

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3544295号

(P3544295)

(45) 発行日 平成16年7月21日(2004.7.21)

(24) 登録日 平成16年4月16日(2004.4.16)

(51) Int.Cl.⁷

F I

H 0 4 B 1/59

H 0 4 B 1/59

G 0 1 S 17/58

G 0 1 S 17/58

請求項の数 5 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願平10-10029	(73) 特許権者	596092698
(22) 出願日	平成10年1月5日(1998.1.5)		ルーセント テクノロジーズ インコーポ
(65) 公開番号	特開平11-136161		レーテッド
(43) 公開日	平成11年5月21日(1999.5.21)		アメリカ合衆国、07974-0636
審査請求日	平成11年4月5日(1999.4.5)		ニュージャージー、マレイ ヒル、マウン
(31) 優先権主張番号	08/777771		テン アヴェニュー 600
(32) 優先日	平成8年12月31日(1996.12.31)	(74) 代理人	100064447
(33) 優先権主張国	米国(US)		弁理士 岡部 正夫
前置審査		(74) 代理人	100085176
			弁理士 加藤 伸晃
		(74) 代理人	100106703
			弁理士 産形 和央
		(74) 代理人	100096943
			弁理士 臼井 伸一
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 変調ボックスキャッタシステムおよび変調ボックスキャッタシステムトランスポンダ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

(A) 第1送信信号を受信し、サブキャリア信号を用いて反射第1送信信号を変調するトランスポンダと、

(B) 前記第1送信信号を送信する送信器及び前記反射第1送信信号を受信する受信器を有するインテロゲータと

を有し、

このインテロゲータは、

(B1) 前記反射第1送信信号から受信サブキャリア信号を獲得するサブ搬送復調器と、

(B2) 前記受信サブキャリア信号を解析し、前記トランスポンダの運動を測定するプロセッサと

を有することを特徴とする変調ボックスキャッタシステム。

【請求項2】

(C) 第1周波数で前記第1送信信号を送信する第1インテロゲータと、

(D) 第2周波数で前記第2送信信号を送信する第2インテロゲータと

を有し、

前記第1及び第2周波数は異なり、前記トランスポンダは、前記第2送信信号を受信し、前記サブキャリア信号を用いて反射第2送信信号を変調する

ことを特徴とする請求項1のシステム。

【請求項 3】

前記復調器は、前記受信サブキャリア信号を得るために、前記反射第 1 送信信号を別の信号と混合するミキサを有することを特徴とする請求項 1 のシステム。

【請求項 4】

前記復調器は、ホモダイン復調器であることを特徴とする請求項 1 のシステム。

【請求項 5】

前記サブキャリア復調器は、前記受信サブキャリア信号と前記サブキャリア信号の間の周波数差を決めるプロセッサを有することを特徴とする請求項 1 のシステム。

10

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

この発明は、無線通信システムに関し、特に、変調バックスキャッタ技術を用いた無線通信システムに関する。

【0002】**【従来の技術】**

機械、在庫品又は生き物を識別したりその動きをチェックする目的で、無線周波数識別（RFID）システムが利用されている。RFIDシステムは、質問器（インタロゲータ）と呼ばれる一つの無線送受信器と、タグと呼ばれる多数の安価な装置との間で通信する無線通信システムである。

20

【0003】

RFIDシステムでは、変調無線信号を使用して質問器からタグへ通信し、タグは変調無線信号により応答する。質問器は、タグにメッセージを送った（ダウンリンクと呼ばれる）後に、連続波（CW）無線信号をタグに送る。それからタグは、変調バックスキャッタ（MBS）を用いてそのCWを変調する。このMBSでは、アンテナは、変調信号により、RF（無線周波数）放射の吸収体の状態からRF放射の反射体の状態に電子的にスイッチ操作される。この変調バックスキャッタにより、タグから質問器への通信（アップリンクと呼ばれる）が可能になっている。

30

【0004】**【発明が解決しようとする課題】**

従来のMBSシステムは、（a）質問器の領域へと通過する物体を識別するため、及び（b）タグ上にデータを記憶し後にそのタグからデータを取り出して、目録を管理したり他の有用なアプリケーションを行う。

【0005】

装置の現在の状態をモニタリングするためにセンサーが用いられる。センサーを用いた例としては、温度、圧力、又は機械的・生物学的装置の他の特性をモニタリングするために用いられる。温度、圧力等を測定できる高価でないセンサーをマイクロプロセッサに取り付けて使うことができるほどにセンサー技術は進歩している。しかし、これらのセンサーは中央制御装置へとその結果を報告しなければならない。

40

【0006】

別のセンサーにおいては、基地装置（質問器）に対するセンサー（タグ）の相対的速度を知るために用いられる。例えば、電子料金回収システムにおいては、タグを識別するだけでなく、タグへデータを記憶しそれを取り出すことのみではなく、タグの速度を判断すること（例として、速度超過していること）が重要となる。

【0007】

セキュリティアクセスにおいては、タグを有する物体を識別し、タグの速度を判断し、また、タグが存在するかに関わらずタグの運動が読みとりフィールドの範囲内にあるかを判断することは有用である。

50

【0008】

セキュリティのアプリケーション以前に、他のアプリケーションもセンサーの出力をモニタリングする能力を必要とする。例えば、ポンプは、通常動作時においては特定の振動「兆候」を示すが、異常動作時には他の振動「兆候」を示す。ポンプの振動兆候が通常状態から異常状態へと変わる時を確かめることが重要となる。

【0009】

本発明の幾つかの実施例においては、質問器に対するタグの相対的速度を決める機能、タグが存在していないときでも運動が読みとりフィールド内にあるかを判断する機能、タグに付いている装置（ポンプ等）の振動兆候を決める機能等を行うMBS RFIDシステムを用いる方法を開示する。

10

【0010】

この方法においては、1以上の質問器を有する高価でないRFID網を、RFID機能、センサー機能、運動検出、及びセンサーデータ解析機能を行う手段により構築できる。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明の一実施例において、無線通信システムは、無線信号を生成、送信する質問器を有する。無線通信システム内には1以上のタグ（トランスポンダ）が含まれる。バックスキヤッタ変調器は、サブ搬送信号を用いて無線信号の反射を変調し、これにより反射された変調信号を形成する。質問器はこの反射変調信号を受信し復調する。

【0012】

20

この復調された信号の特性に基づき、質問器はタグの識別情報、及び質問器に対するタグの相対的速度を判断することができる。また、質問器は、その質問器の周囲にて運動があるかどうかをタグが存在していなくても、別の運動検出システムを必要とせずに、判断できる。また、復調信号の特性により、振動周波数のようなタグの運動の特性を判断するのに用いることができる。

【0013】

別の実施例においては、質問器は1以上のタグへと第1情報信号を送信してどのタグがバックスキヤッタ変調手段を用いて応答すべきかを指定し、特定のタグの特性のみが判断される。更なる別の実施例においては、タグはアナログデータを入力して、そのデータのA/D変換を行う。このデータは次に、変調されたバックスキヤッタを用いて質問器へと送信される。代わりに、このデータはタグで行われる計算への入力して用いて、そのアナログ入力の周波数特性を解析する。またタグは、これらの計算に基づいて、異常状態を識別してその存在を質問器へ知らせる。

30

【0014】

【発明の実施の形態】

本発明は、RFIDタグの識別情報を得るような従来のRFID能力と、運動及び速度の判断を統合する方法を提供する。RFID質問器は、タグからの反射MBS信号に基づいてタグの特定の特性（例えば、質問器に対する相対速度、タグが振動する物体に取り付けられている場合の振動特性）を判断できる。

【0015】

40

MBS動作

図1は、この発明を適用を示すのに適したRFIDシステムの一実施例の全体ブロック図を示すものである。アプリケーションプロセッサ101は、ローカルエリアネットワーク（LAN）102を介して複数の質問器103、104に通信する。質問器それぞれはさらに、タグ105～107のうちの一つ又は複数と通信する。たとえば、質問器103は、情報信号を、たとえばアプリケーションプロセッサ101から受信する。質問器103はこの情報信号を取り入れ、プロセッサ200（図2参照）は、タグに送信するのに適した形式のダウンリンク・メッセージ（情報信号200a）を生成する。

【0016】

図1及び図2において、無線信号源201は無線信号を合成し、変調器202はその無線

50

信号に乗せて情報信号 200a を変調し、送信器 203 はこの変調された信号をアンテナ 204 を通じてタグに送信する。変調には、たとえば振幅変調が使用される。振幅変調がよく使用される理由は、振幅変調にすると、タグが信号を復調する場合に一つの安価な非直線デバイス（たとえばダイオード）だけでできるからである。

【0017】

タグ 105（図 3 参照）では、アンテナ 301（通常、ループアンテナ又はパッチアンテナ）が変調信号を受信する。この信号は、検出器／変調器 302 によって直接にベースバンドに復調される。検出器／変調器 302 は、たとえば一つのショットキー・ダイオードである。ダイオード検出器の出力は入力信号の直接のベースバンドの復調にほぼなっている。

10

【0018】

それから情報信号 200a はアンプ 303 によって増幅され、クロック回復回路 304 で同期回復される。もし大量のデータがフレームで伝送されれば、フレーム同期は例えば、フレームの開始を示す所定のビットパターンを検出することにより行われる。このビットパターンはクロック回復回路 304 やプロセッサ 305 により検出される。このようなビットパターン検出は周知である。また、マンチェスタ符号化データからクロックを回復する回路のようなクロック回復回路は周知である。クロック回復回路 304 の出力情報はプロセッサ 305 へと送られる。

【0019】

プロセッサ 305 は典型的には安価な 4 ビット又は 8 ビットのマイクロプロセッサ及びその関連づけられたメモリであり、これは、実行する特定のプログラムに基づいて情報信号 306 を生成する。情報信号 306 は結局はタグ 105 から戻って質問器（例えば 103）へと送られる。

20

【0020】

情報信号 306 は変調器制御回路 307 に送られる。変調器制御回路 307 は、情報信号（変調信号）306 でサブ搬送周波数源 308 で生成されたサブ搬送周波数（搬送波）を変調して変調サブ搬送信号（被変調信号）311 を作る。周波数源 308 は、たとえばプロセッサ 305 とは別個の水晶発振器、又は水晶発振器の出力から得られた信号でもよく、また、プロセッサ 305 の内部にある信号から得られた周波数源（たとえばプロセッサ 305 の基本クロック周波数）であってもよい。

30

【0021】

変調サブ搬送信号 311 は、検出器／変調器 302 が、タグ 105 から受信した RF 信号を変調して変調バックスキッタ信号（たとえば反射信号）を生成するのに使用される。これは例えば、変調サブ搬送信号 311 を使用してショットキー・ダイオードを入り切りすることによりアンテナ 301 の反射を変化させることによって実現される。電池 310 又はその他の電源は、タグ 105 の回路に電力を供給する。また、電力は誘電カップリング、マイクロ波を用いて受けることができる。

【0022】

単一の周波数サブキャリアを用いる変調バックスキッタ（MBS）には数々の利点がある。

40

【0023】

例えば、サブ搬送の位相シフトキー（PSK）（例えば、BPSK（バイナリ PSK）、QPSK（直角位相 PSK）、より複雑な変調方法（例えば、MSK（最小シフトキー）、GMSK（ガウス最小シフトキー）））がある。

【0024】

図 2 に戻って、質問器 103 は、反射され変調された信号を受信アンテナ 206 で受信し、その信号を低ノイズアンプ 207 で増幅する。そして直交(quadrature)ミキサ 208 内のホモダイン検出を用いてその単一サブ搬送波の中間周波数（IF）に復調する。（質問器の設計によっては、送信アンテナ 204 と受信アンテナ 206 とを兼ねた一つのアンテナが使用される。その場合は、受信器チェーンで受信された送信信号をキャンセルするた

50

めの電子的方法が必要である。これはたとえばサーキュレータ等のデバイスによって実現できる。)

【0025】

送信チェーン手段で使用した無線信号源201と同じものを使用して、ホモダイン検出を使用してベースバンドへの復調がなされる。これは、受信回路の位相ノイズを減少させるという意味で有利である。それから、ミキサ208は復調信号209を適当にフィルタするためにその復調信号209を(直交ミキサを使用する場合は、I(同相)信号とQ(直交相)信号の両方を)フィルタ／アンプ210に送る。

【0026】

出力のフィルタされた信号は、(それから、典型的にはIFサブ搬送波上で搬送される情報信号211が、)サブ搬送復調器212でサブ搬送波から復調する。次にサブ搬送復調器212は、メッセージの内容を判定するために情報信号213をプロセッサ200に送る。サブ搬送復調器は、複雑な応用においては単純なA/D変換器とディジタルシグナルプロセッサ(DSP)を用いて実装される。例えば、振幅変調サブ搬送に対してはダイオードが用いられ、PSK変調サブ搬送に対してはDSPが用いられる。変調信号209のIチャンネルとQチャンネルは、フィルタ／アンプ210もしくはサブ搬送復調器212内で結合されるか、又はプロセッサ200で結合されることも可能である。

【0027】

相対的速度

まず、MBSシステムがどのように質問器と、例えば乗り物との間の相対的速度を決めているのかを説明する。この例の場合、乗り物が測定時間の間、一定の方向、一定の速度で移動しているものと仮定する。速度を決めるため、CW警察用ドップラーレーダーシステムと同様のMBSシステムを用いる。図4に示すような単純なドップラーレーダーシステムは、質問器410から送信されたCW信号420を用い、この信号は移動自動車440により反射される。その反射信号430は、移動自動車のドップラーシフトによって、RF搬送波(f_c 、420参照)から周波数シフトされる。レーダードップラーシフト(Δf)を相対的速度(v)と関連づける式を以下の数式1に示す。

$$v = \Delta f * \lambda / 2 \quad \dots (1)$$

ここで、 λ はRF波(f_c)の波長である。数式1が2の係数を持っている理由は、レーダードップラーシフトにおいては2つ分のドップラーシフトがあるからである。

【0028】

周波数シフト Δf は質問器410において以下のように検出される。この方法を用いる質問器の詳細なブロック図を図5に示す。無線信号源501はCWRF信号を生成し、これは送信アンテナ504を用いて送信器503により送信される。この信号は、送信信号510と呼ばれる。反射信号520は受信アンテナ505により受信され、低雑音アンプ506により増幅される。(ここで、レーダーシステムは単一の送信／受信アンテナを用いてもよい。)ミキサ507は、無線信号ソース501から来るRFソース(502)信号を混合し、信号508を作る。(ミキサ507への入力と同じ無線信号ソースを用いると、ホモダイン検出を構成することになる。)周波数 f_c と、反射信号520の周波数の差(ドップラーシフト)は Δf である。信号508の周波数 Δf は周波数検出器509により決められ、制御プロセッサ510は Δf の値を用いて相対的速度を決め、RF搬送波周波数 f_c は既知なので数式1を用いて質問器と自動車との間の相対的速度へと数学的に変換できる。この時点においてあいまいさが存在することに留意する、上の流れにおいてはドップラーシフト Δf の絶対値を決めることができるが、他の情報が存在すれば、上の流れでは Δf の符号は決めることはできない。即ち、質問器と自動車がお互い近づいているのか遠くなっているのかわからない。このあいまいさを解決するためには他のデータが必要である。

【0029】

速度決定の方法における旧来からの困難性としては、ドップラーシフト Δf が小さくなることがあるということがある。例えば、RF搬送波2.45GHz、速度10m/sの場

10

20

30

40

50

合を考える。するとドップラーシフト Δf は 163 Hz になる。ミキサ 507 の出力 508 の雑音スペクトルを観察すると、位相雑音がこのベースバンド周波数において存在することが多く、特に、送信アンテナ 504 と受信アンテナ 505 の間に不適切な隔離があるときには顕著である。また、ほとんど全てのものがマイクロ波放射をある程度反射するので、レーダシステムにおいては大量の反射が受けられる。これは、「クラッター (clutter)」と呼ばれる。さらに、レーダーの視野の機械的又は電子機器は、マイクロ波放射を反射するだけでなく、その反射を変調する。例えば、ある速度で回転するモーターは、RF 搬送波から周波数 Δf 離れた周波数において変調された反射を発生させる。これらの変調された反射は、速度が測定されている物体のドップラーシフトされた反射と区別することは難しくなる。

10

【0030】

ドップラーシフトされたサブ搬送

ここでは、ドップラーシフトされたサブ搬送を用いて、質問器が自身とこれに協力するタグの間の相対的速度を決める方法を開示する。ここで、RFID システムは、交流電源の電線の周波数と比べて、正確な周波数のサブ搬送 f_s 、デジタル信号処理、及びサブ搬送の正確な位置を用いることによって拡張された領域を達成することができる。一実施例においては、周波数 f_s における狭帯域サブ搬送を用いる。この狭帯域サブ搬送は、小さなノイズ帯域幅と、及びサブ搬送が RF 搬送周波数 f_c から f_s 離れた周波数に位置してクラッターノイズが大幅に減少することが原因で、より長い距離の範囲で検出される。

【0031】

狭帯域サブ搬送信号を用いて RFID システムのドップラー効果を考える。簡明さのため、RFID タグが質問器に向かって移動しているものとする (RFID タグが質問器から離れる場合にも同様な解析が成り立つ。)。 Δf を 2 方向のドップラーシフトとして用いる (数式 1 で用いたように)。質問器 103 は周波数 f_c で RF 信号をタグ 105 へ送信する。タグ 105 は周波数源 308 の範囲でサブ搬送周波数 f_s を生成する (図 3 参照)。一実施例において、変調器制御 307 が更なる変調を行わないものと仮定する。周波数 f_s は検出器／変調器 302 へと課され、この検出器／変調器 302 は、 f_c の入来 CW 周波数と混合する。この処理の出力は質問器 103 により受けられる。即ち、周波数 ($f_c + \Delta f$) のドップラーシフトされた非変調反射 602 と、周波数 ($f_c - f_s + \Delta f$) のドップラーシフトされた変調反射 604 と、周波数 ($f_c + f_s + \Delta f$) のドップラーシフトされた変調反射 603 である。(ここで、受信信号が複雑な形式であっても同じ結果を得る。) 図 6 には、これらの信号の相対的位置を示してある。ミキサ 507 を通しての復調の後、図 7 のように信号 509 は現れる。ドップラーシフトされた非変調反射 602 は、典型的なレーダシステムにおいて処理される上述の信号である。これは一般に数百 Hz のオーダーであり、従って低周波可聴音として検出できる。ドップラーシフトされた非変調反射 602 は、RF 場にある物体の相対的速度を決めるのに用いることができるが、複数のものは RF 場において異なる速度で移動し得る。この場合、 Δf の値が異なる複数のドップラーシフトされた非変調反射 602 が存在し、どの反射がタグの移動を表すかが明確でなくなる。このことは、どの信号が真のターゲットを表すか、及びどの信号が他の反射ソースからの「クラッター」であるかというレーダーにおける旧来からの問題である。

20

30

40

【0032】

従って、タグと質問器の間の相対的速度を測定するために、ドップラーシフトされたサブ搬送信号を用い、従って、それぞれベースバンド周波数 ($f_s - \Delta f$) と ($f_s + \Delta f$) におけるドップラーシフトされた変調反射である信号 702 と 703 に関心がある。これら 2 つの信号の「帯域幅」、即ち、これらの信号の中央周波数の間の距離は、 $2\Delta f$ である。ここで、もし質問器とタグの間の相対的速度が一定ならば、受信した信号は周波数 ($f_s - \Delta f$) と ($f_s + \Delta f$) における 2 つの音であり、これらの 2 音の間に信号はないことに留意する。また上述のように、 Δf の符号の決定において基本的なあいまいさがあることに留意する。1 つが ($f_s - \Delta f$)、他方が ($f_s + \Delta f$) にある 2 つの同一の信号があるので、更なる情報なしでは質問器とタグが近づいているのか遠ざかっているのかは決め

50

ることができない。

【0033】

従って、タグと図1の質問器と似ているRFID質問器の間の相対的速度を決めるために、フィルタアンプ210によって信号508をフィルタリングし、増幅する。このフィルタは、サブ搬送周波数 f_s を中心にして広がり、期待される最大の $2\Delta f$ 帯域幅信号を通過するのに十分に広い帯域幅を有する。(実際には、旧来のRFID通信で同じシステムで相対的速度を測定するとフィルタアンプ210の帯域は場タグから質問器へのアップリンク信号を通過するのに十分に広い。これらの信号は容易に帯域幅100kHz以上となり、サブ搬送周波数 f_s を中心を広がる。)信号の帯域幅 $2\Delta f$ を検出するため、サブ搬送復調器212(通常のRFID通信のために復調及びフィルタリングされた信号211から情報信号213を抽出するのに用いる。)は、この場合、サブ搬送周波数 f_s において存在する信号の「帯域幅」を測定するのに用いられる。信号帯域幅 $2\Delta f$ をわかると、数式1を用いて相対的速度 v を求めることができる。

【0034】

サブ搬送周波数 f_s で存在する信号の帯域幅を測定するために、幾つかの方法を用いる。ここで、周波数 f_s は一般に、信号帯域幅 $2\Delta f$ よりもかなり大きいことに留意する。例えば、信号帯域幅 $2\Delta f$ が327Hzのときに(速度10m/s、RF搬送周波数2.45GHzにおいて)、サブ搬送周波数 f_s は32kHz~1MHzの範囲に渡る。 $2\Delta f$ が実際は f_s よりもかなり小さいので、サブ搬送復調器212は信号を例えば1~10kHzのサンプル速度で予めサンプル化し、サブ搬送復調器212内のプロセッサ510又はDSPはその予めサンプル化した信号のフーリエ解析を行い、存在する周波数モードを決める。このフーリエ変換の結果は、 $(f_s - \Delta f)$ と $(f_s + \Delta f)$ にある信号 g 周波数 f_s の信号と混合した周波数 Δf の信号の結果を表すので、 Δf の直接的な測定になる。ここで、 Δf の値を直接測定しているが、この値は周波数 f_s に依存しない。RFIDタグ105は、高価ではない水晶を用いて周波数 f_s を生成する。例えば、この高価でない水晶は通常(± 100 ppm)の周波数の精度を有し、従って、32kHzの水晶は、 ± 3.2 Hzの周波数精度を有する。上の測定においては、どの周波数領域に信号が存在するかを正確に知らないが、代わりに、信号の位置が決まれば Δf の値を正確に決めることができる。

【0035】

従って、MBS RFIDシステムは、幾つかの異なるモードで動作する。質問モードと呼ばれる第1モードは、タグが質問器からの要求に応答するものであり、MBSを用いて質問器へデータを送信し返す。速度モードと呼ばれる第2モードでは、質問器はタグにデータではなくサブ搬送トーンでもっと応答することを要求する。そして上述の技術を用いて、RFIDシステムはタグと質問器の間の相対的速度を判断する。従ってこれら2つのモードを用いてRFIDタグは識別され、タグと質問器の間の相対的速度が判断される。

【0036】

運動検出

次に、人が入り口を通してシングルファイルで運動するような、セキュリティにおけるアプリケーションを考えてみる。質問モードで動作し、その人に位置するRFIDタグは、ゲートに入ることを認証するメカニズムである。更に正しい認証なしでは人はゲートをくぐることはできないと想定しなければならない。このことを達成する一つの方法としては、ゲートのすぐ周辺において運動があるかどうかを判断し、もし運動が検出されたにもかかわらず有効なタグが読まれなければ、アラームが鳴ることになる。

【0037】

運動が存在するかの判断は、質問器のハードウェアに対して比較的少ない追加により達成できる。図8は、周波数検出器509の機能を拡張する。1つの実装例では、ミキサ507の出力はI(同相)及びQ(直角位相)の両方のチャンネルを有する。これらの信号は、単純な加算器を用いる等の1以上の従来技術を用いてコンバイナ803において結合される。その出力信号は、2つの異なるフィルタ、フィルタ/アンプ210及びフィルタ/ア

10

20

30

40

50

ンプ806を通り抜ける。806は、パスバンドが最大期待ドップラーシフト以下であるローパスフィルタである。806の出力は、可調周波数検出器807により処理され、これはRFフィールドにおける運動物体のドップラー周波数を判断する。807の高価でない実装は、警察用やスポーツ用のレーダーシステム、自動ドア開閉装置等の幅広い利用により可能になっている。従って、質問器は、807の出力に基づいてRFフィールドにおいて運動が存在するかを判断できる。また、210を信号が通る。この210のフィルタ特性は、期待サブ搬送周波数 f_s が中心の信号で識別データを含む変調信号を通過させるのに十分なくらい大きな帯域幅（例えば、50 kbpsのBPSK信号に対して100 kHzの帯域幅）が作られている。

【0038】

この能力は、質問器が別の動作モードを追加することを可能にする。質問器はRFフィールドにおけるすべてのタグに向けられた質問メッセージを規則的に送信でき、これらのタグがその識別番号で応答することを要求する。同時に、質問器はRFフィールドにおいて運動が存在するかどうかを検出する。このような運動に対する質問器の感受性は、質問器が入口ゲートのすぐ近くにおける運動のみを検出するように合わせられる。もし運動が検出されたが有効タグが検出されなかった場合、アラームが鳴る。加えて、質問器に対するタグの速度は212により判断される。ドップラーシフトされた反射信号がサブ搬送周波数を中心とするので、その信号は上述の「クラッター」効果の範囲からは遠くにあるが、RFIDタグは取り付けられた物体よりも小さなレーダー断面を有する。例えば、上述のあらかじめサンプリングする技術を用いて、従来のドップラーシフト技術（807の出力）を用いて可能なものより大きい範囲で、タグの相対的速度を判断することは、可能である。従ってこの技術により、少ないハードウェアしか追加しないで質問器を運動検出器だけでなく、RFID質問器として機能させることができた。このことは、別々の運動検出システムの必要性をなくした。

【0039】

複雑な相対的運動－振動的解析

上の段落では、質問器に対するRFIDタグの相対的速度を測定する方法を議論した。RFIDタグが質問器に対して運動していて、その運動の方向が質問器からタグへの直の経路（視線と同じ）に沿っていると仮定する。更に本発明を説明する利便のため、質問器からタグへの主要なRF伝搬経路は直の経路であり、運動の振幅が $\sin 2\pi\omega$ として時間 t に従って時変することと仮定する。次に、速度（従ってドップラー周波数シフト Δf ）は、 $\cos 2\pi\omega t$ に相当する。時間 $t=0$ において、速度は最大であり、ドップラーシフトされた変調反射702、703は、お互いの距離が最大に離れている。時間 $t=\pi/2$ では、ドップラー周波数シフト Δf は速度が0なので最小である。この場合2つのドップラーシフトされた変調信号702、703は、ドップラーシフトされていない周波数 f_s を中心とする単一の信号へと収束する。従って、212は、速度が最大であるときに起こる信号の最大帯域幅 $2\Delta f$ をまず検出しなければならない。測定 $2\Delta f$ により、タグの最大速度が決められる。しかし、これらの信号702、703は継続的に運動していて、最大距離離れた状態（ $t=0$ と $t=p$ ）から動き、単一の信号へと合併される（ $t=p/2$ と $t=2p$ ）のでこの信号には更なる情報が含まれる。従って、この信号の時変度合いは、RFIDタグが振動する周波数 ω の測定を与える。このようにして、212は周波数 w をも測定する。我々はこの技術を用いて2つの測定をすることができた。即ち、最大速度 v が計算される Δf と、振動周波数 w である。これら2つのパラメータからRFIDタグの運動を決めることができる。関心事の残った唯一のパラメータ、振動の振幅は、上の2つのパラメータを与えられ、振動が正弦波である仮定を与えられると計算できる。

【0040】

212は、 Δf と振動周波数 w の両方を決める機能を行う。このことは、信号の周波数が変化し時間も変化するので、上の「単純な相対的運動」と比べていくらか難しい問題である。ここでは、これらのパラメータを決める一方法を開示する。図9は、DSP950とA/D960を用いてサブ搬送復調器212の機能を行うことを示している。210の出

10

20

30

40

50

力は、 212 へ入り、 $2f_s$ のサンプリングレートでサンプリングされる。例えば、 f_s が 32 kHz ならば $2f_s$ は 64 kHz である。このサンプリングレートで動作するA/D変換器は、オーディオCD装置が一般的なので容易に得られる。例えば、 K サンプルのセットが採られて、DSPの記憶部へ記録される。数 K は、受信信号の信号対雑音比を増加させ、測定を正確にするために十分に大きくあるべきである。

【0041】

サンプリングの後、DSPはデータを処理する。ここで、この処理は十分に強力なDSPを用いて少なくとも一部は実時間で行うことが理想的である。概念的には、サブ搬送周波数 f_s の近隣の周波数空間を幾つかの周波数の箱へと分割し、各箱における信号強度を計算する。各箱に期待できる信号は、各信号は時変する値 Δf を有するので、時間平均された信号強度である。各箱における信号強度を計算するために、1次元の固定フーリエ変換(FFT)を用いる。FFTに対するDSPアルゴリズムは容易に得られる。各箱における信号強度を見つけると、 Δf を決めることができる。周波数 Df を含む箱は、かなり大きい信号強度を有する最後の箱であり、次の箱はそれと比べてかなり小さい信号を有する。かなり大きい信号強度を有する最後の箱を、箱 j とする。従って、 Δf の近似を箱の帯域幅の正確さでもって(Hz)で得ることができる。この Δf の正確さは、速度 v におけるエラーとしてこれら2つのパラメータに関連する上の数式に基づいて発生する。箱 j が既知なので、箱 j において現れる信号周波数 ω を決める。上の K サンプルのセットは次に、再び解析され Δf の最大値を知ることができる。上の箱のそれぞれの中の周波数成分の時間変位を次に決める。この決定は、2次元有限フーリエ変換(2D-FFT)により行う。この種の計算は、振動解析において一般的であり、ここで必要とされる2D-FFTアルゴリズムは容易に得られる。これらの計算の結果は、 Δf の値であり、これから速度 v や振動 ω の周波数を計算できる。

【0042】

上の議論においては振動モードが正弦波であることが仮定されていた。しかし、正弦波でない振動モードである場合もある。例えば、運動方向が質問器とタグの間の直の経路に沿っていないとき、正弦波振動は質問器により受信される際性格に正弦波として現れない。これらの欠点を除いては、もし振動が周期的で十分に数学的スムーズであれば(例えば、連続的な第1導関数を有する)、上で議論した方法は数学的にいまだ有効であり、関心事のパラメータを決めるためにFFTアルゴリズムは有効な技術である。RFIDタグは、タグと質問器の間の直の経路の方向ではない方向へ運動し得るということに留意する。更に、RF伝搬の主要な経路は、直の経路に沿った経路ではないことに留意する。これらの問題は、図10に示したように、タグのRF領域において複数の質問器を配置することにより(少なくとも部分的には)解決できる。910は、1方向に振動する(図参照)。この振動の方向は、質問器1(920)により検出されないかも知れない。しかし、質問器2(930)がこの振動モードを検出するかも知れない。タグ910が複数の方向を同時に振動しているならば、両方の質問器から異なる振動モードに対する有用なデータを得ることができるということに留意する。

【0043】

この概念をタグのRF領域内に3以上の質問器がある場合に、拡張することができる。複数の質問器がある場合の一実施例では、システムは時間同期された質問器によって動作する。例えば、質問器はタグがその識別番号で応答することを要求してダウンリンク情報を同時に送信する。同様に時間同期された各質問器は、タグがMBSを用いてその識別番号に応じて応答するために、CWトーンを送信する。次に、質問器はタグが周波数 f_s の単一のサブ搬送トーンによって応答することを要求して、同様に時間同期されたダウンリンクメッセージを送信する。各質問器は別々のRF搬送周波数 f_c で送信し、このことにより信号が各質問器によって他の質問器とは独立に受信、復号できる。この方法により各質問器は、その質問器に対するRFIDタグの方向に依存して、RFIDタグの相対的振動の独立な評価を提供する。全体の無線通信システムは、各質問器からの入力データを取り入れて、タグの振動モードの全体の評価をすることができる。

10

20

30

40

50

【0044】

タグ計算

上の議論では、変調バックスキッタ信号の特性の利点を用いて、タグ105が取り付けられた装置の運動特性を推論した。ここでは我々はRFIDタグの能力の利点を用いて装置の運動特性を決める（例えば振動解析をする）。まず、今日のマイクロプロセッサは、集積回路上のA/D変換器により装備されていることが多い。従って、議論したタグのアーキテクチャは、タグ105においてマイクロプロセッサ1010を用いることにより換えることができる。図11にはマイクロプロセッサのアーキテクチャを示し、これはセンサ入力が直接サンプリングされることを可能にする。次にアナログ入力ポート1020はA/D変換器1030によりサンプリングされ、これはマイクロプロセッサ1010の集積された一部となっている。

10

【0045】

アナログ入力ポート1020は通常、 $0 \sim V_{cc}$ ボルトの入力電圧レンジを有し、ここで V_{cc} はマイクロプロセッサコア1040への供給電源の電圧であり、通常3ボルトである。アナログ入力ポート1020は、出力が $0 \sim V_{cc}$ ボルトであるセンサに取り付けられている。タグ105は、上述のように質問器と通信することによりまず識別される。次にタグは、情報信号200a内に含まれる情報により指示され、センサー入力をサンプリングし始める。上述のようにサンプリングレートは、サンプリングされた信号に存在する最大周波数の2倍以上でなければならない。サンプルは、マイクロプロセッサコア1040においてバッファリングされる。一実施例においては、サンプルは上述の変調されたバックスキッタ通信リンクを用いてサンプリングされたとおりに直接質問器103へ送信される。信号が質問器103において受信されバッファリングされると、周波数成分を上述のFFTアルゴリズムを用いて解析できる。

20

【0046】

代替実施例において、タグ105はFFTアルゴリズムの処理の全て又は一部を行うことができる。FFTアルゴリズムにおいては、FFT拡張係数 a_k 、 b_k の決定には数学的計算を伴う。ここで、必要とされる三角関数は、タグ105におけるメモリ装置においてあらかじめ計算され、又はあらかじめ記憶されていてもよい。幾つかのサンプルが採られ、タグ105において記憶されるものと仮定する。次に、タグ105は必要な計算を始める。この方法はタグがサンプルを折々採らなければならない、多くの時間において休止するような状況において有用である。タグ105上のマイクロプロセッサが、質問器103におけるDSPと比べてこのような計算においてかなり遅いということは大した問題ではない。これら計算の速さを改善するため、固定小数点法によりタグ105において行うことができる（多くの単純な4又は8マイクロプロセッサは浮動小数点法をサポートしないため）。FFTアルゴリズムが完了した後、タグ105はパラメータ a_k 及び b_k の値を質問器103へと送信し返す。

30

【0047】

RFIDシステムが、FFTアルゴリズムのパラメータを変える必要があるとする。この変化は直接的に行われる。三角関数の値は質問器によりあらかじめ計算され、情報信号200への対応する値を配置することによりタグ105へ送信する。同様の方法によりタグ105は、採られるサンプル数及びサンプルが採られるレートを変えることを指示される。このように、タグ105は質問器103からの情報に基づいて指示されて、行われる解析の種類を基本的に変える。

40

【0048】

更なる実施例

別の実施例の能力を説明するために、人間の心臓の鼓動のモニタリングに応用する方法を説明する。従来の技術は人間に電源を接続し、そのワイヤに接続された電子機器をモニタリングする。ここで説明するRFIDタグは、心臓の鼓動をモニタリングするために必要な電子機器の機能を含んでおり、比較的高価でなく、同時に多くの装置をモニタリングすることができる。

50

【0049】

図12のようにタグ105を拡張する。アナログ入力1130は電子的な心臓測定機器の電子的リード線と同様な方法で患者の胸へと接続する。このアナログ信号は、最大信号レベル V_{cc} でアンプ1125により増幅され、マイクロプロセッサ1010のアナログ入力ポート1020へと接続される。A/D変換器1030は、この信号をデジタルフォーマットへと変換し解析できるようにする。上のよう一実施例ではデジタル化した信号は、質問器103へと送信し返され、ここでFFTアルゴリズムがDSPで実行され、心臓の鼓動の周波数モードを判断する。代替実施例ではマイクロプロセッサ1010は、上述のFFTアルゴリズムを用いて周波数モードを計算する。データは幾つかの方法のうちの一つを用いてを用いて質問器へ戻すことができる。質問器103は質問器の領域におけるすべてのタグを規則的に調査し、タグがFFTアルゴリズム計算の結果（即ち、パラメータ a_k 及び b_k ）を送信し戻すことを要求する。この方法により、質問器は心臓の鼓動を規則的に把握することができる。

10

【0050】

心臓の鼓動が異常状態になった場合に、迅速に応答することが必要となる。FFTアルゴリズムにおいては頻脈のような異常状態を表す振動モードを容易に識別することができる。これらの異常振動モードは、通常よりも大きな振動周波数を表す場合のように認識できる兆候を有している。質問器がタグ105の入力データのためにタグ105を調査すると、このタグ105は、そのデータを質問器へ直ちに送信すべきメッセージによって応答する。このような方法は、複数のタグが同時に応答することを可能にする。例えば、スロット

20

【0051】

【発明の効果】

以上述べたように本発明により、1以上の質問器を有する高価でないRFID網を、RFID機能、センサー機能、運動検出、及びセンサーデータ解析機能を行う手段により構築できる。

【図面の簡単な説明】

30

【図1】無線周波数識別（RFID）システムの実施例のブロック図。

【図2】図1のRFIDシステムで使用される質問器ユニットの実施例のブロック図。

【図3】図1のRFIDシステムで使用されるタグユニットの実施例のブロック図。

【図4】レーダーシステムのブロック図。

【図5】レーダーシステムのRFID質問器のブロック図。

【図6】復調の前の周波数空間における信号の相対的位置を示すグラフ図。

【図7】復調の後の周波数空間における信号の相対的位置を示すグラフ図。

【図8】移動質問器とタグの間の相対的位置を示す図。

【図9】測定における時間間隔Tの間の移動質問器とタグの間の相対的位置を示す図。

【図10】特定のタグを位置決めするために複数の測定を用いる方法を示す図。

40

【図11】2つの測定に基づいて特定のタグを位置決めする方法を示す図。

【図12】検索アルゴリズムを用いて特定のタグを位置決めする方法を示す図。

【符号の説明】

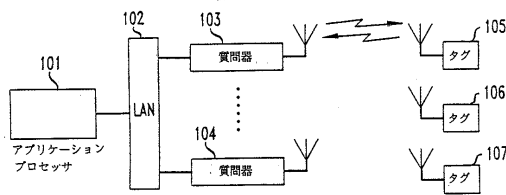
- 101 アプリケーションプロセッサ
- 102 ローカルエリアネットワーク（LAN）
- 103、104 質問器
- 105、106、107 タグ
- 200 プロセッサ
- 200a 情報信号
- 201 無線信号源

50

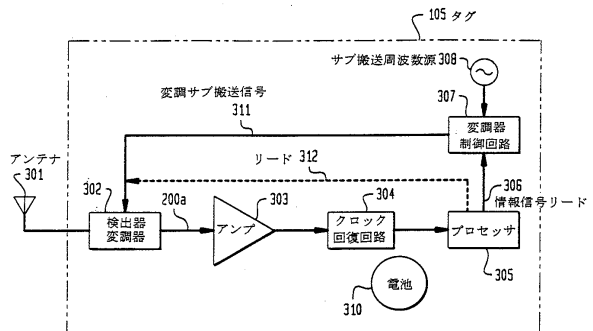
2 0 2	変調器	
2 0 3	送信器	
2 0 4	送信アンテナ	
2 0 6	受信アンテナ	
2 0 7	低ノイズアンプ	
2 0 8	直交ミキサ	
2 0 9	変調信号	
2 1 0	フィルタ／アンプ	
2 1 1	情報信号	
2 1 2	サブ搬送復調器	10
2 1 3	情報信号	
2 1 4	R F 源	
2 1 2	サブ搬送復調器	
3 0 1	アンテナ	
3 0 2	検出器／変調器	
3 0 3	アンプ	
3 0 4	クロック回復回路	
3 0 5	プロセッサ	
3 0 6	情報信号リード	
3 0 7	変調器制御回路	20
3 0 8	サブ搬送周波数源	
3 1 0	電池	
3 1 1	変調サブ搬送信号	
3 1 2	リード	
4 1 0	質問器	
4 2 0	周波数 f_c における C W 送信	
4 3 0	($f_c + \Delta f$) におけるドップラーシフトされた反射	
4 4 0	自動車	
5 0 1	無線信号源	
5 0 2	R F 信号	30
5 0 3	送信器	
5 0 4	送信アンテナ	
5 0 5	受信アンテナ	
5 0 6	低ノイズアンプ	
5 0 7	ミキサ	
5 0 9	周波数検出器	
5 1 0	プロセッサ	
5 1 5	送信信号	
5 2 0	反射信号	
6 0 1	送信信号 f_c	40
6 0 2	ドップラーシフトされた非変調反射 ($f_c + \Delta f$)	
6 0 3	ドップラーシフトされた変調反射 ($f_c + f_s + \Delta f$)	
6 0 4	ドップラーシフトされた変調反射 ($f_c - f_s + \Delta f$)	
7 0 1	ドップラーシフトされた非変調反射 Δf	
7 0 2、7 0 3	ドップラーシフトされた変調反射 ($f_s + \Delta f$)	
8 0 1	I チャネル	
8 0 2	Q チャネル	
8 0 3	コンバイナ	
8 0 6	フィルタ／アンプ	
8 0 7	可調周波数検出器	50

- 810 質問器
- 910 RFIDタグ
- 920、930 質問器
- 950 DSP
- 960 A/D変換器
- 1010 マイクロプロセッサ
- 1020 アナログ入力ポート
- 1030 A/D変換器
- 1040 マイクロプロセッサコア
- 1050 デジタル出力ポート
- 1110 デジタル入力ポート
- 1125 アンプ
- 1130 アナログ入力

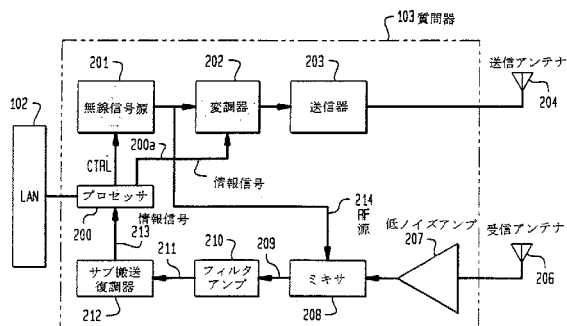
【図1】



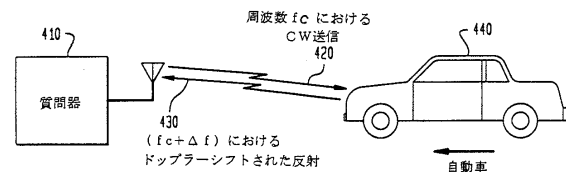
【図3】



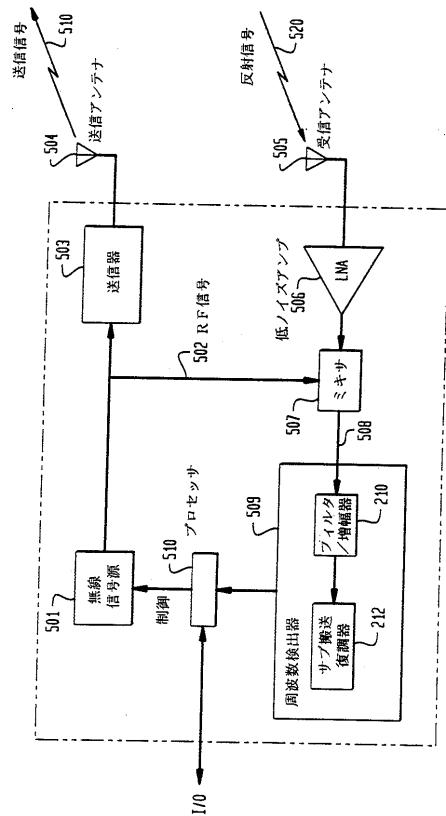
【図2】



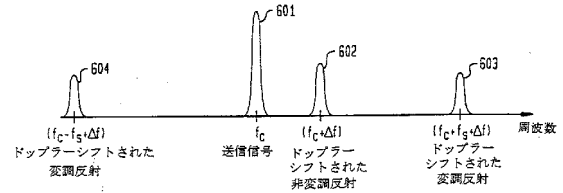
【図4】



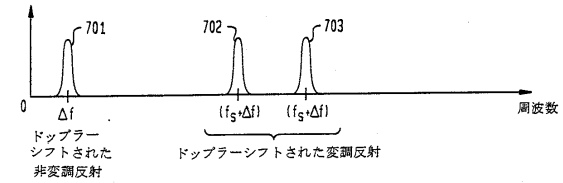
【図 5】



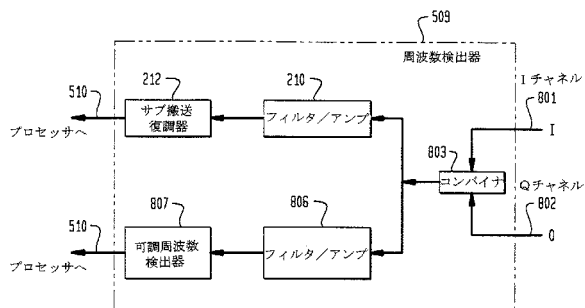
【 図 6 】



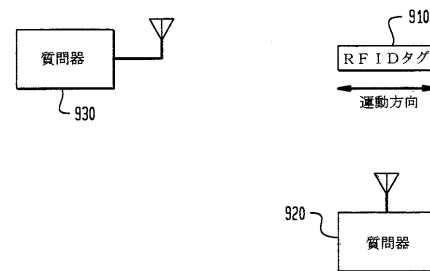
【 図 7 】



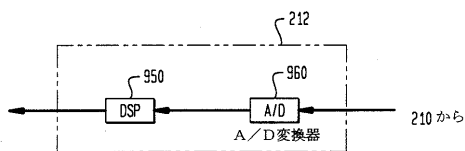
【図 8】



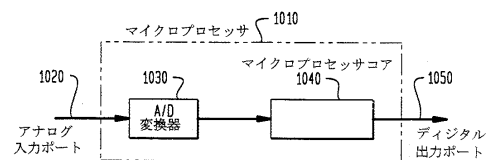
【 図 1 0 】



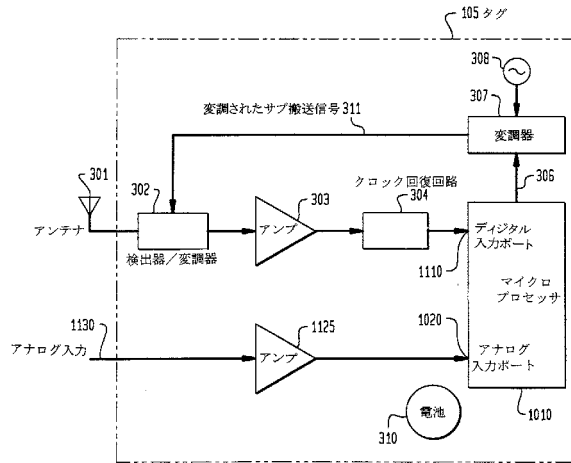
【图 9】



【 図 1 1 】



【図 1 2】



フロントページの続き

- (74)代理人 100091889
弁理士 藤野 育男
- (74)代理人 100101498
弁理士 越智 隆夫
- (74)代理人 100096688
弁理士 本宮 照久
- (74)代理人 100102808
弁理士 高梨 憲通
- (74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
- (74)代理人 100107401
弁理士 高橋 誠一郎
- (74)代理人 100106183
弁理士 吉澤 弘司
- (72)発明者 アレックス ピドワーベツキー
アメリカ合衆国、07869 ニュージャージー、ランドルフ、クォーカー チャーチ ロード
342-51
- (72)発明者 アール. アンソニー ショバー
アメリカ合衆国、07701 ニュージャージー、レッド バンク、マニー ウェイ 29

審査官 江口 能弘

- (56)参考文献 欧州特許出願公開第00750200 (EP, A1)
特開平06-059036 (JP, A)
特開平7-283755 (JP, A)
特開平8-65347 (JP, A)
特開平7-303430 (JP, A)
国際公開第95/22467 (WO, A1)
特開平6-12591 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
H04B 1/59
G01S 17/58