

明 細 書

発明の名称： 整合回路及び無線通信装置

技術分野

[0001] 本発明は、無線通信装置に用いる整合回路及び無線通信装置に関する。

背景技術

[0002] 無線にて信号を送受信して情報をやり取りする無線通信システムの一つに、RFID (Radio Frequency Identification) システムがある。RFIDシステムは、情報が記憶される情報媒体であるRFタグと、RFタグに無線信号を送信してRFタグに情報を書き込ませる送信装置であるRFIDライタと、RFタグから無線信号を受信してRFタグが記憶している情報を読み取る受信装置であるRFIDリーダとを有する。RFIDシステムは、無線信号により情報のやり取りを行うため、RFタグの情報を非接触で読み書きすることができる。

[0003] ここで、送信装置であるRFIDライタは、送信する信号を生成する送信回路と、送信回路が生成した信号を無線で発信するアンテナとを有する。この送信回路は、信号を出力する際のインピーダンス成分である出力インピーダンスがある。また、アンテナは、送信回路から信号が入力された際のインピーダンス成分である入力インピーダンスがある。この入力インピーダンスと出力インピーダンスとに不整合がある場合、送信回路からの信号（電気信号）の一部がアンテナから送信回路へ反射し、アンテナから送信される電力が低下する場合がある。

[0004] これに対して、特許文献1には、送信装置にアンテナ自動整合回路を設け、入力インピーダンスと出力インピーダンスとの不整合を解消することが記載されている。また、特許文献1に記載されているアンテナ自動整合回路は、無線機（送信回路）からの信号の電圧とアンテナからの信号の電圧との比較値に基づいてダイオードのインピーダンスを調整することにより、入力インピーダンスと出力インピーダンスとの不整合を小さくしている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平 1 1 - 2 5 1 9 2 8 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ここで、特許文献 1 に係るアンテナ自動整合回路は、無線機及びアンテナからの信号の電圧値の比較に基づいて整合処理を行っているため、入力インピーダンスと出力インピーダンスとの位相差を考慮した整合を行うことができない。従って、特許文献 1 に係るアンテナ自動整合回路によると、入力インピーダンスと出力インピーダンスとの位相差を考慮した整合を行うことができないため、入力インピーダンスと出力インピーダンスとの不整合が残り、不整合を適切に抑制できない可能性がある。

[0007] ここで、本発明は、上記課題を解決するために、アンテナの入力インピーダンスと送信回路の出力インピーダンスとの不整合を適切に抑制する整合回路及び無線通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

[0008] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の整合回路は、送信信号を生成する送信回路及び前記送信信号を無線送信するアンテナに電氣的に接続される不整合検出ユニットと、前記不整合検出ユニットに電氣的に接続される演算部と、前記演算部及び前記送信回路に電氣的に接続される整合部と、を有し、前記不整合検出ユニットは、前記送信回路からの前記送信信号に対応した信号である対応送信信号を生成する第 1 方向性結合部と、前記送信信号に応じて前記アンテナから前記送信回路へ反射される電気信号である反射信号に対応する信号である対応反射信号を生成する第 2 方向性結合部と、前記対応送信信号と前記対応反射信号に基づいて、前記送信信号と前記反射信号との振幅比及び位相差を検出する不整合検出部と、を有し、前記演算部は、前記不整合検出部が検出した前記送信信号と前記反射信号との振

幅比及び位相差に基づき、前記整合部に整合部制御信号を送信し、前記整合部は、前記整合部制御信号に基づいてインピーダンスを変化させることにより、前記反射信号の信号値を変化させる。

[0009] この整合回路によれば、位相差も考慮して不整合抑制処理を行うことができるため、送信回路の出力インピーダンスとアンテナの入力インピーダンスとの不整合を、適切に抑制することができる。

[0010] 前記整合回路において、前記演算部は、前記送信信号と前記反射信号との振幅比及び位相差に基づいて算出され、前記送信信号と前記反射信号との信号値の比率を示す反射係数に基づいて前記整合部制御信号を生成することが好ましい。この整合回路によれば、反射係数を用いて整合処理を行うため、より適切に整合処理を行うことができる。

[0011] 前記整合回路において、前記整合部は、インダクタンスを変化可能な可変インダクタンス部とキャパシタンスを変化可能な可変キャパシタンス部とを有し、前記可変インダクタンス部のインダクタンス及び前記可変キャパシタンス部のキャパシタンスを変化させることにより、前記インピーダンスを変化させることが好ましい。この整合回路によれば、インダクタンス及びキャパシタンスを変化させるため、位相差にも基づいた整合を適切に行うことができる。

[0012] 前記整合回路において、前記可変インダクタンス部は、前記送信回路と前記アンテナとの間に電氣的に接続され、前記可変キャパシタンス部は、第1可変キャパシタンス部と第2可変キャパシタンス部との複数設けられ、前記第1可変キャパシタンス部は、一方の接続部が前記可変インダクタンス部と前記送信部との間に電氣的に接続され、他方の接続部が接地されており、前記第2可変キャパシタンス部は、一方の接続部が前記可変インダクタンス部と前記アンテナとの間に電氣的に接続され、他方の接続部が接地されていることが好ましい。この整合回路によれば、 Π 型回路を構成するため、インダクタンス及びキャパシタンスを好適に変化させることができる。

[0013] 前記整合回路において、前記可変キャパシタンス部は、印加される電圧に

応じて前記キャパシタンスを連続的に変化させることが好ましい。この整合回路によれば、キャパシタンスをアナログ的に変化させることができるため、より微細な整合を行うことができる。

[0014] 前記整合回路において、前記整合部は、前記第1可変キャパシタンス部が複数並列に接続され、前記第2可変キャパシタンス部が複数並列に接続され、さらに、複数の前記第1可変キャパシタンス部及び複数の前記第2可変キャパシタンス部の接続をそれぞれ切り替えるキャパシタンススイッチ部を有し、前記演算部は、前記キャパシタンススイッチ部を制御することにより、複数の前記第1可変キャパシタンス部及び複数の前記第2可変キャパシタンス部を接地させて、複数の前記第1可変キャパシタンス部及び複数の前記第2可変キャパシタンス部の合計キャパシタンスを変化させることが好ましい。この整合回路によれば、スイッチを切り替えて合計キャパシタンスを変化させることができるため、位相差にも基づいた整合を適切に行うことができる。

[0015] 前記整合回路において、前記整合部は、複数の前記可変インダクタンス部と、複数の前記可変インダクタンス部と前記送信回路及び前記アンテナとの接続をそれぞれ切り替えるインダクタンススイッチ部とを有し、前記インダクタンススイッチ部により前記接続を切り替えることにより、複数の前記可変インダクタンス部の合計インダクタンスを変化させることが好ましい。この整合回路によれば、スイッチにより合計インダクタンスを変化させることができるため、位相差にも基づいた整合を適切に行うことができる。

[0016] 前記整合回路において、前記不整合検出部は、所定の周波数を有する局部発振信号を発信する局部発振器と、前記第1方向性結合部及び前記局部発振器に電氣的に接続されて、前記局部発振信号と前記対応送信信号との信号値を混合して混合送信信号を生成する第1混合部と、前記第2方向性結合部及び前記局部発振器に電氣的に接続されて、局部発振信号と前記対応反射信号との信号値を混合して混合反射信号を生成する第2混合部と、前記混合送信信号と前記混合反射信号とを比較することにより、前記送信信号と前記反射

信号との振幅比及び位相差を検出する振幅位相検出部と、を有することが好ましい。この整合回路によれば、ヘテロダイン方式により振幅比、位相差を検出するため、例えばDCオフセットの影響等を受けることなく、高精度に振幅比、位相差を検出することができる。

[0017] 前記整合回路において、前記不整合検出部は、前記第1方向性結合部及び前記第2方向性結合部に電氣的に接続され、前記対応送信信号と前記対応反射信号との信号値を混合して順混合信号を生成する第1混合部と、前記対応送信信号の振幅と前記対応反射信号の振幅とを検出する振幅検出部と、前記第1方向性結合部及び前記第2方向性結合部に電氣的に接続され、前記対応送信信号と前記対応反射信号のうちいずれか一方の位相をずらして互いを混合して、位相転位混合信号を生成する第2混合部と、前記対応送信信号の振幅及び前記対応反射信号の振幅から前記送信信号と前記反射信号との振幅比を検出し、前記順混合信号と前記位相転位混合信号とを比較することにより前記送信信号と前記反射信号との位相差を検出する振幅位相検出部と、を有することが好ましい。この整合回路によれば、ホモダイン方式により振幅比、位相差を検出するため、簡単な構成で、高精度に振幅比、位相差を検出することができる。

[0018] 前記整合回路は、前記反射信号の振幅が所定の閾値以上である場合は、前記整合部による前記インピーダンスの変化を中止させることが好ましい。この整合回路によれば、例えば周囲の物質による反射信号によって整合処理を行うことを抑制するため、アンテナの入力インピーダンスと送信回路の出力インピーダンスとの不整合を適切に抑制することができる。

[0019] 前記整合回路は、前記アンテナが受信した受信信号が入力され前記アンテナから前記反射信号が反射される受信回路と電氣的に接続されることが好ましい。この整合回路によれば、送信回路の出力インピーダンスとアンテナの入力インピーダンスとの不整合を、適切に抑制することができる。

[0020] 前記整合回路において、前記整合部は、前記送信回路と前記アンテナとの間に設けられ、前記不整合検出ユニットは、前記整合部と前記アンテナとの

間に設けられ、前記整合部を介して前記送信回路と接続されることが好ましい。この整合回路によれば、整合処理後の送信信号を安定させることができる。

[0021] 前記整合回路において、前記整合部は、前記送信回路と前記アンテナとの間に設けられ、前記不整合検出ユニットは、前記送信回路と前記整合部との間に設けられ、前記整合部を介して前記アンテナと接続されることが好ましい。この整合回路によれば、整合に応じて反射信号が大きくなりすぎることを抑制することができる。

[0022] 前記整合回路において、前記整合部は、前記送信回路と前記アンテナとの間に設けられ、前記不整合検出ユニットは、第1不整合検出ユニットと第2不整合検出ユニットとの複数設けられ、前記第1不整合検出ユニットは、前記整合部と前記アンテナとの間に設けられ、前記整合部を介して前記送信回路と接続されており、前記第2不整合検出ユニットは、前記送信回路と前記整合部との間に設けられ、前記整合部を介して前記アンテナと接続されることが好ましい。この整合回路によれば、送信信号を安定させつつ、整合に応じて反射信号が大きくなりすぎることを抑制することができる。

[0023] 本発明の無線通信装置は、前記整合回路と、前記整合回路と電気的に接続され前記送信信号を生成する送信回路と、前記整合回路と電気的に接続され前記送信信号を無線送信するアンテナと、を有することが好ましい。この無線通信装置によれば、送信回路の出力インピーダンスとアンテナの入力インピーダンスとの不整合を、適切に抑制することができる。

発明の効果

[0024] 本発明によれば、アンテナの入力インピーダンスと送信回路の出力インピーダンスとの不整合を適切に抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]図1は、第1実施形態に係る無線通信装置の構成を示すブロック図である。

[図2]図2は、不整合検出部の構成を示したブロック図である。

[図3]図3は、整合部の構成を示す模式図である。

[図4]図4は、第1実施形態における可変コイルの構成の一例を示す模式図である。

[図5]図5は、第1実施形態に係る整合回路による不整合抑制処理を説明したフローチャートである。

[図6]図6は、送信信号と反射信号との電圧波形を示すグラフである。

[図7]図7は、整合部のインピーダンス値の調整によるスミスチャート上での反射係数の変化の一例を示す図である。

[図8]図8は、整合部のインピーダンス値の調整によるスミスチャート上での反射係数の変化の一例を示す図である。

[図9]図9は、整合部のインピーダンス値の調整によるスミスチャート上での反射係数の変化の一例を示す図である。

[図10]図10は、第1実施形態に係る無線通信装置が受信回路を有している場合の構成を示すブロック図である。

[図11]図11は、第2実施形態に係る整合部の構成を示すブロック図である。

[図12]図12は、第3実施形態に係る整合部の構成を示すブロック図である。

[図13]図13は、第4実施形態に係る不整合検出部の構成を示すブロック図である。

[図14]図14は、第4実施形態に係る不整合検出部による振幅比及び位相差の検出処理を説明したフローチャートである。

[図15]図15は、送信信号と反射信号との電圧波形を示すグラフである。

[図16]図16は、第5実施形態に係る無線通信装置の構成を示すブロック図である。

[図17]図17は、整合処理を行うかを判断する処理を説明するフローチャートである。

[図18]図18は、第6実施形態に係る無線通信装置の構成を示すブロック図

である。

[図19]図 19 は、第 7 実施形態に係る無線通信装置の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0026] 以下に添付図面を参照して、本発明の好適な実施形態を詳細に説明する。

なお、この実施形態により本発明が限定されるものではなく、また、実施形態が複数ある場合には、各実施例を組み合わせるものも含むものである。

[0027] (第 1 実施形態)

図 1 は、第 1 実施形態に係る無線通信装置の構成を示すブロック図である。図 1 に示すように、無線通信装置 1 は、送信回路 2 と、アンテナ 4 と、整合回路 10 とを有する。無線通信装置 1 は、送信回路 2 で無線信号を生成して、アンテナ 4 で生成した無線信号を送信する無線通信装置である。無線通信装置 1 は、RFID (Radio Frequency Identification) システムに使用される。無線通信装置 1 は、情報が記憶される情報媒体である RF タグ 100 に無線信号を送信して、RF タグ 100 に情報を書き込ませる RFID ライタである。ただし、無線通信装置 1 は、RFID ライタであることに限られず、無線信号を送信できる装置であればよい。

[0028] 送信回路 2 は、例えば RF タグ 100 に書き込ませる情報を有する電気信号である送信信号 A を生成する回路である。アンテナ 4 は、送信回路 2 と電氣的に接続されており、送信回路 2 が生成した送信信号 A を、例えば RF タグ 100 に無線送信する。

[0029] 整合回路 10 は、送信回路 2 及びアンテナ 4 と電氣的に接続され、送信回路 2 とアンテナ 4 との間に設けられる。整合回路 10 は、不整合検出ユニット 20 と、演算部 28 と、整合部 30 と、を有する。ここで、送信回路 2 は、信号を出力する際のインピーダンスである出力インピーダンスを有し、アンテナ 4 は、送信回路から信号が入力された際のインピーダンスである入力

インピーダンスを有する。この入力インピーダンスと出力インピーダンスとに不整合がある場合、送信回路 2 からの送信信号 A の一部が反射され、反射信号 B として、アンテナ 4 から送信回路 2 へ反射される。この反射信号 B の信号値が大きい場合、アンテナ 4 から無線送信される電力が低下する可能性がある。整合回路 10 は、不整合検出ユニット 20 において、入力インピーダンスと出力インピーダンスとの不整合を検出し、演算部 28 及び整合部 30 にてこの不整合を調整して、反射信号 B の信号値を小さくする。

[0030] 図 1 に示すように、整合部 30 は、送信回路 2 とアンテナ 4 との間に設けられ、送信回路 2 及びアンテナ 4 と電氣的に接続されている。また、不整合検出ユニット 20 は、整合部 30 とアンテナ 4 との間に設けられる。不整合検出ユニット 20 は、整合部 30 を介して送信回路 2 と電氣的に接続されている。また、不整合検出ユニット 20 は、アンテナ 4 と電氣的に接続されている。演算部 28 は、不整合検出ユニット 20 と整合部 30 とに電氣的に接続されている。

[0031] 不整合検出ユニット 20 は、第 1 方向性結合部 22 と、第 2 方向性結合部 24 と、不整合検出部 26 とを有する。第 1 方向性結合部 22 は、整合部 30 と電氣的に接続されている。第 2 方向性結合部 24 は、アンテナ 4 と電氣的に接続されている。第 1 方向性結合部 22 と第 2 方向性結合部 24 とは、電氣的に接続されている。送信回路 2 は、整合部 30、第 1 方向性結合部 22 及び第 2 方向性結合部 24 を介して、この順でアンテナ 4 と電氣的に接続されている。従って、送信回路 2 が生成した送信信号 A は、整合部 30、第 1 方向性結合部 22 及び第 2 方向性結合部 24 を介して、アンテナ 4 に出力される。また、アンテナ 4 から反射された反射信号 B は、第 2 方向性結合部 24、第 1 方向性結合部 22 及び整合部 30 を介して、送信回路 2 に反射される。

[0032] また、第 1 方向性結合部 22 と第 2 方向性結合部 24 とは、不整合検出部 26 と電氣的に接続されている。第 1 方向性結合部 22 及び第 2 方向性結合部 24 は、方向性結合器である。第 1 方向性結合部 22 は、送信回路 2 から

アンテナ４に向かって送信される信号（ここでは送信信号Ａ）に対応した電気信号である対応送信信号Ａ１を不整合検出部２６に出力する。また、第２方向性結合部２４は、アンテナ４から送信回路２に向かって送信される信号（ここでは反射信号Ｂ）に対応した電気信号である対応反射信号Ｂ１を不整合検出部２６に出力する。第１実施形態において、対応送信信号Ａ１は、送信信号Ａと同じ振幅、位相、周波数を有する電圧信号である。また、同様に、対応反射信号Ｂ１は、反射信号Ｂと同じ振幅、位相、周波数を有する電圧信号である。ただし、対応送信信号Ａ１及び対応反射信号Ｂ１は、それぞれ送信信号Ａ及び反射信号Ｂに対応する振幅、位相、周波数を有する電圧信号であれば、同じ振幅、位相、周波数を有する電圧信号でなくてもよい。

[0033] 不整合検出部２６は、演算部２８と電氣的に接続されている。図２は、不整合検出部の構成を示したブロック図である。図２に示すように、不整合検出部２６は、局部発振器４２と、第１混合部４４と、第２混合部４５と、フィルタ部４６と、ＡＤ変換部４８と、振幅位相検出部４９と、を有する。不整合検出部２６は、対応送信信号Ａ１及び対応反射信号Ｂ１に基づいて、送信信号Ａと反射信号Ｂとの振幅比及び位相差を検出する。

[0034] 局部発振器４２は、所定の周波数を有する局部電気信号Ｓを発信する発振器である。図２に示すように、局部発振器４２は、第１混合部４４及び第２混合部４５と電氣的に接続されており、第１混合部４４及び第２混合部４５に局部電気信号Ｓを出力する。ここで、反射信号Ｂは送信信号Ａの反射波であるため、送信信号Ａと反射信号Ｂとの周波数は、同じである。局部発振器４２の局部電気信号Ｓは、送信信号Ａと反射信号Ｂとの周波数とわずかに異なる周波数を有する。例えば、局部電気信号Ｓの周波数は、送信信号Ａと反射信号Ｂとの周波数に対して１０ＭＨｚ異なるものであるが、これに限定されない。

[0035] 第１混合部４４は、第１方向性結合部２２に電氣的に接続されている。第１混合部４４は、第１方向性結合部２２から対応送信信号Ａ１が入力され、局部発振器４２から局部電気信号Ｓが入力される。第１混合部４４は、周波

数混合器であり、対応送信信号 A 1 と局部電気信号 S とを混合した電気信号である混合送信信号 A 2 を生成する。より詳しくは、対応送信信号 A 1 の周波数を f_A とし、局部電気信号 S の周波数を f_S とした場合、混合送信信号 A 2 は、 $f_A + f_S$ の周波数を有する波形と $f_A - f_S$ の周波数を有する波形とが重なった波形を有する電気信号である。

[0036] 第 2 混合部 4 5 は、第 2 方向性結合部 2 4 に電氣的に接続されている。第 2 混合部 4 5 は、第 2 方向性結合部 2 4 から対応反射信号 B 1 が入力され、局部発振器 4 2 から局部電気信号 S が入力される。第 2 混合部 4 5 は、周波数混合器であり、対応反射信号 B 1 と局部電気信号 S とを混合した電気信号である混合反射信号 B 2 を生成する。より詳しくは、対応反射信号 B 1 の周波数を f_A （対応送信信号と同周波数）とし、局部電気信号 S の周波数を f_S とした場合、混合反射信号 B 2 は、 $f_A + f_S$ の周波数を有する波形と $f_A - f_S$ の周波数を有する波形とが重なった波形を有する電気信号である。

[0037] フィルタ部 4 6 は、第 1 混合部 4 4 及び第 2 混合部 4 5 に電氣的に接続されている。フィルタ部 4 6 には、第 1 混合部 4 4 から混合送信信号 A 2 が入力され、第 2 混合部 4 5 から混合反射信号 B 2 が入力される。フィルタ部 4 6 は、バンドパスフィルタであり、混合送信信号 A 2 及び混合反射信号 B 2 から、所定の周波数の信号を除去する。より詳しくは、第 1 実施形態において、フィルタ部 4 6 は、 $f_A + f_S$ の周波数を有する波形を除去し、 $f_A - f_S$ の周波数を有する波形のみを通過させる。従って、フィルタ部 4 6 は、混合送信信号 A 2 から、 $f_A - f_S$ の周波数を有する比較送信信号 A 3 を生成する。また、フィルタ部 4 6 は、混合反射信号 B 2 から、 $f_A - f_S$ の周波数を有する比較反射信号 B 3 を生成する。なお、フィルタ部 4 6 は、 $f_A - f_S$ の周波数を有する波形を除去して、 $f_A + f_S$ の周波数を有する信号を生成するものであってもよい。また、第 1 実施形態において、フィルタ部 4 6 は 1 つであるが、第 1 混合部 4 4 及び第 2 混合部 4 5 にそれぞれ対応して 2 つ設けられていてもよい。

[0038] A/D変換部 4 8 は、フィルタ部 4 6 に電氣的に接続されている。A/D変換

部48には、比較送信信号A3及び比較反射信号B3が入力される。AD変換部48は、アナログ信号をデジタル信号に変換する変換器である。AD変換部48は、アナログ信号である比較送信信号A3をデジタル信号に変換して、デジタル比較送信信号A4を生成する。また、AD変換部48は、アナログ信号である比較反射信号B3をデジタル信号に変換して、デジタル比較反射信号B4を生成する。また、第1実施形態において、AD変換部48は1つであるが、第1混合部44及び第2混合部45にそれぞれ対応して2つ設けられていてもよい。

[0039] 振幅位相検出部49は、AD変換部48及び演算部28と電氣的に接続されている。振幅位相検出部49は、デジタル比較送信信号A4及びデジタル比較反射信号B4が入力される。振幅位相検出部49は、デジタル比較送信信号A4の信号値とデジタル比較反射信号B4の信号値とを比較して、送信信号Aと反射信号Bとの電圧値の振幅比及び位相差を検出する。そして、振幅位相検出部49は、送信信号Aと反射信号Bとの振幅比及び位相差の情報を有する電気信号である振幅位相情報信号Cを演算部28に出力する。

[0040] なお、デジタル比較送信信号A4は送信信号Aと同じ比例した振幅、位相を有する電圧信号であり、デジタル比較反射信号B4は、反射信号Bと同じ振幅、位相を有する電圧信号である。従って、振幅位相検出部49は、デジタル比較送信信号A4の信号値とデジタル比較反射信号B4の信号値とを比較することにより、送信信号Aと反射信号Bとの振幅比及び位相差を検出することができる。振幅位相検出部49による送信信号Aと反射信号Bとの振幅比及び位相差の検出処理の詳細は後述する。

[0041] 以上説明したように、不整合検出部26は、ヘテロダイン方式を利用した構成となっている。

[0042] 演算部28は、送信信号Aと反射信号Bとの振幅比及び位相差の情報を有する振幅位相情報信号Cが入力される。演算部28は、この振幅位相情報信号Cに基づいて、整合部30を制御するための整合部制御信号Dを生成する。より詳しくは、演算部28は、反射信号Bの信号値が小さくなるように、

整合部 30 を制御する。演算部 28 のこの処理についての詳細は後述する。

[0043] 図 3 は、整合部 30 の構成を示す模式図である。図 3 に示すように、整合部 30 は、可変インダクタンス部としての可変コイル 32 と、第 1 可変キャパシタンス部としての可変コンデンサ 34 と、第 2 可変キャパシタンス部としての可変コンデンサ 36 とを有する。整合部 30 は、整合部制御信号 D に応じて可変コイル 32 のインダクタンス及び可変コンデンサ 34、36 のキャパシタンスを変化させることにより、インピーダンスを変化させる。上述のように、反射信号 B は、送信回路 2 の出力インピーダンスとアンテナ 4 の入力インピーダンスとの不整合によって発生する。アンテナ 4 の入力インピーダンスは、送信回路 2 とアンテナ 4 との間に設けられる整合部 30 のインピーダンスの変化に応じて変化する。そのため、整合部 30 のインピーダンスが変化すれば、送信回路 2 の出力インピーダンスとアンテナ 4 の入力インピーダンスとの比が変化して、反射信号 B の信号値も変化する。第 1 実施形態において、整合部 30 は、整合部制御信号 D に基づき自身のインピーダンスを変化させることにより、反射信号 B の信号値を小さくする。

[0044] 整合部制御信号 D は、可変コイル 32 のインダクタンスを変化させるための信号であるインダクタンス制御信号 D1 と、可変コンデンサ 34 のキャパシタンスを変化させるための信号であるキャパシタンス制御信号 D2 と、可変コンデンサ 36 のキャパシタンスを変化させるための信号であるキャパシタンス制御信号 D3 とを有する。詳しくは後述するが、整合部 30 は、インダクタンス制御信号 D1、キャパシタンス制御信号 D2、D3 に応じて自身のインピーダンスを変化させることにより、反射信号 B の信号値を変化させる。

[0045] 図 3 に示すように、可変コイル 32 は、送信回路 2 と第 1 方向性結合部 22 とに電氣的に接続されており、かつ、送信回路 2 と第 1 方向性結合部 22 との間に直列に接続されている。言い換えれば、可変コイル 32 は、送信回路 2 とアンテナ 4 との間に直列に接続されている。可変コイル 32 は、インダクタンス制御信号 D1 に応じて、自身のインダクタンスを変化させる。図

4は、第1実施形態における可変コイルの構成の一例を示す模式図である。図4に示すように、可変コイル32は、コイル部32Aと、スイッチ部32Bとを有する。コイル部32Aの一方の端部は、送信回路2と接続されている。また、コイル部32Aは、各部にスイッチ部32Bと接続するための接点32A1、32A2、32A3、32A4が設けられている。接点32A1、32A2、32A3、32A4は、コイル部32Aの長手方向に異なる位置に設けられている。以下、接点32A1、32A2、32A3、32A4を区別しない場合は、適宜接点32A0と記載する。

[0046] スイッチ部32Bは、第1方向性結合部22と接点32A0との接続を切り替える切替スイッチである。より詳しくは、スイッチ部32Bは、演算部28からのインダクタンス制御信号D1の電圧値に応じて、コイル部32Aの接点32A1、32A2、32A3、32A4のいずれかと接続し、コイル部32Aと第1方向性結合部22を電氣的に接続する。コイル部32Aの各接点32A0は、それぞれコイル部32Aの長手方向に異なる位置に設けられているため、スイッチ部32Bが接続する接点32A0を変えることにより、コイル部32Aのインダクタンスが変化する。このように、可変コイル32は、スイッチ部32Bと接続するコイル部32Aの接点32A0を変化させることにより、自身のインダクタンスを変化させるが、可変コイル32によるインダクタンス変化方法は、これに限られない。可変コイル32は、インダクタンス制御信号D1に応じて、自身のインダクタンスを変化させるものであれば、インダクタンスを変化させる方法及びその構造は任意である。例えば、可変コイル32は、コイル部32Aの内周にコアを設け、インダクタンス制御信号D1に応じて、コアをコイル部32Aの長手方向に沿って動かすことにより、インダクタンスを変化させるものであってもよい。

[0047] 図3に示すように、可変コンデンサ34は、送信回路2、可変コイル32及び演算部28に電氣的に接続される。より詳しくは、可変コンデンサ34は、一方の接続部34Aが送信回路2と可変コイル32との間に電氣的に接続されている。また、可変コンデンサ34は、他方の接続部34Bが、接地

されている。さらに、可変コンデンサ34は、他方の接続部34Bにおいて、演算部28と電氣的に接続されている。可変コンデンサ34は、キャパシタンス制御信号D2に応じて、自身のキャパシタンスを変化させる。第1実施形態においては、可変コンデンサ34は、キャパシタンス制御信号D2の電圧値に応じて、キャパシタンスを連続的に変化させる。すなわち、可変コンデンサ34は、キャパシタンス制御信号D2の電圧値に応じて、キャパシタンスが離散的な値を取って変化せずに、連続的に変化する。可変コンデンサ34は、例えば、バリキャップダイオードである。可変コンデンサ34は、キャパシタンス制御信号D2に応じて、自身のキャパシタンスを変化させるものであればよく、例えばキャパシタンスを連続的に変化させるものに限られない。

[0048] 可変コンデンサ36は、第1方向性結合部22、可変コイル32及び演算部28に電氣的に接続される。より詳しくは、可変コンデンサ36は、一方の接続部36Aが可変コイル32と第1方向性結合部22との間に電氣的に接続されている。言い換えれば、可変コンデンサ36は、一方の接続部36Aが可変コイル32とアンテナ4との間に電氣的に接続されている。また、可変コンデンサ36は、他方の接続部36Bが、接地されている。さらに、可変コンデンサ36は、他方の接続部36Bにおいて、演算部28と電氣的に接続されている。可変コンデンサ36は、キャパシタンス制御信号D3に応じて、自身のキャパシタンスを変化させる。第1実施形態において、可変コンデンサ36は、可変コンデンサ34と同じ構造となっている。

[0049] このように、整合部30は、整合部制御信号Dに応じて可変コイル32のインダクタンス及び可変コンデンサ34、36のキャパシタンスを変化させることにより、インピーダンスを変化させる。ただし、整合部30は、整合部制御信号に応じて自身のインピーダンスを変化させるものであれば、可変コイル32及び可変コンデンサ34、36により構成されることに限られず、構成は任意である。また、可変コイル32及び可変コンデンサ34、36は、 Π 字型回路を構成しているが、 Π 字型回路の配列に限られず、任意に配

列することができる。例えば、可変コンデンサは、2つでなく、1つでもよく、また、3つ以上あってもよい。

[0050] 次に、整合回路10による不整合抑制処理について、フローチャートを基に説明する。図5は、第1実施形態に係る整合回路による不整合抑制処理を説明したフローチャートである。

[0051] 図5に示すように、不整合処理を行う場合、第1方向性結合部22は、送信信号Aから対応送信信号A1を生成する（ステップS11A）。第1方向性結合部22は、送信回路2からの送信信号Aが入力される。第1方向性結合部22は、送信信号Aに対応して送信信号Aと同じ振幅、位相、周波数を有する電圧信号である対応送信信号A1を生成する。

[0052] また、対応送信信号A1が生成されると同時に、第2方向性結合部24は、反射信号Bから対応反射信号B1を生成する（ステップS11B）。第2方向性結合部24は、アンテナ4からの反射信号Bが入力される。第2方向性結合部24は、反射信号Bに対応して反射信号Bと同じ振幅、位相、周波数を有する電圧信号である対応反射信号B1を生成する。なお、このステップS11Bは、ステップS11Aと同時に行われるが、ステップS11Bは、ステップS11Aより先又は後に行われてもよい。

[0053] 対応送信信号A1が生成された後、不整合検出部26は、第1混合部44により、対応送信信号A1と局部電気信号Sとを混合した電気信号である混合送信信号A2を生成する（ステップS12A）。不整合検出部26は、局部発振器42により、局部電気信号Sを生成する。不整合検出部26は、第1混合部44に、対応送信信号A1と局部電気信号Sとが入力される。不整合検出部26は、第1混合部44により、 $f_A + f_S$ の周波数を有する波形と $f_A - f_S$ の周波数を有する波形とが重なった波形を有する混合送信信号A2を生成する。

[0054] 対応反射信号B1が生成された後、不整合検出部26は、第2混合部45により、対応反射信号B1と局部電気信号Sとを混合した電気信号である混合反射信号B2を生成する（ステップS12B）。不整合検出部26は、局

部発振器 4 2 により、局部電気信号 S を生成する。不整合検出部 2 6 は、第 2 混合部 4 5 に、対応反射信号 B 1 と局部電気信号 S とが入力される。不整合検出部 2 6 は、第 2 混合部 4 5 により、 $f_A + f_S$ の周波数を有する波形と $f_A - f_S$ の周波数を有する波形とが重なった波形を有する混合反射信号 B 2 を生成する。なお、このステップ S 1 2 B は、ステップ S 1 2 A と同時に行われるが、ステップ S 1 2 B は、ステップ S 1 2 A より先又は後に行われてもよい。

[0055] 混合送信信号 A 2 及び混合反射信号 B 2 を生成した後、不整合検出部 2 6 は、フィルタ部 4 6 により、混合送信信号 A 2 に基づいて比較送信信号 A 3 を生成し、混合反射信号 B 2 に基づいて比較反射信号 B 3 を生成する（ステップ S 1 4）。より詳しくは、不整合検出部 2 6 は、フィルタ部 4 6 に、混合送信信号 A 2 が入力される。不整合検出部 2 6 は、フィルタ部 4 6 により、混合送信信号 A 2 にフィルタリングをかけ、 $f_A - f_S$ の周波数を有する比較送信信号 A 3 を生成する。また、不整合検出部 2 6 は、フィルタ部 4 6 に、混合反射信号 B 2 が入力される。不整合検出部 2 6 は、フィルタ部 4 6 により、混合反射信号 B 2 にフィルタリングをかけ、 $f_A - f_S$ の周波数を有する比較反射信号 B 3 を生成する。比較送信信号 A 3 は、送信信号 A と周波数は異なるが、振幅及び位相は同じとなっている。同様に、比較反射信号 B 3 は、反射信号 B と周波数は異なるが、振幅及び位相は同じとなっている。

[0056] 比較送信信号 A 3 及び比較反射信号 B 3 を生成した後、不整合検出部 2 6 は、A/D 変換部 4 8 により、比較送信信号 A 3 及び比較反射信号 B 3 をデジタル変換して、デジタル比較送信信号 A 4 及びデジタル比較反射信号 B 4 を生成する（ステップ S 1 6）。以下の処理の便宜のため、不整合検出部 2 6 は、A/D 変換部 4 8 により、アナログ信号である比較送信信号 A 3 及び比較反射信号 B 3 をデジタル変換して、デジタル信号であるデジタル比較送信信号 A 4 及びデジタル比較反射信号 B 4 を生成する。

[0057] デジタル比較送信信号 A 4 及びデジタル比較反射信号 B 4 を生成した後、

不整合検出部 26 は、振幅位相検出部 49 により、送信信号 A と反射信号 B との振幅比及び位相差を算出する（ステップ S 18）。図 6 は、送信信号 A と反射信号 B との電圧波形を示すグラフである。図 6 の横軸は時間であり、縦軸は電圧（V）である。図 6 の波形 A 4 W は、デジタル比較送信信号 A 4 の電圧値を時間毎にプロットした場合における、デジタル比較送信信号 A 4 の電圧波形の一例である。図 6 の波形 B 4 W は、デジタル比較反射信号 B 4 の電圧値を時間毎にプロットした場合における、デジタル比較反射信号 B 4 の電圧波形の一例である。

[0058] 不整合検出部 26 は、振幅位相検出部 49 により、図 6 に示すようなデジタル比較送信信号 A 4 の波形 A 4 W 及びデジタル比較反射信号 B 4 の波形 B 4 W を生成する。不整合検出部 26 は、振幅位相検出部 49 により、波形 A 4 W に基づいて、デジタル比較送信信号 A 4 の電圧値のピーク値である送信信号ピーク値 H_A を検出する。また、不整合検出部 26 は、振幅位相検出部 49 により、デジタル比較送信信号 A 4 の電圧値が送信信号ピーク値 H_A になったピーク時間 T_A を検出する。また、不整合検出部 26 は、振幅位相検出部 49 により、波形 B 4 W に基づいて、デジタル比較反射信号 B 4 の電圧値のピーク値である反射信号ピーク値 H_B を検出する。また、不整合検出部 26 は、振幅位相検出部 49 により、デジタル比較反射信号 B 4 の電圧値が反射信号ピーク値 H_B になったピーク時間 T_B を検出する。

[0059] 不整合検出部 26 は、送信信号 A と反射信号 B との振幅比を P_{BA} としたとき、振幅位相検出部 49 により、送信信号ピーク値 H_A と反射信号ピーク値 H_B とに基づき、次の式（1）により、振幅比 P_{BA} を算出する。また、不整合検出部 26 は、送信信号 A と反射信号 B との位相差を θ_{BA} としたとき、振幅位相検出部 49 により、ピーク時間 T_A 、 T_B に基づき、次の式（2）により、位相差 θ_{BA} を算出する。

[0060]
$$P_{BA} = |H_B / H_A| \quad \dots (1)$$

$$\theta_{BA} = |T_B - T_A| \quad \dots (2)$$

[0061] 不整合検出部 26 は、振幅位相検出部 49 により、算出した送信信号 A と

反射信号 B との振幅比 P_{BA} と、送信信号 A と反射信号 B との位相差 θ_{BA} との情報をもつ電気信号である振幅位相情報信号 C を生成して、演算部 28 に出力する。

[0062] なお、不整合検出部 26 は、振幅位相検出部 49 により、波形 A4W、B4W を作成しなくてもよい。不整合検出部 26 は、振幅位相検出部 49 により、送信信号ピーク値 H_A 、反射信号ピーク値 H_B 及びピーク時間 T_A 、 T_B を検出できればよい。例えば、不整合検出部 26 は、振幅位相検出部 49 により、デジタル比較送信信号 A4 及びデジタル比較反射信号 B4 の電圧値を時間毎に検出することにより、送信信号ピーク値 H_A 、反射信号ピーク値 H_B 及びピーク時間 T_A 、 T_B を検出するものであってもよい。また、位相差 θ_{BA} は、ピーク時間 T_A 、 T_B により算出することに限られない。位相差 θ_{BA} は、デジタル比較送信信号 A4 が所定の電圧値になった際の時間と、デジタル比較反射信号 B4 の電圧値がデジタル比較送信信号 A4 の所定の電圧値に対応する値になった際との時間とを比較して算出するものであればよい。例えば、位相差 θ_{BA} は、デジタル比較送信信号 A4 の電圧値及びデジタル比較反射信号 B4 の電圧値がゼロになった際の時間の差により算出してもよい。

[0063] 送信信号 A と反射信号 B との振幅比 P_{BA} 及び位相差 θ_{BA} が算出されたら、演算部 28 は、振幅比 P_{BA} 及び位相差 θ_{BA} に基づき送信信号 A と反射信号 B との反射係数 γ を算出する（ステップ S20）。反射係数とは、進行する波（ここでは送信信号 A）に対し反射して戻ってくる波（ここでは反射信号 B）の電圧振幅の比率を示す値である。送信信号 A と反射信号 B との反射係数を γ とすると、反射係数 γ は、送信信号 A のベクトル値を AV とし、反射信号 B のベクトル値を BV とした場合、次の式（3）で表される。

[0064]
$$\gamma = BV / AV \quad \cdots (3)$$

[0065] ここで、式（3）の右辺 BV / AV のスカラー成分は、送信信号 A と反射信号 B との振幅比 P_{BA} に相当し、 BV / AV の方向成分（角度成分）は、送信信号 A と反射信号 B との位相差 θ_{BA} に相当する。従って、反射係数 γ は、

振幅比 P_{BA} 、位相差 θ_{BA} により算出することができる。より詳しくは、反射係数 γ は、振幅比 P_{BA} 、位相差 θ_{BA} 、虚数 j を用いて、次の式 (4) のように表すことができる。

[0066] $\gamma = P_{BA} \cdot \exp(j \cdot \theta_{BA}) \quad \dots (4)$

[0067] なお、反射係数 γ は上述の式 (3) のように表されるため、反射係数 γ の値と反射信号 B の信号値とは、関連している。従って、送信信号 A の信号値を変化させない場合、反射係数 γ の値を変化させることは、反射信号 B の値を変化させることと同義である。詳しくは次のステップで説明するが、演算部 28 は、反射係数 γ の値が小さくなるように整合部 30 のインピーダンスを変化させることにより、反射信号 B の値を小さくする。

[0068] なお、ステップ S18 において算出された振幅比 P_{BA} 及び位相差 θ_{BA} が所定の閾値以下である場合は、ステップ S20 以降の処理を行わず、処理を終了してもよい。すなわち、整合処理を行う必要がないほど振幅比 P_{BA} 及び位相差 θ_{BA} が小さい場合は、演算部 28 は、整合処理を行わなくてもよい。

[0069] 反射係数 γ を算出した後、演算部 28 は、反射係数 γ が所定の反射係数値以下になるように、整合部 30 のインピーダンスを変化させる (ステップ S22)。具体的には、演算部 28 は、反射係数 γ が反射係数値 γ_0 になるように、整合部 30 のインピーダンスを変化させる。第 1 実施形態において、反射係数値 γ_0 は、ゼロである。つまり、演算部 28 は、反射係数 γ がゼロになるように、整合部 30 のインピーダンスを変化させる。反射係数 γ がゼロになると、反射信号 B の信号値もゼロとなる。なお、反射係数値 γ_0 は、ゼロであることに限られず、所定の値であってよい。ただし、反射係数値 γ_0 は、0 以上 0.1 以下であることが好ましい。

[0070] より詳しくは、演算部 28 は、反射係数 γ が反射係数値 γ_0 になるような可変コイル 32 のインダクタンス値及び可変コンデンサ 34、36 のキャパシタンス値 (整合部 30 のインピーダンス値) を算出する。

[0071] 上述のように、反射係数値 γ_0 はゼロであるため、演算部 28 は、スミスチャート上で反射係数 γ が中心点に移動するような値になるように、可変コ

イル 3 2 のインダクタンス値及び可変コンデンサ 3 4、3 6 のキャパシタンス値を算出しているともいえる。図 7 から図 9 は、整合部のインピーダンス値の調整によるスミスチャート上での反射係数の変化の一例を示す図である。図 7 から図 9 はスミスチャートであり、図 7 から図 9 の横軸は反射係数の実数部であり、縦軸は反射係数の虚数部である。また、図 7 から図 9 の曲線 SM は、スミスチャートの外円である。

[0072] 図 7 は、可変コンデンサ 3 4 のキャパシタンスを変化させた場合における、反射係数 γ の値の変化の一例を示している。ここで、演算部 2 8 が算出した反射係数 γ の反射係数値であって、インダクタンス値及びキャパシタンス値を変化させる前の反射係数値を γ_1 とする。スミスチャート上で反射係数 γ が中心点に移動するように可変コンデンサ 3 4 のキャパシタンス値を変化させた場合、反射係数 γ の反射係数値は、可変コンデンサ 3 4 のキャパシタンス変化に対応した円 CR 1 に沿って、反射係数値 γ_1 から、反射係数値 γ_2 に移動する。

[0073] 図 8 は、可変コイル 3 2 のインダクタンスを変化させた場合における、反射係数 γ の値の変化の一例を示している。スミスチャート上で反射係数 γ が中心点に移動するように可変コイル 3 2 のインダクタンス値を変化させた場合、反射係数 γ の反射係数値は、可変コイル 3 2 のインダクタンス変化に対応した円 CR 2 に沿って、反射係数値 γ_2 から、反射係数値 γ_3 に移動する。

[0074] 図 9 は、可変コンデンサ 3 6 のキャパシタンスを変化させた場合における、反射係数 γ の値の変化の一例を示している。スミスチャート上で反射係数 γ が中心点に移動するように可変コンデンサ 3 6 のキャパシタンス値を変化させた場合、反射係数 γ の反射係数値は、可変コンデンサ 3 6 のキャパシタンス変化に対応した円 CR 3 に沿って、反射係数値 γ_3 から、スミスチャートの中心点に位置する反射係数値 γ_0 に移動する。これにより、反射係数 γ の値がゼロとなるため、反射信号 B の信号値もゼロとなる。

[0075] このように、演算部 2 8 によるインダクタンス値 L 及びキャパシタンス値

CP1、CP2の算出は、スミスチャートを用いて説明することができるが、演算部28は、実際にスミスチャートに基づいてインダクタンス値L及びキャパシタンス値CP1、CP2の算出を行ってもよい。

[0076] このように、演算部28は、インダクタンス値L及びキャパシタンス値CP1、CP2を算出する。演算部28は、算出したインダクタンス値Lとなるような指令情報を有するインダクタンス制御信号D1を、可変コイル32に出力する。また、演算部28は、算出したキャパシタンス値CP1、CP2となるような指令情報を有するキャパシタンス制御信号D2、D3を、可変コンデンサ34、36に出力する。可変コイル32は、このインダクタンス制御信号D1に基づき自身のインダクタンスを変化させ、可変コンデンサ34、36は、このキャパシタンス制御信号D2、D3に基づき自身のキャパシタンスを変化させる。これにより、整合部30のインピーダンスが変化し、反射係数 γ の値が反射係数値 γ_0 となる。すなわち、これにより、反射信号Bの信号値が小さくなる。

[0077] ステップS22により整合部30のインピーダンスを変化させることにより、整合回路10による不整合抑制処理は終了する。なお、ステップS22により整合部30のインピーダンスを変化させた後、再度ステップS11A、S11Bに戻って不整合抑制処理を繰り返してもよい。不整合抑制処理を繰り返すことにより、反射信号Bの信号値をより適切に小さくすることができる。

[0078] 以上説明したように、第1実施形態に係る整合回路10は、不整合検出部26により、送信信号Aと反射信号Bとの振幅比 P_{BA} 、位相差 θ_{BA} を検出する。そして、整合回路10は、演算部28により、振幅比 P_{BA} 、位相差 θ_{BA} に基づき整合部30のインピーダンスを変化させる整合部制御信号Dを生成する。そして、整合回路10は、整合部30により、整合部制御信号Dに基づき自身のインピーダンスを変化させる。整合回路10は、整合部30のインピーダンスを変化させることにより、反射信号Bの信号値を変化させる。

[0079] このように、整合回路10は、送信信号Aと反射信号Bとの振幅比 P_{BA} 、

位相差 θ_{BA} に基づいてインピーダンスを変化させることができるため、反射信号 B の信号値に応じたインピーダンス制御を行うことができる。従って、整合回路 10 は、反射信号 B の信号値に応じたインピーダンス制御を行うことにより、送信回路 2 の出力インピーダンスとアンテナ 4 の入力インピーダンスとの不整合を適切に抑制して、反射信号 B の発生を抑制することができる。

[0080] より詳しくは、整合回路 10 は、不整合検出部 26 により、振幅比 P_{BA} と位相差 θ_{BA} との両方を検出する。すなわち、整合回路 10 は、送信信号 A と反射信号 B との電圧値だけでなく、位相差（虚数成分）にも基づいて整合を行っている。位相差を考慮せずに不整合抑制処理を行った場合、送信信号 A と反射信号 B との波形がずれて、不整合を抑制することができない可能性がある。整合回路 10 は、位相差も考慮して不整合抑制処理を行っているため、送信回路 2 の出力インピーダンスとアンテナ 4 の入力インピーダンスとの不整合を、確実に抑制することができる。

[0081] また、整合回路 10 は、演算部 28 により、送信信号 A と反射信号 B との振幅比 P_{BA} 、位相差 θ_{BA} に基づいて反射係数 γ を算出する。整合回路 10 は、反射係数 γ に基づいて、反射係数 γ を反射係数値 γ_0 となるように、整合部制御信号 D を生成する。整合回路 10 は、反射係数を用いることにより、より適切に整合処理を行うことができる。

[0082] また、第 1 実施形態に係る整合部 30 は、インダクタンスを変化可能な可変コイル 32 と、キャパシタンスを変化可能な可変コンデンサ 34、36 とを有する。整合部 30 は、可変コイル 32 及び可変コンデンサ 34、36 によりインダクタンス及びキャパシタンスを変化させることにより、インピーダンスを変化させる。整合部 30 は、インダクタンス及びキャパシタンスを変化させるため、位相差にも基づいた整合を適切に行うことができる。

[0083] また、可変コイル 32 は、送信回路 2 とアンテナ 4 との間に接続されている。そして、可変コンデンサ 34 は、一方の接続部が可変コイル 32 と送信回路 2 との間に接続され、他方の接続部が接地されている。そして、可変コ

ンデンサ 36 は、一方の接続部が可変コイル 32 とアンテナ 4 との間に接続され、他方の接続部が接地されている。このように、整合部 30 は、可変コイル 32、可変コンデンサ 34、36 により、 Π 型回路を構成している。従って、整合部 30 は、インダクタンス及びキャパシタンスをより好適に変化させることができる。

[0084] また、可変コンデンサ 34、36 は、印加される電圧に応じてキャパシタンスを連続的に変化させる。従って、整合部 30 は、整合部制御信号 D に応じて、キャパシタンスをアナログ的に変化させることができるため、より微細な整合を行うことができる。

[0085] また、不整合検出部 26 は、ヘテロダイン方式を利用して送信信号 A と反射信号 B との周波数を変換して、振幅比 P_{BA} 、位相差 θ_{BA} を検出している。従って、不整合検出部 26 は、例えば DC オフセットの影響等を受けることなく、高精度に振幅比 P_{BA} 、位相差 θ_{BA} を検出することができる。

[0086] なお、無線通信装置 1 は、送信回路 2 を有して無線送信を行う送信装置であったが、例えば RF タグ 100 等の他からの信号を受信して情報を読み取る受信回路を有していてもよい。図 10 は、第 1 実施形態に係る無線通信装置が受信回路を有している場合の構成を示すブロック図である。図 10 に示すように、受信回路 6 は、整合部 30 及び不整合検出ユニット 20 を介して、アンテナ 4 に電氣的に接続されている。より詳しくは、受信回路 6 は、整合部 30 から送信回路 2 への導線とは分岐して、整合部 30 と電氣的に接続されている。この場合、アンテナ 4 は、例えば RF タグ 100 からの信号である受信信号を受信する。受信回路 6 は、アンテナ 4 が受信した受信信号が入力される。受信回路 6 は、例えば受信信号が有する情報を読み取る。また、受信回路 6 は、送信回路 2 と同様に、アンテナ 4 から反射信号 B が反射される。

[0087] (第 2 実施形態)

次に、本発明の第 2 実施形態について説明する。第 2 実施形態に係る無線通信装置 1a は、整合部の構成が第 1 実施形態に係る無線通信装置 1 と異なる。

る。より詳しくは、第2実施形態に係る無線通信装置1aの整合部30aは、スイッチの切り替えにより、キャパシタンスを変化させる。第2実施形態に係る無線通信装置1aは、その他の点で第1実施形態に係る無線通信装置1と構成が共通するため、共通する箇所の説明は省略する。

[0088] 図11は、第2実施形態に係る整合部の構成を示す模式図である。図11に示すように、第2実施形態に係る整合部30aは、コンデンサ34a1、34a2、36a1、36a2と、スイッチ部37a1、37a2、38a1、38a2とを有する。コンデンサ34a1、34a2は、可変コンデンサユニット34aを構成する。コンデンサ36a1、36a2は、可変コンデンサユニット36aを構成する。整合部30aは、演算部28aの制御部制御信号により、スイッチ部37a1、37a2、38a1、38a2を切り替えて、コンデンサ34a1、34a2のキャパシタンスを合計した可変コンデンサユニット34aの総キャパシタンスと、コンデンサ36a1、36a2のキャパシタンスを合計した可変コンデンサユニット36aの総キャパシタンスとを変化させる。

[0089] 図11に示すように、コンデンサ34a1は、送信回路2、可変コイル32に電氣的に接続される。より詳しくは、コンデンサ34a1は、一方の接続部34Aa1が送信回路2と可変コイル32との間に電氣的に接続されている。また、コンデンサ34a1は、他方の接続部34Ba1が、スイッチ部37a1を介して接地されている。

[0090] スイッチ部37a1は、スイッチの切り替えによりコンデンサ34a1の他方の接続部34Ba1を接地させる。スイッチ部37a1は、演算部28aと電氣的に接続されており、演算部28aの信号により、スイッチを切り替える。

[0091] コンデンサ34a1は、スイッチ部37a1のスイッチをONとすることにより、他方の接続部34Ba1を介して接地される。これにより、コンデンサ34a1は、コンデンサとして動作する。

[0092] コンデンサ34a2及びスイッチ部37a2は、コンデンサ34a1及び

スイッチ部 37 a 1 と同様の構成を有し、コンデンサ 34 a 1 及びスイッチ部 37 a 1 と並列に接続されている。従って、演算部 28 a によりスイッチ部 37 a 1、37 a 2 が切り替えられることにより、可変コンデンサユニット 34 a の総キャパシタンスが変化する。

[0093] 図 11 に示すように、コンデンサ 36 a 1 は、可変コイル 32、第 1 方向性結合部 22 に電氣的に接続される。より詳しくは、コンデンサ 36 a 1 は、一方の接続部 36 A a 1 が可変コイル 32 と第 1 方向性結合部 22 との間に電氣的に接続されている。また、コンデンサ 36 a 1 は、他方の接続部 36 B a 1 が、スイッチ部 38 a 1 を介して接地されている。

[0094] スイッチ部 38 a 1 は、スイッチの切り替えによりコンデンサ 36 a 1 の他方の接続部 36 B a 1 を接地させる。スイッチ部 38 a 1 は、演算部 28 a と電氣的に接続されており、演算部 28 a の信号により、スイッチを切り替える。

[0095] コンデンサ 36 a 1 は、スイッチ部 38 a 1 のスイッチを ON とすることにより、他方の接続部 36 B a 1 を介して接地される。これにより、コンデンサ 36 a 1 は、コンデンサとして動作する。

[0096] コンデンサ 36 a 2 及びスイッチ部 38 a 2 は、コンデンサ 36 a 1 及びスイッチ部 38 a 1 と同様の構成を有し、コンデンサ 36 a 1 及びスイッチ部 38 a 1 と並列に接続されている。従って、演算部 28 a によりスイッチ部 38 a 1、38 a 2 が切り替えられることにより、可変コンデンサユニット 36 a の総キャパシタンスが変化する。

[0097] このように、第 2 実施形態に係る整合部 30 a は、スイッチ部 37 a 1、37 a 2、38 a 1、38 a 2 のスイッチを切り替えることにより、可変コンデンサユニット 34 a 及び可変コンデンサユニット 36 a の総キャパシタンスを変化させる。第 2 実施形態に係る整合部 30 a は、可変コンデンサユニット 34 a 及び可変コンデンサユニット 36 a の総キャパシタンスを変化させることにより、自身のインピーダンスを変化させる。従って、整合部 30 a は、第 1 実施形態に係る整合部 30 と同様に、位相差にも基づいた整合

を適切に行うことができる。なお、可変コンデンサユニット 34 a 及び可変コンデンサユニット 36 a は、それぞれ 2 つのコンデンサを有していたが、これに限られず、並列に接続される 3 つ以上のコンデンサを有していてもよい。

[0098] (第 3 実施形態)

次に、本発明の第 3 実施形態について説明する。第 3 実施形態に係る無線通信装置 1 b は、整合部の構成が第 1 実施形態に係る無線通信装置 1 と異なる。より詳しくは、第 3 実施形態に係る無線通信装置 1 b の整合部 30 b は、スイッチの切り替えにより、インダクタンスを変化させる。第 3 実施形態に係る無線通信装置 1 b は、その他の点で第 1 実施形態に係る無線通信装置 1 と構成が共通するため、共通する箇所の説明は省略する。

[0099] 図 12 は、第 3 実施形態に係る整合部の構成を示す模式図である。図 12 に示すように、第 3 実施形態に係る整合部 30 b は、コイル部 32 b 1、32 b 2 と、導線 35 b 1、35 b 2、35 b 3 と、スイッチ部 39 b 1、39 b 2、39 b 3、39 b 4 と、を有する。コイル部 32 b 1、32 b 2 は、可変コイルユニット 32 b を構成する。整合部 30 b は、演算部 28 b の制御部制御信号により、スイッチ部 39 b 1、39 b 2、39 b 3、39 b 4 を切り替えて、コイル部 32 b 1、32 b 2 のインダクタンスを合計した可変コイルユニット 32 b の総キャパシタンスを変化させる。

[0100] コイル部 32 b 1、32 b 2 は、送信回路 2 と第 1 方向性結合部 22 との間に直列に設けられる。コイル部 32 b 1 とコイル部 32 b 2 との間には、導線 35 b 1 が設けられている。言い換えれば、コイル 32 部 b 1 は、送信回路 2 と導線 35 b 1 との間に設けられており、コイル部 32 b 2 は、導線 35 b 1 と第 1 方向性結合部 22 との間に設けられている。

[0101] 導線 35 b 2 は、コイル部 32 b 1 と並列に、送信回路 2 と導線 35 b 1 との間に設けられている。導線 35 b 3 は、コイル部 32 b 2 と並列に、導線 35 b 1 と第 1 方向性結合部 22 との間に設けられている。

[0102] スwitch部 39 b 1 は、送信回路 2 と、コイル部 32 b 1 及び導線 35 b

2との間に設けられている。スイッチ部39b1は、演算部28bと電氣的に接続されている。スイッチ部39b1は、演算部28bの制御部制御信号により、送信回路2及びコイル部32b1の接続と、送信回路2及び導線35b2の接続とを切り替える。

[0103] スイッチ部39b2は、コイル部32b1及び導線35b2と、導線35b1との間に設けられている。スイッチ部39b2は、演算部28bと電氣的に接続されている。スイッチ部39b2は、演算部28bの制御部制御信号により、コイル部32b1及び導線35b1の接続と、導線35b2及び導線35b1の接続とを切り替える。

[0104] スイッチ部39b3は、導線35b1と、コイル部32b2及び導線35b3との間に設けられている。スイッチ部39b3は、演算部28bと電氣的に接続されている。スイッチ部39b3は、演算部28bの制御部制御信号により、導線35b1及びコイル部32b2の接続と、導線35b1及び導線35b3の接続とを切り替える。

[0105] スイッチ部39b4は、コイル部32b2及び導線35b3と、第1方向性結合部22との間に設けられている。スイッチ部39b4は、演算部28bと電氣的に接続されている。スイッチ部39b4は、演算部28bの制御部制御信号により、コイル部32b2及び第1方向性結合部22の接続と、導線35b3及び第1方向性結合部22の接続とを切り替える。

[0106] 整合部30bは、以上説明したような構成を有するため、演算部28bの制御部制御信号により、スイッチ部を切り替えて、送信回路2と第1方向性結合部22に電氣的に接続されるコイルの数を変化させる。整合部30bは、送信回路2と第1方向性結合部22に接続されるコイルの数を変化させることにより、可変コイルユニット32bの総キャパシタンスを変化させる。整合部30bは、可変コイルユニット32bの総キャパシタンスを変化させることにより、自身のインダクタンスを変化させる。従って、整合部30bは、第1実施形態に係る整合部30と同様に、位相差にも基づいた整合を適切に行うことができる。なお、可変コイルユニット32bは、2つのコイル

により構成されているが、３つ以上のコイルにより構成されていてもよい。

[0107] (第４実施形態)

次に、本発明の第４実施形態について説明する。第４実施形態に係る無線通信装置１ｃは、不整合検出部の構成が第１実施形態に係る無線通信装置１と異なる。より詳しくは、第４実施形態に係る無線通信装置１ｃの不整合検出部２６ｃは、ホモダイン方式により、送信信号と反射信号との振幅比及び位相差を検出する。第４実施形態に係る無線通信装置１ｃは、その他の点で第１実施形態に係る無線通信装置１と構成が共通するため、共通する箇所の説明は省略する。

[0108] 図１３は、第４実施形態に係る不整合検出部の構成を示すブロック図である。図１３に示すように、第４実施形態に係る不整合検出部２６ｃは、位相転位部４３ｃと、第１混合部４４ｃと、第２混合部４５ｃと、フィルタ部４６ｃと、ＡＤ変換部４８ｃと、振幅位相検出部４９ｃと、第１振幅検出部５１ｃと、第２振幅検出部５２ｃと、を有する。

[0109] 第１混合部４４ｃは、第１方向性結合部２２と第２方向性結合部２４とに電氣的に接続されている。第１混合部４４ｃは、第１方向性結合部２２から対応送信信号Ａ１が入力され、第２方向性結合部２４から対応反射信号Ｂ１が入力される。第１混合部４４ｃは、対応送信信号Ａ１と対応反射信号Ｂ１とを混合した電気信号である順混合信号Ｅｃ１を生成する。順混合信号Ｅｃ１は、対応送信信号Ａ１及び対応反射信号Ｂ１の周波数を足し合わせた周波数（ $2 \cdot f_A$ ）を有する波形と、対応送信信号Ａ１の周波数及び対応反射信号Ｂ１の周波数の差の周波数（ゼロ、すなわち直流成分）を有する波形とが重なった波形を有する電気信号である。

[0110] 位相転位部４３ｃは、第２方向性結合部２４に電氣的に接続されている。位相転位部４３ｃは、第２方向性結合部２４から対応反射信号Ｂ１が入力される。位相転位部４３ｃは、対応反射信号Ｂ１の位相を９０度ずらして、位相転位反射信号Ｂ１ｃ'を生成する。なお、位相転位部４３ｃは、対応反射信号Ｂ１の位相を所定の値ずらせばよく、９０度に限定されるわけではない。

。

[0111] 第2混合部45cは、第1方向性結合部22と位相転位部43cとに電氣的に接続されている。第1混合部44cは、第1方向性結合部22から対応送信信号A1が入力され、位相転位部43cから位相転位反射信号B1c'が入力される。第2混合部45cは、対応送信信号A1と位相転位反射信号B1c'とを混合した電気信号である位相転位混合信号Ec1'を生成する。位相転位混合信号Ec1'は、対応送信信号A1及び位相転位反射信号B1c'の周波数を足し合わせた周波数($2 \cdot f_A$)を有する波形と、対応送信信号A1の周波数及び位相転位反射信号B1c'の周波数の差の周波数(ゼロ、すなわち直流成分)を有する波形とが重なった波形を有する電気信号である。

[0112] 第1振幅検出部51cは、第1方向性結合部22と電氣的に接続されている。第1振幅検出部51cは、第1方向性結合部22から対応送信信号A1が入力される。第1振幅検出部51cは、対応送信信号A1をダイオード検波することにより、対応送信信号A1を直流成分の電気信号である送信振幅信号Fc1を生成する。送信振幅信号Fc1は、交流成分である対応送信信号A1をダイオード検波したものである。従って、送信振幅信号Fc1の電圧値は、対応送信信号A1の振幅値に対応する。すなわち、第1振幅検出部51cは、送信振幅信号Fc1を生成することにより、対応送信信号A1の振幅値を検出する。

[0113] 第2振幅検出部52cは、第2方向性結合部24と電氣的に接続されている。第2振幅検出部52cは、第2方向性結合部24から対応反射信号B1が入力される。第1振幅検出部51cは、対応反射信号B1をダイオード検波することにより、対応反射信号B1を直流成分の電気信号である反射振幅信号Fc1'を生成する。反射振幅信号Fc1'は、交流成分である対応反射信号B1をダイオード検波したものである。従って、反射振幅信号Fc1'の電圧値は、対応反射信号B1の振幅値に対応する。すなわち、第2振幅検出部52cは、反射振幅信号Fc1'を生成することにより、対応反射信

号 B 1 の振幅値を検出する。なお、第 2 振幅検出部 5 2 c は、位相転位部 4 3 c に電氣的に接続され、位相転位反射信号 B 1 c' から反射振幅信号 F c 1' を生成するものであってもよい。

[0114] フィルタ部 4 6 c は、第 1 混合部 4 4 c 及び第 2 混合部 4 5 c に電氣的に接続され、順混合信号 E c 1、位相転位混合信号 E c 1' が入力される。フィルタ部 4 6 c は、順混合信号 E c 1 から $2 \cdot f_A$ の周波数を有する波形を除去し、直流成分の電圧信号を有する順比較信号 E c 2 を生成する。フィルタ部 4 6 c は、位相転位混合信号 E c 1' から $2 \cdot f_A$ の周波数を有する波形を除去し、直流成分の電圧信号を有する位相転位比較信号 E c 2' を生成する。

[0115] また、フィルタ部 4 6 c は、第 1 振幅検出部 5 1 c 及び第 2 振幅検出部 5 2 c に電氣的に接続され、送信振幅信号 F c 1 及び反射振幅信号 F c 1' が入力される。送信振幅信号 F c 1 及び反射振幅信号 F c 1' は直流成分であるが、フィルタ部 4 6 c は、送信振幅信号 F c 1 及び反射振幅信号 F c 1' をフィルタリングしてノイズ成分を除去し、送信振幅信号 F c 2 及び反射振幅信号 F c 2' を生成する。

[0116] A/D変換部 4 8 c は、フィルタ部 4 6 c に電氣的に接続されており、順比較信号 E c 2、位相転位比較信号 E c 2' をデジタル信号に変換して、デジタル順比較信号 E c 3、デジタル位相転位比較信号 E c 3' を生成する。

[0117] また、A/D変換部 4 8 c は、送信振幅信号 F c 2 及び反射振幅信号 F c 2' をデジタル信号に変換して、デジタル送信振幅信号 F c 3 及びデジタル反射振幅信号 F c 3' を生成する。

[0118] 振幅位相検出部 4 9 c は、A/D変換部 4 8 c 及び演算部 2 8 c と電氣的に接続されている。振幅位相検出部 4 9 c は、デジタル順比較信号 E c 3 及びデジタル位相転位比較信号 E c 3' が入力される。振幅位相検出部 4 9 c は、デジタル順比較信号 E c 3 の信号値とデジタル位相転位比較信号 E c 3' の信号値とを比較して、送信信号 A と反射信号 B との位相差を検出する。

[0119] また、振幅位相検出部 4 9 c は、デジタル送信振幅信号 F c 3 及びデジタ

ル反射振幅信号 $F_{c3'}$ の振幅値から、送信信号 A と反射信号 B との振幅比を検出する。そして、振幅位相検出部 49c は、送信信号 A と反射信号 B との振幅比及び位相差の情報を有する電気信号である振幅位相情報信号 C_c を演算部 28c に出力する。

[0120] 次に、不整合検出部 26c による送信信号 A と反射信号 B との振幅比及び位相差の検出方法について、フローチャートを用いて説明する。図 14 は、第 4 実施形態に係る不整合検出部による振幅比及び位相差の検出処理を説明したフローチャートである。図 14 に示すように、振幅比及び位相差を検出する場合、最初に、第 1 混合部 44c に、対応送信信号 A1 と対応反射信号 B1 が入力され、位相転位部 43c に、対応反射信号 B1 が入力される。

[0121] 不整合検出部 26c は、第 1 混合部 44c により、対応送信信号 A1 と対応反射信号 B1 とを混合して、順混合信号 E_{c1} を生成する（ステップ S32A）。

[0122] また、不整合検出部 26c は、位相転位部 43c により、対応反射信号 B1 の位相を 90 度ずらして、位相転位反射信号 $B_{1c'}$ を生成する（ステップ S30B）。

[0123] また、位相転位反射信号 $B_{1c'}$ を生成した後、不整合検出部 26c は、第 2 混合部 45c により、対応送信信号 A1 と位相転位反射信号 $B_{1c'}$ とを混合して、位相転位混合信号 $E_{c1'}$ を生成する（ステップ S32B）。なお、ステップ S32A は、ステップ S32B と同時に行われるが、これに限られない。ステップ S32A と、ステップ S30B 及びステップ S32B との処理順序は、任意である。

[0124] また、不整合検出部 26c は、第 1 振幅検出部 51c 及び第 2 振幅検出部 52c により、対応送信信号 A1 及び対応反射信号 B1 をダイオード検波して、送信振幅信号 F_{c1} 及び反射振幅信号 $F_{c1'}$ を生成する（ステップ S33）。より詳しくは、第 1 振幅検出部 51c は、対応送信信号 A1 の振幅値に対応する電圧値を有する直流成分の送信振幅信号 F_{c1} を生成することにより、対応送信信号 A1 の振幅値を検出する。また、第 2 振幅検出部 52c は

、対応反射信号 B 1 の振幅値に対応する電圧値を有する直流成分の反射振幅信号 F c 1' を生成することにより、対応反射信号 B 1 の振幅値を検出する。なお、ステップ S 3 3 は、後述するステップ S 3 4 の前に行われるものであれば、ステップ S 3 0 B、ステップ S 3 2 A、ステップ S 3 2 B の前後又は同時のいずれのタイミングで行われてもよい。

[0125] 順混合信号 E c 1 及び位相転位混合信号 E c 1' と、送信振幅信号 F c 1 及び反射振幅信号 F c 1' とを生成したら、不整合検出部 2 6 c は、フィルタ部 4 6 c により、順混合信号 E c 1 及び位相転位混合信号 E c 1' と、送信振幅信号 F c 1 及び反射振幅信号 F c 1' とをフィルタリングして、順比較信号 E c 2 及び位相転位比較信号 E c 2' と、送信振幅信号 F c 2 及び反射振幅信号 F c 2' とを生成する（ステップ S 3 4）。順比較信号 E c 2 及び位相転位比較信号 E c 2' は、電圧値が変位しない直流電圧成分を有する電気信号である。送信振幅信号 F c 2 及び反射振幅信号 F c 2' も、送信振幅信号 F c 1 及び反射振幅信号 F c 1' からノイズが除去された、直流電圧成分を有する電気信号である。

[0126] 順比較信号 E c 2 及び位相転位比較信号 E c 2' と、送信振幅信号 F c 2 及び反射振幅信号 F c 2' とを生成したら、不整合検出部 2 6 c は、A/D 変換部 4 8 c により、順比較信号 E c 2 及び位相転位比較信号 E c 2' と、送信振幅信号 F c 2 及び反射振幅信号 F c 2' とをデジタル信号に変換して、デジタル順比較信号 E c 3 及びデジタル位相転位比較信号 E c 3' と、デジタル送信振幅信号 F c 3 及びデジタル反射振幅信号 F c 3' とを生成する（ステップ S 3 6）。

[0127] デジタル順比較信号 E c 3 及びデジタル位相転位比較信号 E c 3' と、デジタル送信振幅信号 F c 3 及びデジタル反射振幅信号 F c 3' とを生成したら、不整合検出部 2 6 c は、振幅位相検出部 4 9 c により、送信信号 A と反射信号 B との振幅比及び位相差を算出する（ステップ S 3 8）。振幅位相検出部 4 9 c は、デジタル送信振幅信号 F c 3 及びデジタル反射振幅信号 F c 3' により、送信信号 A と反射信号 B との振幅比を算出する。また、振幅位

相検出部49cは、デジタル順比較信号Ec3及びデジタル位相転位比較信号Ec3'により、送信信号Aと反射信号Bとの位相差を算出する。

[0128] より詳しくは、デジタル送信振幅信号Fc3は、対応送信信号A1の振幅値（すなわち送信信号Aの振幅値）に対応する電圧値を有し、デジタル反射振幅信号Fc3'は、対応反射信号B1の振幅値（すなわち反射信号Bの振幅値）に対応する電圧値を有する。さらに詳しくは、本実施形態においては、デジタル送信振幅信号Fc3の電圧値は、送信信号Aの振幅値と同じ値であり、デジタル反射振幅信号Fc3'の電圧値は、反射信号Bの振幅値と同じ値である。従って、振幅位相検出部49cは、デジタル送信振幅信号Fc3の電圧値とデジタル反射振幅信号Fc3'の電圧値とから、送信信号Aと反射信号Bとの振幅比を算出することができる。振幅位相検出部49cは、デジタル送信振幅信号Fc3の電圧値（すなわち送信信号Aの振幅値）を I_A とし、デジタル反射振幅信号Fc3'の電圧値（すなわち反射信号Bの振幅値）を I_B としたとき、次の式（5）により、振幅比 P_{BA} を算出する。

[0129]
$$P_{BA} = I_B / I_A \quad \dots (5)$$

[0130] 図15は、送信信号と反射信号との電圧波形を示すグラフである。図15の横軸は時間であり、縦軸は電圧（V）である。図15の波形Wは、デジタル順比較信号Ec3の電圧値を時間毎にプロットした場合における、デジタル順比較信号Ec3の電圧波形の一例である。図15の波形W'は、デジタル位相転位比較信号Ec3'の電圧値を時間毎にプロットした場合における、デジタル位相転位比較信号Ec3'の電圧波形の一例である。なお、デジタル順比較信号Ec3及びデジタル位相転位比較信号Ec3'は、電圧値が変位しない直流電圧成分を有する電気信号であるため、波形W、W'は、直線となる。

[0131] 不整合検出部26cは、振幅位相検出部49cにより、図15に示すようなデジタル順比較信号Ec3の波形W及びデジタル位相転位比較信号Ec3'の波形W'を生成する。不整合検出部26cは、振幅位相検出部49cにより、波形W及び波形W'に基づいて、デジタル順比較信号Ec3の電圧値

である順電圧値 H_c と、デジタル位相転位比較信号 $E_{c3'}$ の電圧値である位相転位電圧値 $H_{c'}$ とを検出する。不整合検出部26cは、振幅位相検出部49cにより、順電圧値 H_c と位相転位電圧値 $H_{c'}$ とに基づき、次の式(6)により、位相差 θ_{BA} を算出する。

[0132] $\theta_{BA} = \arctan 2 (H_c, H_{c'}) \cdots (6)$

[0133] 不整合検出部26cは、振幅位相検出部49cにより、算出した送信信号Aと反射信号Bとの振幅比 P_{BA} と、送信信号Aと反射信号Bとの位相差 θ_{BA} との情報を有する電気信号である振幅位相情報信号Ccを生成して、演算部28cに出力する。これにより、不整合検出部26cによる送信信号Aと反射信号Bとの振幅比及び位相差の検出処理は終了する。なお、不整合検出部26cは、波形W、W'を作成しなくてもよく、デジタル順比較信号 E_{c3} の電圧値と、デジタル位相転位比較信号 $E_{c3'}$ の電圧値とを読み取ることで、順電圧値 H_c と位相転位電圧値 $H_{c'}$ とを検出してもよい。

[0134] 以上のように、第4実施形態に係る不整合検出部26cは、ホモダイン方式により送信信号Aと反射信号Bとの周波数を変換して、振幅比 P_{BA} 、位相差 θ_{BA} を検出している。従って、不整合検出部26cは、局部発振器を設けることなく、高精度に振幅比 P_{BA} 、位相差 θ_{BA} を検出することができる。

[0135] (第5実施形態)

次に、本発明の第5実施形態について説明する。第5実施形態に係る無線通信装置1dは、反射信号Bの電圧振幅値に基づいて、整合処理を行うかを判断する点で、第1実施形態に係る無線通信装置1と異なる。第5実施形態に係る無線通信装置1dは、その他の点で第1実施形態に係る無線通信装置1と構成が共通するため、共通する箇所の説明は省略する。

[0136] 図16は、第5実施形態に係る無線通信装置の構成を示すブロック図である。第5実施形態に係る無線通信装置1dは、受信回路6と、演算部28dと、受信確認部60dとを有する。詳しくは後述するが、演算部28dは、反射信号Bの電圧振幅値に基づいて、整合処理を行うかを判断する。受信確認部60dは、演算部28dに電氣的に接続されている。受信確認部60d

は、無線通信装置 1 d が、RF タグ 100 から受信信号を受信しているかを確認して、その確認結果を演算部 28 d に伝達する。

[0137] ここで、アンテナ 4 から送信回路 2 に向かう信号は、送信信号 A に対応する反射信号 B に限られない。例えば無線通信装置 1 d の周囲に、壁 101 などの物体がある場合、アンテナ 4 から無線送信された送信信号 A が周囲の物体によって反射され、周囲の物体によって反射された副反射信号が、アンテナ 4 に受信される場合がある。アンテナ 4 に受信された副反射信号は、アンテナ 4 から送信回路 2 に向かう。この場合、不整合検出部 26 は、副反射信号についても反射信号 B として検出してしまい、不整合抑制処理が適切に行われない場合がある。

[0138] アンテナ 4 にこのような副反射信号が入力されると、不整合検出部 26 が検出する反射信号 B は、振幅が大きくなる。従って、演算部 28 d は、不整合検出部 26 が検出した反射信号 B の電圧ピーク値である反射信号ピーク値 H_B が所定の値（振幅閾値）より大きい場合には、受信信号又は副反射信号等が入力されていると判断して、整合処理を中止させる。

[0139] ただし、無線通信装置 1 d が、所定の箇所に配置され、周囲に壁 101 等がある環境下で使用される場合は、常にこの壁 101 等による副反射信号が入力されることになる。この場合、無線通信装置 1 d は、この副反射信号を含んだ反射信号に基づいて、整合処理を行うことが好ましい。従って、演算部 28 d は、反射信号ピーク値 H_B が振幅閾値より大きい場合であっても、その反射信号ピーク値 H_B の値が所定の時間一定である場合は、副反射信号を含んだ反射信号に基づいて、整合処理を行わせる。

[0140] 以上説明した、周囲の物質の干渉に応じて整合処理を行うかを判断する処理について、フローチャートに基づいて説明する。図 17 は、整合処理を行うかを判断する処理を説明するフローチャートである。図 17 に示すように、演算部 28 d は、不整合検出部 26 が検出した反射信号 B の振幅値が、所定の振幅閾値より大きいかを判断する（ステップ S42）。より詳しくは、演算部 28 d は、不整合検出部 26 が検出した反射信号ピーク値 H_B が振幅

閾値より大きいかを判断する。ここで、所定の振幅閾値は、例えば、送信信号 A の振幅値（送信信号ピーク値 H_A ）の 10% 以上の値であることが好ましい。

[0141] 反射信号 B の振幅値が、所定の振幅閾値より大きい場合（ステップ S 4 2 で Y e s）、演算部 2 8 d は、この反射信号 B の振幅値をモニターして、反射信号 B の振幅値が所定の時間一定であるかを確認する（ステップ S 4 4）。なお、演算部 2 8 d は、反射信号 B の振幅値（反射信号ピーク値 H_B ）が所定の範囲で変動しても、反射信号 B の振幅値（反射信号ピーク値 H_B ）は一定であると判断する。この所定の範囲は、例えば、反射信号 B の振幅値（反射信号ピーク値 H_B ）がステップ S 4 2 における所定の振幅閾値を下回らない範囲である。

[0142] 反射信号 B の振幅値が所定の時間一定であると判断した場合（ステップ S 4 4 で Y e s）、演算部 2 8 d は、整合部 3 0 に整合処理を行わせる（ステップ S 4 6）。また、反射信号 B の振幅値が所定の時間一定でないと判断した場合（ステップ S 4 4 で N o）、演算部 2 8 d は、整合処理を中止させる。反射信号 B の振幅値（反射信号ピーク値 H_B ）が一定である場合は、常に同じ値の副反射信号が入力されており、無線通信装置 1 d が所定の箇所に定常的に配置されていると考えられる。そのため、演算部 2 8 d は、反射信号 B の振幅値が一定である場合は、この副反射信号を含んでいると考えられる反射信号に基づいて、整合処理を行わせる。また、反射信号 B の振幅値（反射信号ピーク値 H_B ）が一定でない場合は、副反射信号が変動しているため、無線通信装置 1 d が所定の箇所に定常的に配置されているわけではないと考えられる。そのため、演算部 2 8 d は、副反射信号を含むと考えられるこの反射信号に基づいた整合処理を行うことを中止させる。なお、反射信号 B の振幅値が、所定の振幅閾値より大きくない場合（ステップ S 4 2 で N o）、ステップ S 4 6 に進み、演算部 2 8 d は、整合処理を行わせる。

[0143] このように、第 5 実施形態に係る演算部 2 8 d は、反射信号 B の振幅値が所定の振幅閾値より大きい場合、反射信号に副反射信号が含まれているとし

て、整合部30のインピーダンス変化を行わず、整合処理を中止させる。従って、第5実施形態に係る無線通信装置1dは、例えば副反射信号により整合処理が不適切に行われることを抑制し、アンテナの入力インピーダンスと送信回路の出力インピーダンスとの不整合を適切に抑制することができる。

[0144] また、例えば、無線通信装置1dが受信回路6を有している場合、RFタグ100からの信号である受信信号が、アンテナ4に受信される場合がある。アンテナ4に受信された受信信号も、アンテナ4から送信回路2に向かう。この場合、不整合検出部26は、受信信号についても反射信号Bとして検出してしまい、不整合抑制処理が適切に行われない場合がある。

[0145] ここで、受信確認部60dは、無線通信装置1dが、RFタグ100から受信信号を受信しているかを確認する。受信確認部60dは、受信信号を受信しているかの確認結果を演算部28dに伝達する。演算部28dは、受信信号を受信している場合には、整合処理を中止させる。すなわち、演算部28dは、無線通信装置1dがRFタグ100等の通信対象からの受信信号を受信している場合は、整合部30によるインピーダンスの変化を中止させる。従って、第5実施形態に係る無線通信装置1dは、例えば受信信号により整合処理が不適切に行われることを抑制し、アンテナの入力インピーダンスと送信回路の出力インピーダンスとの不整合を適切に抑制することができる。

[0146] (第6実施形態)

次に、本発明の第6実施形態について説明する。第6実施形態に係る無線通信装置1eは、不整合検出ユニットが配置される箇所が、第1実施形態に係る無線通信装置1と異なる。第6実施形態に係る無線通信装置1eは、その他の点で第1実施形態に係る無線通信装置1と構成が共通するため、共通する箇所の説明は省略する。図18は、第6実施形態に係る無線通信装置の構成を示すブロック図である。

[0147] 図18に示すように、第6実施形態に係る無線通信装置1eが有する整合

回路 10e は、不整合検出ユニット 20e が、送信回路 2 と整合部 30e との間に設けられている。不整合検出ユニット 20e は、整合部 30e を介して、アンテナ 4 と電氣的に接続されている。また、無線通信装置 1e は、受信回路 6 も有している。

[0148] 第 1 実施形態に係る無線通信装置 1 において、反射信号 B は、整合部 30 を通過する前に（整合部 30 の上流で）、不整合検出ユニット 20 に入力される。一方、第 6 実施形態に係る無線通信装置 1e においては、反射信号 Be は、整合部 30e を通過した後（整合部 30 の下流で）、不整合検出ユニット 20e に入力される。従って、第 6 実施形態に係る不整合検出ユニット 20e は、より受信回路 6 に近い位置での反射信号に基づいて振幅及び位相差を検出する。従って、第 6 実施形態に係る無線通信装置 1e は、受信回路 6 に反射される反射信号を、より適切に低減することができる。なお、無線通信装置 1e は、受信回路 6 を有していなくてもよい。この場合においても、不整合検出ユニット 20e は、送信回路 2 により近い位置での反射信号に基づいて振幅及び位相差を検出する。従って、無線通信装置 1e は、例えば整合に応じて反射信号が大きくなりすぎることを抑制することができる。

[0149] （第 7 実施形態）

次に、本発明の第 7 実施形態について説明する。第 7 実施形態に係る無線通信装置 1f は、不整合検出ユニットが複数配置される点で、第 1 実施形態に係る無線通信装置 1 と異なる。第 7 実施形態に係る無線通信装置 1f は、その他の点で第 1 実施形態に係る無線通信装置 1 と構成が共通するため、共通する箇所の説明は省略する。図 19 は、第 7 実施形態に係る無線通信装置の構成を示すブロック図である。

[0150] 図 19 に示すように、第 7 実施形態に係る無線通信装置 1f が有する整合回路 10f は、第 1 不整合検出ユニット 20f1 と、第 2 不整合検出ユニット 20f2 とを有する。第 1 不整合検出ユニット 20f1 は、整合部 30f とアンテナ 4 との間に設けられる。第 1 不整合検出ユニット 20f1 は、整合部 30f を介して、送信回路 2 と電氣的に接続されている。第 2 不整合検

出ユニット 20 f 2 は、送信回路 2 と整合部 30 f との間に設けられる。第 2 不整合検出ユニット 20 f 2 は、整合部 30 f を介して、アンテナ 4 と電氣的に接続されている。第 1 不整合検出ユニット 20 f 1 と、第 2 不整合検出ユニット 20 f 2 とは、それぞれ演算部 28 f と電氣的に接続されている。また、無線通信装置 1 f は、受信回路 6 を有する。

[0151] 第 1 不整合検出ユニット 20 f 1 は、第 1 方向性結合部 22 f 1、第 2 方向性結合部 24 f 1、不整合検出部 26 f 1 を有する。第 1 不整合検出ユニット 20 f 1 の不整合検出部 26 f 1 は、整合部 30 f を通過した後（整合部 30 f の下流）の送信信号 A f 1 が入力される。また、第 1 不整合検出ユニット 20 f 1 の不整合検出部 26 f 1 は、整合部 30 f を通過する前（整合部 30 f の上流）の反射信号 B f 1 が入力される。すなわち、第 1 不整合検出ユニット 20 f 1 の不整合検出部 26 f 1 は、アンテナ 4 に近い位置での送信信号 A f 1、反射信号 B f 1 が入力される。演算部 28 f は、その送信信号 A f 1、反射信号 B f 1 に基づいて反射係数 $\gamma_e 1$ を算出する。

[0152] 第 2 不整合検出ユニット 20 f 2 は、第 1 方向性結合部 22 f 2、第 2 方向性結合部 24 f 2、不整合検出部 26 f 2 を有する。第 2 不整合検出ユニット 20 f 2 の不整合検出部 26 f 2 は、整合部 30 f を通過する前（整合部 30 f の上流）の送信信号 A f 2 が入力される。また、第 2 不整合検出ユニット 20 f 2 の不整合検出部 26 f 2 は、整合部 30 f を通過した後（整合部 30 f の下流）の反射信号 B f 2 が入力される。すなわち、第 2 不整合検出ユニット 20 f 2 の不整合検出部 26 f 2 は、受信回路 6 に近い位置での送信信号 A f 2、反射信号 B f 2 が入力される。演算部 28 f は、その送信信号 A f 2、反射信号 B f 2 に基づいて反射係数 $\gamma_e 2$ を算出する。

[0153] 演算部 28 f は、算出した反射係数 $\gamma_e 1$ 、反射係数 $\gamma_e 2$ に基づいて、整合部 30 f のインピーダンスを制御して整合処理を行う。演算部 28 f は、例えば、反射係数 $\gamma_e 1$ 、反射係数 $\gamma_e 2$ を所定の割合で平均処理して、平均反射係数 $\gamma_e 3$ を算出して、平均反射係数 $\gamma_e 3$ に基づき、整合部 30 f のインピーダンスを制御する。なお、演算部 28 f は、算出した反射係数

$\gamma e 1$ 、反射係数 $\gamma e 2$ に基づいて整合処理を行うものであれば、平均反射係数 $\gamma e 3$ に基づいて整合処理を行うものに限られない。

[0154] このように、第 7 実施形態に係る無線通信装置 1 f は、アンテナ 4 に近い位置での送信信号 A f 1、反射信号 B f 1 と、受信回路 6 に近い位置での送信信号 A f 2、反射信号 B f 2 とに基づいて整合処理を行う。送信信号 A f 1、反射信号 B f 1 に基づいて整合処理を行った場合は、アンテナ 4 に近い位置の信号に基づき制御することになるため、整合処理後の送信信号を安定させることができる。また、送信信号 A f 2、反射信号 B f 2 に基づいて整合処理を行った場合は、受信回路 6 に近い位置の信号に基づき制御することになるため、受信回路 6 に反射される反射信号を、より適切に低減することができる。第 7 実施形態に係る無線通信装置 1 f は、送信信号 A f 1、反射信号 B f 1 と、送信信号 A f 2、反射信号 B f 2 とに基づいて整合処理を行うため、送信信号を安定させつつ、受信回路 6 に反射される反射信号を適切に低減することができる。

[0155] なお、無線通信装置 1 f は、受信回路 6 を有していなくてもよい。この場合、送信信号 A f 2、反射信号 B f 2 は、送信回路 2 に近い位置の信号といえる。従って、無線通信装置 1 f は、送信信号を安定させつつ、整合に応じて反射信号が大きくなりすぎることを抑制することができる。

[0156] 以上、本発明の実施形態を説明したが、これらの実施形態の内容によりこれらの実施形態が限定されるものではない。また、前述した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。さらに、前述した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。さらに、前述した実施形態等の要旨を逸脱しない範囲で構成要素の種々の省略、置換又は変更を行うことができる。

符号の説明

[0157] 1、1 a、1 b、1 c、1 d、1 e、1 f 無線通信装置
2 送信回路
4 アンテナ

6 受信回路

10、10e、10f 整合回路

20、20e 不整合検出ユニット

20f1 第1不整合検出ユニット

20f2 第2不整合検出ユニット

22 第1方向性結合部

24 第2方向性結合部

26、26c、26f1、26f2 不整合検出部

28、28a、28b、28c、28d、28f 演算部

30、30a、30b、30e、30f 整合部

32 可変コイル

32A、32b1、32b2 コイル部

32B、37a1、37a2、38a1、38a2、39b1、39b2、
39b3、39b4、 スイッチ部

32b 可変コイルユニット

32A0、32A1、32A2、32A3、32A4 接点

34、36 可変コンデンサ

34a1、34a2、36a1、36a2 コンデンサ

34a、36a 可変コンデンサユニット

34A、34B、36A、36B 接続部

35b1、35b2、35b3 導線

42 局部発振器

43c 位相転位部

44、44c 第1混合部

45、45c 第2混合部

46、46c フィルタ部

48、48c AD変換部

49、49c 振幅位相検出部

5 1 c 第 1 振幅検出部
5 2 c 第 2 振幅検出部
6 0 d 受信確認部
1 0 0 R F タグ
1 0 1 壁
A 送信信号
A 1 対応送信信号
A 2 混合送信信号
A 3 比較送信信号
A 4 デジタル比較送信信号
A 4 W、B 4 W、W、W' 波形
A f 1、A f 2 送信信号
B 反射信号
B 1 対応反射信号
B 1 c' 位相転位反射信号
B 2 混合反射信号
B 3 比較反射信号
B 4 デジタル比較反射信号
B f 1、B f 2 反射信号
C、C c 振幅位相情報信号
C R 1、C R 2、C R 3 円
D 整合部制御信号
D 1 インダクタンス制御信号
D 2、D 3 キャパシタンス制御信号
E c 1 順混合信号
E c 1' 位相転位混合信号
E c 2 順比較信号
E c 2' 位相転位比較信号

E_{c3} デジタル順比較信号
 $E_{c3'}$ デジタル位相転位比較信号
 F_{c1} 、 F_{c2} 送信振幅信号
 $F_{c1'}$ 、 $F_{c2'}$ 反射振幅信号
 F_{c3} デジタル送信振幅信号
 $F_{c3'}$ デジタル反射振幅信号
 H_A 送信信号ピーク値
 H_B 反射信号ピーク値
 H_c 順電圧値
 $H_{c'}$ 位相転位電圧値
 P_{BA} 振幅比
 S 局部電気信号
 T_A 、 T_B ピーク時間
 γ 、 γ_{e1} 、 γ_{e2} 反射係数
 γ_{e3} 平均反射係数
 θ_{BA} 位相差

請求の範囲

[請求項1] 送信信号を生成する送信回路及び前記送信信号を無線送信するアンテナに電氣的に接続される不整合検出ユニットと、前記不整合検出ユニットに電氣的に接続される演算部と、前記演算部及び前記送信回路に電氣的に接続される整合部と、を有し、

前記不整合検出ユニットは、前記送信回路からの前記送信信号に対応した信号である対応送信信号を生成する第1方向性結合部と、前記送信信号に応じて前記アンテナから前記送信回路へ反射される電気信号である反射信号に対応する信号である対応反射信号を生成する第2方向性結合部と、前記対応送信信号と前記対応反射信号に基づいて、前記送信信号と前記反射信号との振幅比及び位相差を検出する不整合検出部と、を有し、

前記演算部は、前記不整合検出部が検出した前記送信信号と前記反射信号との振幅比及び位相差に基づき、前記整合部に整合部制御信号を送信し、

前記整合部は、前記整合部制御信号に基づいてインピーダンスを変化させることにより、前記反射信号の信号値を変化させる、

整合回路。

[請求項2] 前記演算部は、前記送信信号と前記反射信号との振幅比及び位相差に基づいて算出され、前記送信信号と前記反射信号との信号値の比率を示す反射係数に基づいて前記整合部制御信号を生成する、請求項1に記載の整合回路。

[請求項3] 前記整合部は、インダクタンスを変化可能な可変インダクタンス部とキャパシタンスを変化可能な可変キャパシタンス部とを有し、前記可変インダクタンス部のインダクタンス及び前記可変キャパシタンス部のキャパシタンスを変化させることにより、前記インピーダンスを変化させる、請求項1又は請求項2に記載の整合回路。

[請求項4] 前記可変インダクタンス部は、前記送信回路と前記アンテナとの間

に電氣的に接続され、

前記可変キャパシタンス部は、第1可変キャパシタンス部と第2可変キャパシタンス部との複数設けられ、

前記第1可変キャパシタンス部は、一方の接続部が前記可変インダクタンス部と前記送信部との間に電氣的に接続され、他方の接続部が接地されており、

前記第2可変キャパシタンス部は、一方の接続部が前記可変インダクタンス部と前記アンテナとの間に電氣的に接続され、他方の接続部が接地されている、請求項3に記載の整合回路。

[請求項5] 前記可変キャパシタンス部は、印加される電圧に応じて前記キャパシタンスを連続的に変化させる、請求項3又は請求項4に記載の整合回路。

[請求項6] 前記整合部は、前記第1可変キャパシタンス部が複数並列に接続され、前記第2可変キャパシタンス部が複数並列に接続され、さらに、複数の前記第1可変キャパシタンス部及び複数の前記第2可変キャパシタンス部の接続をそれぞれ切り替えるキャパシタンススイッチ部を有し、

前記演算部は、前記キャパシタンススイッチ部を制御することにより、複数の前記第1可変キャパシタンス部及び複数の前記第2可変キャパシタンス部を接地させて、複数の前記第1可変キャパシタンス部及び複数の前記第2可変キャパシタンス部の合計キャパシタンスを変化させる、請求項3又は請求項4に記載の整合回路。

[請求項7] 前記整合部は、複数の前記可変インダクタンス部と、複数の前記可変インダクタンス部と前記送信回路及び前記アンテナとの接続をそれぞれ切り替えるインダクタンススイッチ部とを有し、前記インダクタンススイッチ部により前記接続を切り替えることにより、複数の前記可変インダクタンス部の合計インダクタンスを変化させる、請求項3から請求項6のいずれか1項に記載の整合回路。

[請求項8] 前記不整合検出部は、
所定の周波数を有する局部発振信号を発信する局部発振器と、
前記第1方向性結合部及び前記局部発振器に電氣的に接続されて、
前記局部発振信号と前記対応送信信号との信号値を混合して混合送信
信号を生成する第1混合部と、
前記第2方向性結合部及び前記局部発振器に電氣的に接続されて、
局部発振信号と前記対応反射信号との信号値を混合して混合反射信号
を生成する第2混合部と、
前記混合送信信号と前記混合反射信号とを比較することにより、前
記送信信号と前記反射信号との振幅比及び位相差を検出する振幅位相
検出部と、を有する請求項1から請求項7のいずれか1項に記載の整
合回路。

[請求項9] 前記不整合検出部は、
前記第1方向性結合部及び前記第2方向性結合部に電氣的に接続さ
れ、前記対応送信信号と前記対応反射信号との信号値を混合して順混
合信号を生成する第1混合部と、
前記対応送信信号の振幅と前記対応反射信号の振幅とを検出する振
幅検出部と、
前記第1方向性結合部及び前記第2方向性結合部に電氣的に接続さ
れ、前記対応送信信号と前記対応反射信号のうちいずれか一方の位相
をずらして互いを混合して、位相転位混合信号を生成する第2混合部
と、
前記対応送信信号の振幅及び前記対応反射信号の振幅から前記送信
信号と前記反射信号との振幅比を検出し、前記順混合信号と前記位相
転位混合信号とを比較することにより前記送信信号と前記反射信号と
の位相差を検出する振幅位相検出部と、を有する、請求項1から請求
項7のいずれか1項に記載の整合回路。

[請求項10] 前記反射信号の振幅が所定の閾値以上である場合は、前記整合部に

よる前記インピーダンスの変化を中止させる、請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の整合回路。

[請求項11] 前記整合回路は、前記アンテナが受信した受信信号が入力され前記アンテナから前記反射信号が反射される受信回路と電氣的に接続される、請求項 1 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の整合回路。

[請求項12] 前記整合部は、前記送信回路と前記アンテナとの間に設けられ、
前記不整合検出ユニットは、前記整合部と前記アンテナとの間に設けられ、前記整合部を介して前記送信回路と接続される、請求項 1 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載の整合回路。

[請求項13] 前記整合部は、前記送信回路と前記アンテナとの間に設けられ、
前記不整合検出ユニットは、前記送信回路と前記整合部との間に設けられ、前記整合部を介して前記アンテナと接続される、請求項 1 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載の整合回路。

[請求項14] 前記整合部は、前記送信回路と前記アンテナとの間に設けられ、
前記不整合検出ユニットは、第 1 不整合検出ユニットと第 2 不整合検出ユニットとの複数設けられ、
前記第 1 不整合検出ユニットは、前記整合部と前記アンテナとの間に設けられ、前記整合部を介して前記送信回路と接続されており、
前記第 2 不整合検出ユニットは、前記送信回路と前記整合部との間に設けられ、前記整合部を介して前記アンテナと接続される、請求項 1 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載の整合回路。

[請求項15] 請求項 1 から請求項 14 のいずれか 1 項に記載の整合回路と、前記整合回路と電氣的に接続され前記送信信号を生成する送信回路と、前記整合回路と電氣的に接続され前記送信信号を無線送信するアンテナと、を有する無線通信装置。