電波を受信する。スイッチ部は、測定信号の1周期分以上の時間、受信アンテナのいずれかを選択する。信号処理部は、スイッチ部が選択した受信アンテナが受信した測定信号を、1周期分以上取得する。そして、信号処理部は、測定信号を周期の途中から受信した場合には、測定信号生成手段で、当該測定信号の中の途中から受信した周期の測定信号と次の周期の測定信号との順番を入れ替えることで、周期の先頭から始まる1周期分の測定信号を生成する。さらに、信号処理部は、測定信号処理手段で、周期の先頭から始まる1周期分の測定信号に対してあらかじめ定めた信号処理を行う。つまり、信号処理部は、取得した測定信号が周期の先頭から始まるときには、その測定信号に対して信号処理を行い、取得した測定信号が周期の先頭から始まらないときには、次の周期の先頭を前に配置することで周期の先頭から始まる測定信号を生成し、生成した測定信号に対して信号処理を行う。

40

【0011】

また、信号処理部が測定信号を取得するタイミングを、スイッチ部の切り替えに必要な時間に基づいて定めればよい。例えば、スイッチ部が確実に切り替えることのできる時間

50

を経過後であって、測定信号の周期を整数で除したタイミングから測定信号を取得すればよい。

【 0 0 1 2 】

本発明のチャネルサウダは、上述の無線信号測定装置と、測定信号を含む電波を出力する１つ以上の送信アンテナを有する送信装置で構成される。送信装置は、同時に２つ以上の送信アンテナから測定信号を送信しない。

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明の無線信号測定装置とチャネルサウダによれば、測定信号生成手段が周期の先頭から始まる１周期分の測定信号を生成するので、無線信号測定装置の信号処理部が測定信号を取得するタイミングを、測定信号の周期に合わせる必要がない。つまり、無線信号測定装置のスイッチ部の切り替えが終われば、すぐに測定信号の測定ができる。したがって、無線伝送路の特性を短時間で測定できる。特に、無線信号測定装置での受信アンテナの切り替えによって発生する無駄な時間を削減できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 4 】

以下に、本発明の実施例を示す。なお、同じ機能を有する構成部には同じ番号を付し、重複説明を省略する。

【実施例１】

【 0 0 1 5 】

図２に送信装置の機能構成例、図３に実施例１の無線信号測定装置の機能構成例を示す。送信装置１００と無線信号測定装置２００で、チャネルサウダは構成される。図４は、送信装置１００と無線信号測定装置２００での信号の状態を示す図である。

【 0 0 1 6 】

送信装置１００は、送信側入出力部１１０、送信側信号処理部１２０、送信側参照信号生成部１３０、アップコンバータ部１４０、増幅部１５０、送信側スイッチ部１６０、送信側アンテナ部１７０を備える。送信側入出力部１１０は、送信装置１００の制御に必要な情報の取得や、送信装置１００の状態の出力などを行う。送信側信号処理部１２０は、送信側スイッチ部１６０を制御するとともに、送信側アンテナ部１７０から出力する信号を生成する。例えば、送信データビットをＯＦＤＭ（Orthogonal Frequency-Division Multiplexing）の各サブキャリアのシンボルに割り当てる。次に、この周波数軸上の複素信号を逆ＦＦＴ（Fast Fourier Transform）して、時間軸上の複素信号を生成する。逆ＦＦＴのポイントは、１２８、２５６、５１２、１０２４、２０４８、４０９６などにすればよい。さらに、ＧＩ（Guard Interval）を付加し、窓掛け処理を行った後、Ｄ／Ａ変換によりアナログ信号に変換して、ベースバンドのＩＱアナログ信号を生成し、アップコンバータ部１４０へ出力する。このＤ／Ａ変換は、送信側参照信号生成部１３０が生成した参照信号に同期したサンプリングタイミングで行われる。なお、送信側スイッチ部１６０の制御も、このサンプリングタイミングと同期して行われる。アップコンバータ部１４０は、ベースバンドのＩＱアナログ信号を、ＲＦ信号に変換する。増幅部１５０は、ＲＦ信号を増幅し、出力する。この出力には、あらかじめ定められた周期で繰り返される測定信号が含まれている。送信側スイッチ部１６０は、後述するタイミングで送信側アンテナ部１７０内の１つの送信アンテナ１７１－ｎ（ただし、ｎは１～Ｎの整数、Ｎは１以上の整数）を選択する。送信側アンテナ部１７０は、Ｎ個の送信アンテナ１７１－１～Ｎを有する。

【 0 0 1 7 】

無線信号測定装置２００は、受信側入出力部２１０、受信側信号処理部２２０、受信側参照信号生成部２３０、ダウンコンバータ部２４０、記録部２５０、受信側スイッチ部２６０、受信側アンテナ部２７０を備える。受信側アンテナ部２７０は、Ｍ個（ただし、Ｍは２以上の整数）の受信アンテナ２７１－１～Ｍを有する。受信アンテナ２７１－１～Ｍは、送信装置１００から出力された測定信号を含む電波を受信する。受信側スイッチ部２

60は、受信アンテナ271-1~Mの中から1つの受信アンテナ271-m(ただし、mは1~Mの整数)を選択する。なお、受信側スイッチ部260は、1つの受信アンテナ271-mが受信する偏波(例えば、垂直偏波か水平偏波)も含めて選択してもよい。このように偏波も含めて選択する場合には、物理的には1つの受信アンテナを2つの受信アンテナと考え、受信側スイッチ部260で選択すればよい。ダウンコンバータ部240は、受信側スイッチ部260が選択した受信アンテナ271-mが受信したRF信号をベースバンドのIQアナログ信号に変換する。受信側参照信号生成部230は、参照信号を生成する。

【0018】

受信側信号処理部220は、受信側参照信号生成部230が生成した参照信号に同期させて測定信号を含む電波をサンプリングする。また、受信側信号処理部220は、受信側スイッチ部260を、受信側参照信号生成部230が生成した参照信号に同期させて切り替える。受信側信号処理部220は、測定信号生成手段221と測定信号処理手段222とを有している。上述の受信側信号処理部220が行う測定信号を含む電波のサンプリングでは、受信アンテナ271-mごとに1周期分以上の測定信号を取得する。そして、測定信号を周期の途中から受信した場合には、測定信号生成手段221が、当該測定信号の中の途中から受信した周期の測定信号と次の周期の測定信号との順番を入れ替えることで、周期の先頭から始まる1周期分の測定信号を生成する。測定信号処理手段222は、周期の先頭から始まる1周期分の測定信号に対してあらかじめ定めた信号処理を行う。あらかじめ定めた信号処理とは、例えば、送信装置100の出力がOFDMを逆FFTした信号の場合、まず、周期の先頭から始まる1周期分の測定信号をFFTして周波数軸上の複素信号を得る。得られた各サブキャリアの複素受信信号に対して、既知である送信信号の複素共役を乗算して送受信アンテナ間の伝搬特性を得る。そして、これらの結果を記録部250に記録する。受信側入出力部210は、無線信号測定装置200の制御に必要な情報の取得や、測定結果の出力などを行う。

【0019】

次に、図4を用いて、上述の送信装置100から出力される電波に含まれる信号と、無線信号測定装置200の受信側信号処理部220での処理の関係を詳しく説明する。送信装置100は、送信アンテナ171-nを順次選択し、送信アンテナ171-nごとに1つの送信フレーム172-nを出力する。送信フレーム172-nは、プリアンプル173-n、制御信号174-n、測定用データ175-n、測定信号176-n-1~Pで構成されており、プリアンプル173-nの前には、送信側スイッチ部160が切り替わるために十分な時間が確保されている(切り替わるために必要な時間は無信号である)。プリアンプル173-nは、送信装置100と無線信号測定装置200とが同期を取るための信号である。制御信号174-nは、GIの情報や制御方法の情報などを含む信号である。測定用データ175-nは、測定信号に関する情報(例えば、FFTサイズなど)を含む信号である。測定信号176-n-1~Pは、同じ測定信号がP回繰り返された信号である。図4の中では、その後の処理の説明を分かりやすくするため、送信装置100が送信した測定信号の偶数番目には網掛けを施しているが、どれも同じ信号である。

【0020】

無線信号測定装置200では、受信アンテナ271-mを順次選択し、測定信号176-n-pを、1周期分測定する。受信側信号処理部220には、受信アンテナ271-mが受信した測定信号276-mが入力される。測定信号276-1と測定信号276-2との間には、受信側スイッチ部260が切り替える時間の間隔がある。図4では、受信側スイッチ部260が切り替える時間を、測定信号の1周期の1/4としている。つまり、受信側信号処理部220が取得する受信アンテナ271-mが受信した測定信号276-mは、受信側スイッチ部260が切り替える時間(1/4周期)ずつ、送信装置100が出力する測定信号176-n-pよりも遅れる。したがって、測定信号176-n-pが5周期分送られたときに、4周期分の受信した測定信号276-mが取得される。受信側信号処理部220が、すべての受信アンテナ分の測定信号276-1~Mを取得するため

10

20

30

40

50

には、送信装置 100 から出力される測定信号の繰り返しの数 P は、 $P = 5M/4$ でなければならない。測定信号生成手段 221 は、受信した測定信号 276 - m が周期の先頭から始まる場合は、そのままの測定信号を出力する。図 4 では、受信した測定信号 276 - 1、276 - 5 がこの場合である。また、測定信号生成手段 221 は、受信した測定信号 276 - m が周期の途中から始まる場合には、当該測定信号の中の途中から受信した周期の測定信号と次の周期の測定信号との順番を入れ替えることで、周期の先頭から始まる 1 周期分の測定信号を生成する。図 4 では、受信した測定信号 276 - 2、276 - 3、276 - 4 がこの場合であり、周期の先頭から始まる 1 周期分の測定信号 277 - 2、277 - 3、277 - 4 が生成される。測定信号処理手段 222 は、周期の先頭から始まる 1 周期分の測定信号 277 - m に対してあらかじめ定めた信号処理を行う。つまり、無線信号測定装置 200 の場合には、送信装置 100 から出力される測定信号の繰り返しの数 P は、およそ $5M/4$ である。

【0021】

次に、無線信号測定装置 200 が測定信号生成手段 221 を有することによる効果を示すために、測定信号生成手段 221 がない無線信号測定装置の処理について説明する。図 5 は、測定信号生成手段 221 がない無線信号測定装置の機能構成例を示す図である。無線信号測定装置 600 は、測定信号生成手段がないこと以外は無線信号測定装置 200 と同じである。図 6 は、無線信号測定装置 600 を用いた場合の信号の状態を示す図である。送信装置 100 からは、測定信号 176 - $n - p'$ が P' 回繰り返し出力される。無線信号測定装置 600 では、受信アンテナ 271 - m を順次選択し、測定信号 176 - $n - p'$ を、周期の先頭から 1 周期分測定する。受信側信号処理部 620 には、受信アンテナ 271 - m が受信した測定信号 676 - m が入力される。受信した測定信号 676 - 1 と受信した測定信号 676 - 2 との間には、測定信号 676 - m の 1 周期分の間隔がある。これは、測定信号生成手段 221 がないので、測定信号処理手段 222 に周期の先頭から始まる 1 周期分の測定信号 677 - m を入力するためには、周期の先頭から測定する必要があるからである。図 6 の例では、受信側スイッチ部の切り替え時間は、 $1/4$ 周期分なので、残りの $3/4$ 周期分の時間は何の処理も行っていない時間（無駄な待ち時間）となってしまう。この例では、送信装置 100 が 2 周期分の測定信号 176 - $n - p'$ を送信したときに、無線信号測定装置 600 が 1 周期分（1つの受信アンテナ分）の測定信号 676 - m を取得する。受信側信号処理部 620 が、すべての受信アンテナ分の測定信号 676 - 1 ~ M を取得するためには、送信装置 100 から出力される測定信号の繰り返しの数 P' は、 $P' = 2M$ でなければならない。つまり、無線信号測定装置 600 の場合には、送信装置 100 から出力される測定信号の繰り返しの数 P' は、およそ $2M$ である。

【0022】

上述のように、測定信号生成手段 221 を有する無線信号測定装置 200 を用いた場合は、測定信号の繰り返しの数 P がおよそ $5M/4$ であるのに対して、測定信号生成手段 221 がない無線信号測定装置 600 を用いた場合は、測定信号の繰り返しの数 P' がおよそ $2M$ である。つまり、測定信号生成手段 221 を備えることによって、測定信号の繰り返しの数を、大幅に少なくできることが分かる。

【実施例 2】

【0023】

図 7 に実施例 2 の無線信号測定装置の機能構成例を示す。無線信号測定装置 300 は、 Q 個（ただし、 Q は 2 以上の整数）の受信側スイッチ部 360 - 1 ~ Q 、ダウンコンバータ 340 - 1 ~ Q を備えている。また、受信側信号処理装置 320 は、 Q 個の測定信号生成手段 321 - 1 ~ Q 、測定信号処理手段 322 - 1 ~ Q を備えている。なお、送信装置は、実施例 1 と同じである。

【0024】

それぞれの受信側スイッチ部 360 - q （ただし、 q は 1 ~ Q の整数）は、 M 個の受信アンテナの中から 1 つずつ受信アンテナを選択し、ダウンコンバータ 340 - q 、測定信号生成手段 321 - q 、測定信号処理手段 322 - q によって、信号処理を行う。信号処

10

20

30

40

50

理の手順は実施例 1 と同じである。このように、 Q 個の受信アンテナに対する処理を並列に行うことで、送信装置 100 から出力される測定信号の繰り返しの数 P を、およそ $5M/4Q$ にできる。ただし、 Q の値を大きくすると無線信号測定装置 300 が大きくなり、可搬性の問題が生じる。したがって、 Q の値は、無線信号測定装置 300 の大きさなどから制限される。

【0025】

[具体例]

次に、送信装置 100 と無線信号測定装置 300 とからなるチャネルサウンダの具体例を示す。この例では、 $Q = 7$ である。つまり、無線信号測定装置 300 は、7 個の受信側スイッチ部 360 - 1 ~ 7、ダウンコンバータ 340 - 1 ~ 7 を備えている。また、受信側信号処理装置 320 は、7 個の測定信号生成手段 321 - 1 ~ 7、測定信号処理手段 322 - 1 ~ 7 を備えている。

10

【0026】

図 8 に、(A) 送信側アンテナ部 170 の斜視図と、(B) 送信アンテナ 171 - 1 ~ 16 から出力される測定信号を示す。送信側アンテナ部 170 は、上下 2 段に、1 段につき 8 個の送信アンテナ 171 - 1 ~ 171 - 16 が配置されている。また、各段の両端には、ダミーアンテナ 181 - 1 ~ 4 が配置されている。そして、上段の 8 個の送信アンテナ 171 - 1 ~ 8 は垂直偏波の送信アンテナであり、下段の 8 個の送信アンテナ 171 - 9 ~ 16 は水平偏波の送信アンテナである。また、出力される測定信号は、50 MHz の幅に対して間隔 f で離散的に周波数成分を有する信号である。間隔 f は FFT のサイズにより異なるが、本具体例では 10 kHz ~ 1 MHz である。

20

【0027】

図 9 は、(A) 受信側アンテナ部 270 の斜視図と、(B) 平面 A での断面図と、(C) 1 つの受信アンテナブロックの構成を示す図である。受信側アンテナ部 270 は、円柱上の本体の円周面上に、4 段 $\times$ 24 個 / 段 (合計 96 個) のアンテナ素子が配置されている。また、アンテナ素子の上下の段には、ダミーアンテナ 281 - 1 ~ 48 が配置されている。さらに、受信側アンテナ部 270 は、円柱上の本体の上面に、モノポールアンテナ 271 - 193 を備えている。この具体例では、受信側スイッチ部 360 - q は、各アンテナ素子が受信する偏波 (垂直偏波か水平偏波) も含めて選択する。したがって、1 つのアンテナ素子が 2 つの受信アンテナに相当する。物理的には同じアンテナ素子であるが、垂直偏波の受信アンテナが 271 - 1 ~ 96 であり、水平偏波の受信アンテナが 271 - 97 ~ 192 である。受信アンテナ 271 - 1 ~ 192 を 6 つの受信アンテナブロック 371 ~ 376 に分ける。図 9 (C) は 1 つの受信アンテナブロックの構成を示している。受信アンテナブロック 371 は、32 個の受信アンテナ 271 - 1 ~ 4、25 ~ 28、49 ~ 52、73 ~ 76、97 ~ 100、121 ~ 124、145 ~ 148、169 ~ 172 で構成される (物理的なアンテナ素子の数は 16 個)。また、モノポールアンテナ 271 - 193 が、7 個目の受信アンテナブロック 377 である。

30

【0028】

送信装置 100 は、送信アンテナ 171 - 1 ~ 16 の中から 1 つずつを順次選択し、送信フレーム 172 - n を出力する。無線信号測定装置 300 の受信側スイッチ部 360 - q (ただし、 q は 1 ~ 7 の整数) は、それぞれ、いずれか 1 つの受信アンテナブロックに対応しており、対応する受信アンテナブロックの中から 1 つの受信アンテナを選択する。例えば、受信側スイッチ部 360 - 1 は、受信アンテナブロック 371 に対応しており、受信アンテナ 271 - 1 ~ 4、25 ~ 28、49 ~ 52、73 ~ 76、97 ~ 100、121 ~ 124、145 ~ 148、169 ~ 172 の中から 1 つの受信アンテナを順次選択する。なお、この例では、受信側スイッチ部 360 - 7 が対応している受信アンテナブロック 377 は、1 つのモノポールアンテナ 271 - 193 のみからなるので、切り替える必要はない (受信側スイッチ部 360 - 7 を備えておく必要はなく、モノポールアンテナ 271 - 193 を直接ダウンコンバータ部 340 - 7 に接続してもかまわない)。

40

【0029】

50

図 10 は、このチャネルサウンダの具体例で測定した結果から、ビームフォーマーで処理し、放射角と遅延を求めた結果を示す。また、図 11 に、近接した遅延波の分離結果を示す。図 11 に示された 2 つのピーク値の間隔は 0.05 μ 秒以下である。したがって、この具体例での時間分解能は、0.025 μ 秒以下であることが分かる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図 1】MIMO 通信システムのための無線伝送路の特性を測定するシステム（チャネルサウンダ）の構成を示す図。

【図 2】本発明の送信装置の機能構成例を示す図。

【図 3】実施例 1 の無線信号測定装置の機能構成例を示す図。

10

【図 4】実施例 1 の送信装置と無線信号測定装置での信号の状態を示す図。

【図 5】測定信号生成手段がない無線信号測定装置の機能構成例を示す図。

【図 6】測定信号生成手段がない無線信号測定装置を用いた場合の信号の状態を示す図。

【図 7】実施例 2 の無線信号測定装置の機能構成例を示す図。

【図 8】送信側アンテナ部の斜視図と、送信アンテナから出力される測定信号を示す図。

【図 9】受信側アンテナ部の斜視図と、受信側アンテナ部の断面図と、1 つの受信アンテナブロックの構成を示す図。

【図 10】具体例で示したチャネルサウンダで測定した結果から、ビームフォーマーで処理し、放射角と遅延を求めた結果を示す図。

【図 11】近接した遅延波の分離結果を示す図。

20

【符号の説明】

【0031】

100	送信装置	110	送信側入出力部
120	送信側信号処理部	130	送信側参照信号生成部
140	アップコンバータ部	150	増幅部
160	送信側スイッチ部	170	送信側アンテナ部
171	送信アンテナ	181	ダミーアンテナ
200、300	無線信号測定装置	210	受信側入出力部
220、320	受信側信号処理部	221、321	測定信号生成手段
222、322	測定信号処理手段	230	受信側参照信号生成部
240、340	ダウンコンバータ部	250	記録部
260、360	受信側スイッチ部	270	受信側アンテナ部
271	受信アンテナ	281	ダミーアンテナ
371 ~ 377	受信アンテナブロック		

30

【図 1】

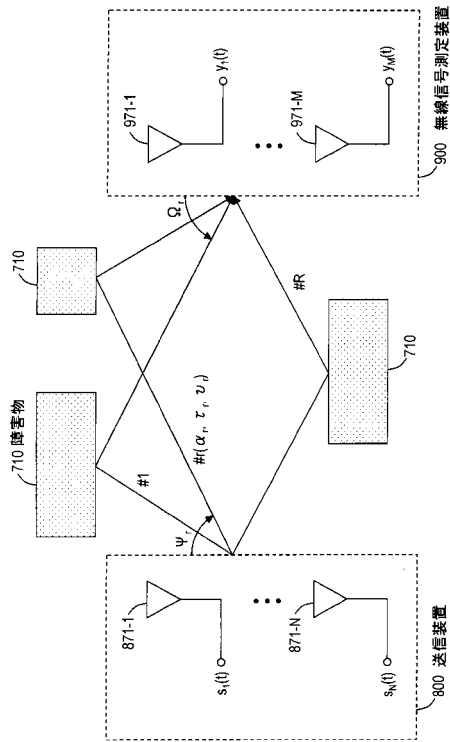


図1

【図 2】

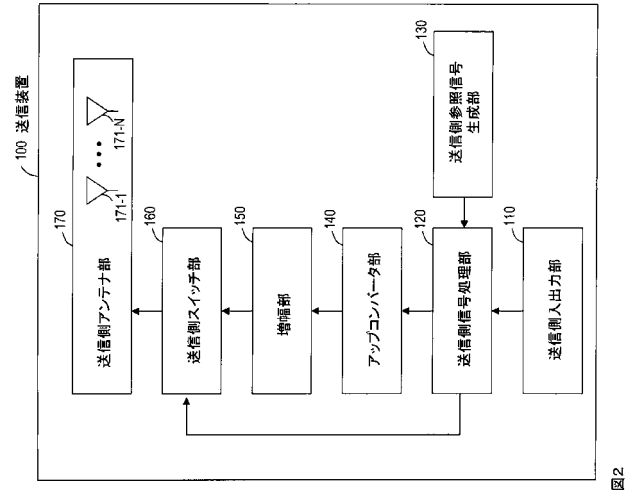


図2

【図 3】

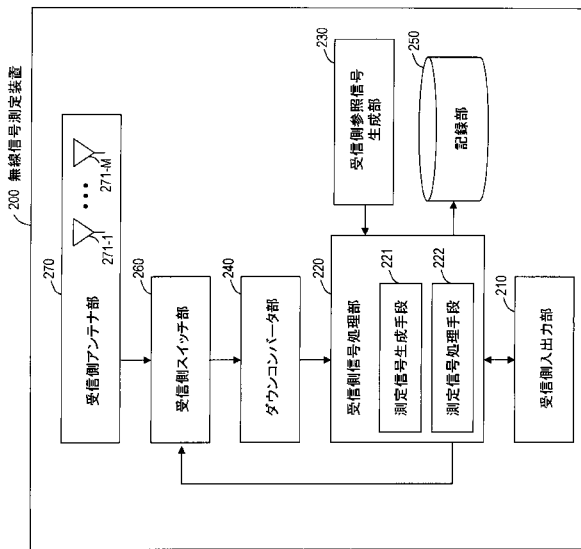


図3

【図 4】

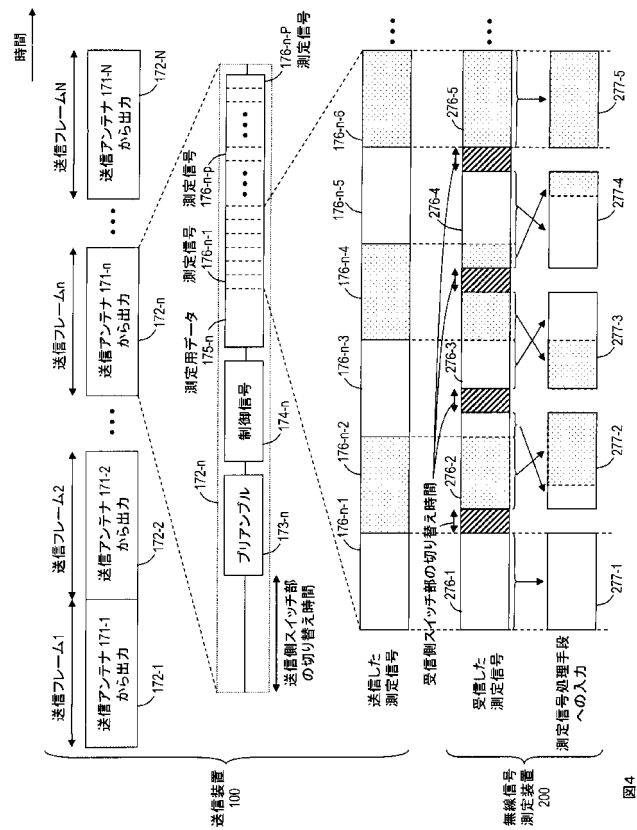


図4

【図 5】

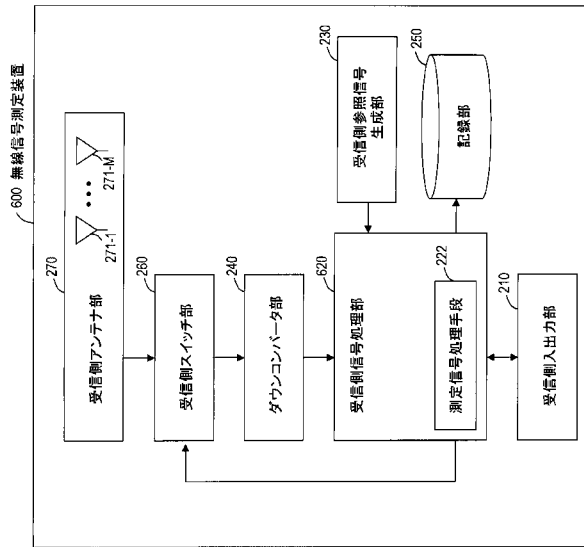


図5

【図 6】

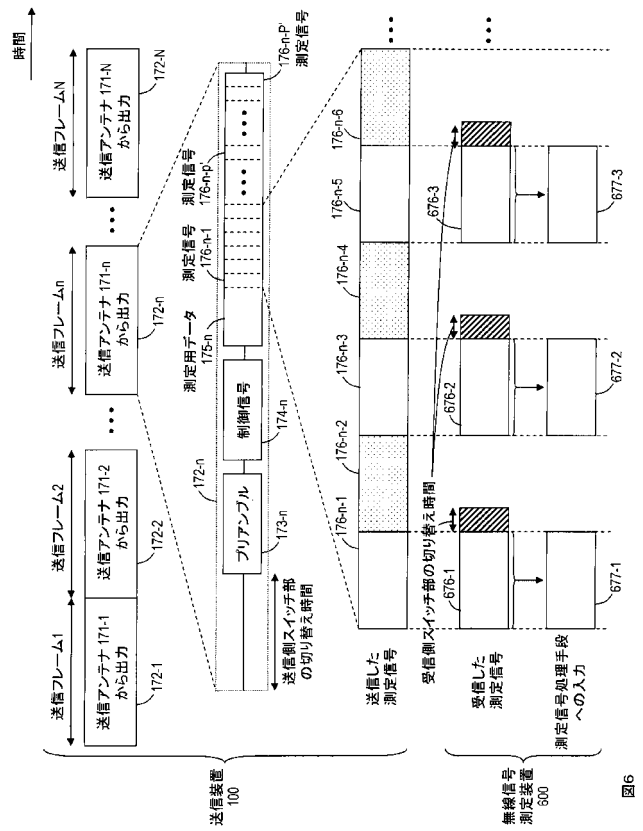


図6

【図 7】

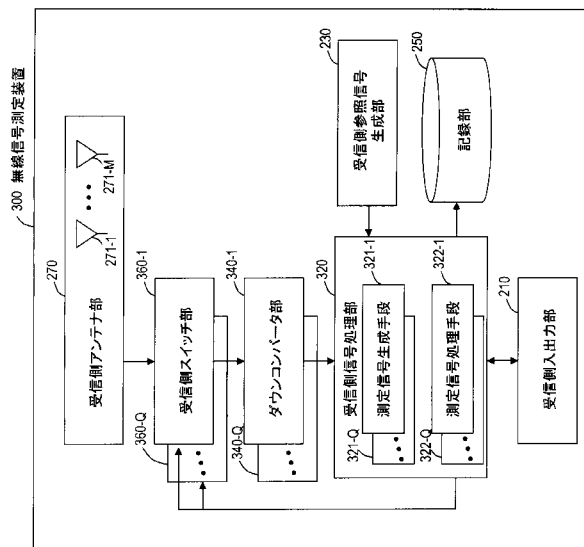


図7

【図 8】

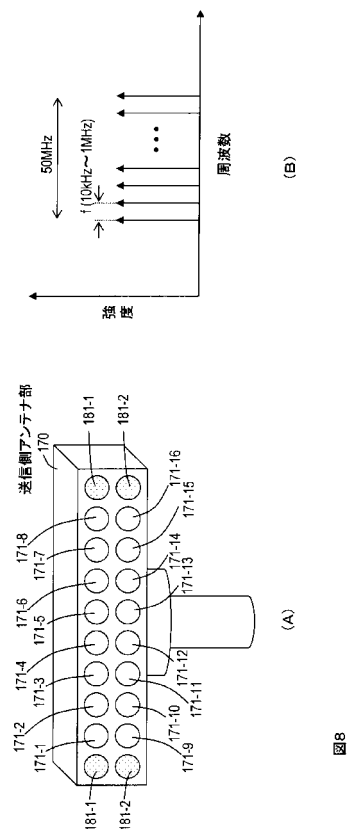


図8

【図 9】

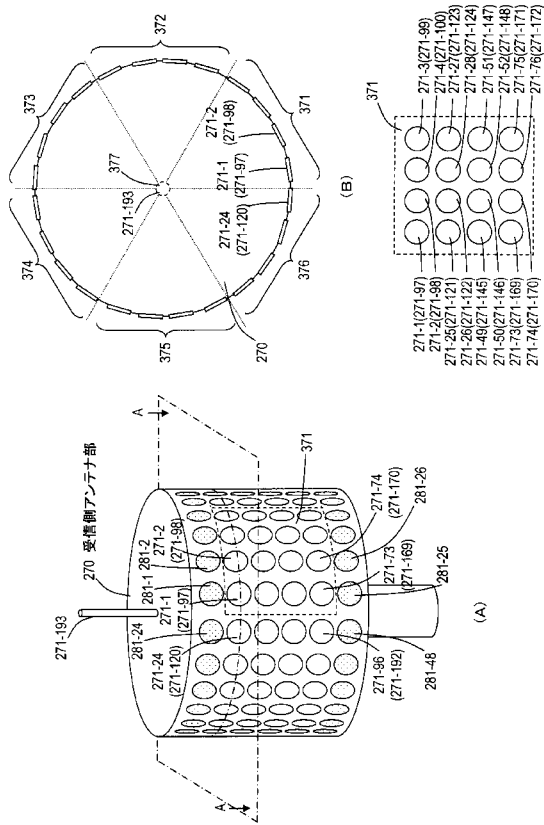


図9

【図 11】

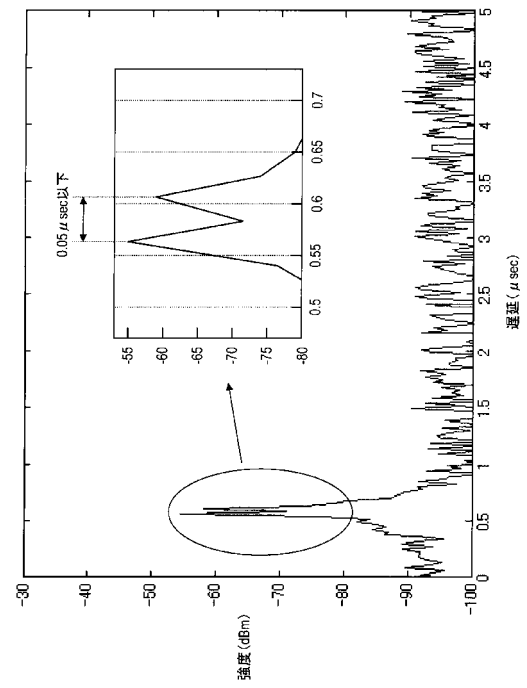


図11

【図 10】

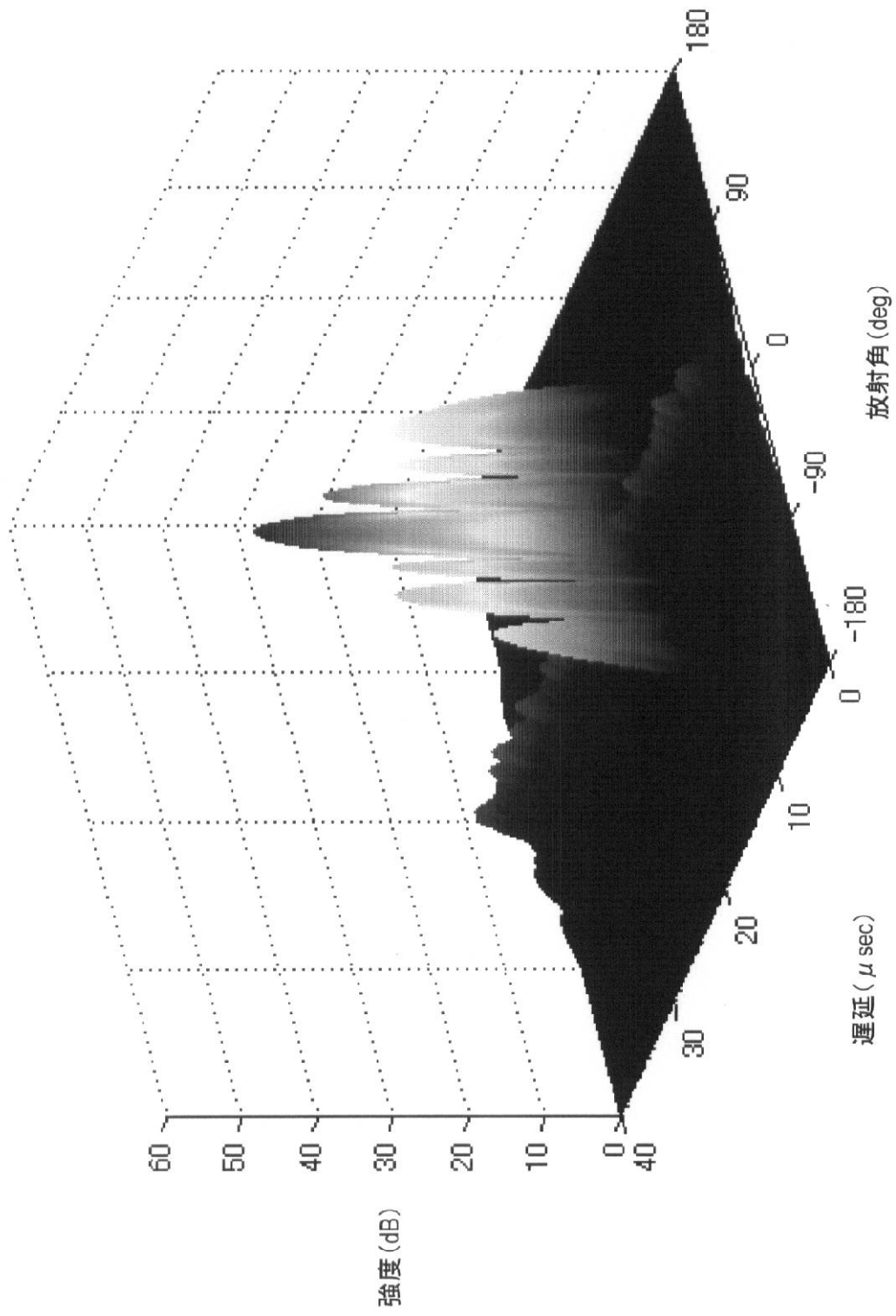


図10

フロントページの続き

(72)発明者 今井 哲朗

東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

(72)発明者 北尾 光司郎

東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

F ターム(参考) 5K022 DD01 DD13 DD18 DD19 DD21 DD31 FF00