

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5878602号
(P5878602)

(45) 発行日 平成28年3月8日(2016.3.8)

(24) 登録日 平成28年2月5日(2016.2.5)

(51) Int.Cl.

F I

HO 4 B 1/59 (2006.01)

GO 6 K 17/00 (2006.01)

HO 4 B 1/59

GO 6 K 17/00

請求項の数 23 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2014-195095 (P2014-195095)	(73) 特許権者	509193832
(22) 出願日	平成26年9月25日 (2014. 9. 25)		モジクス, インコーポレイティッド
(62) 分割の表示	特願2012-246274 (P2012-246274) の分割		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ロサ ンゼルス スイート 250 サンタ モ ニカ ブールバード 11075
原出願日	平成20年3月24日 (2008. 3. 24)	(74) 代理人	100116872
(65) 公開番号	特開2015-29333 (P2015-29333A)		弁理士 藤田 和子
(43) 公開日	平成27年2月12日 (2015. 2. 12)	(72) 発明者	サドル ラミン
審査請求日	平成26年9月25日 (2014. 9. 25)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ロサ ンゼルス ソメラ ロード 1034
(31) 優先権主張番号	60/896, 864	(72) 発明者	ゲバルジツ ジョン
(32) 優先日	平成19年3月23日 (2007. 3. 23)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ロサ ンゼルス スイート 250 サンタ モ ニカ ブールバード 11075
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 分散エキサイタ・ネットワークを用いるRFIDシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

RFIDタグを操作するように構成されるRFIDシステムであって、
受信カバー領域内の起動されたRFIDタグからRFIDタグ情報を読み取るように構成されるRFID受信機システムと、
前記RFID受信機システムの前記受信カバー領域内の複数の応答指令空間を画定する複数のエキサイタと、を含み、
前記複数のエキサイタの少なくとも1つは、前記複数の応答指令空間内のRFIDタグを起動することが可能であり、前記複数の応答指令空間は、前記RFID受信機システムの前記受信カバー領域内に含まれており、
前記複数のエキサイタの1つは、前記RFID受信機システムが有線接続を介して通信する有線エキサイタであり、
前記有線エキサイタは、
受信RF信号を分割するように構成されるカプラと、
受信ローノイズアンプ及び自動レベル制御ループを含むRFチェーンと、
送信アンテナと、を備え、
前記RFID受信機システムは、前記複数のエキサイタの1つを識別し、RFIDタグ応答指令信号を含む制御信号を送信するように構成され、
前記有線エキサイタは、前記制御信号を受信するように構成され、
前記有線エキサイタが前記制御信号で識別された場合、前記有線エキサイタは、前記制

御信号を前記 R F チェーンに結合して、前記制御信号を介して受信される前記 R F I D タグ応答指令信号を増幅するように構成され、前記送信アンテナを用いて、増幅した前記 R F I D タグ応答指令信号で応答指令空間を照射するように構成され、それにより、前記応答指令空間内の R F I D タグを起動し、

前記 R F I D 受信機システムは、送信電力制御情報を含む制御メッセージを、前記有線エキサイタへ提供することにより前記応答指令空間の大きさを制御し、前記エキサイタは、前記送信電力制御情報にしたがって前記 R F I D タグ応答指令信号の送信電力を設定するために、前記自動レベル制御ループを制御し、前記 R F I D タグ応答指令信号を増幅するように構成され、

前記 R F I D 受信機システムは、前記複数のエキサイタの 1 つにより生成された R F I D タグ応答指令信号により起動された R F I D タグからの R F I D タグ情報を読み取るように構成される、R F I D システム。

【請求項 2】

前記 R F I D 受信機システムは、異なる周波数を同時に用いて前記 R F I D タグ応答指令信号を送信するために前記複数のエキサイタを起動する前記制御信号を送信するように構成される、請求項 1 に記載の R F I D システム。

【請求項 3】

前記 R F I D 受信機システムにより送信される前記制御信号は、複数の起動されたエキサイタに、周波数ホッピング・プロトコルにしたがって送信を行わせる請求項 2 に記載の R F I D システム。

【請求項 4】

前記 R F I D 受信機システムは、エキサイタにランダムに周波数を割り当てるように構成される請求項 2 に記載の R F I D システム。

【請求項 5】

前記 R F I D 受信機システムは、前記エキサイタの分布のトポロジに関する情報を所有し、前記 R F I D 受信機システムは、起動されたエキサイタに対して周波数を割り当てるときに、前記トポロジの情報を使用する、請求項 2 に記載の R F I D システム。

【請求項 6】

前記制御信号は、n ビットのアドレスを含む、請求項 1 に記載の R F I D システム。

【請求項 7】

前記制御信号は、前記エキサイタから所望の波形出力を生成するための信号の特徴及びパラメータを含む、請求項 1 に記載の R F I D システム。

【請求項 8】

前記制御信号は、前記エキサイタによって送信電力較正を実施するための情報を含む、請求項 7 に記載の R F I D システム。

【請求項 9】

第 2 の受信カバー領域内の R F I D タグから情報を検出するように構成される第 2 の R F I D 受信機システムと、

前記第 2 の R F I D 受信機システムの前記受信カバー領域内の複数の応答指令空間を画定する複数のエキサイタと、をさらに含み、

前記第 2 の R F I D 受信機システムは、前記複数のエキサイタの 1 つを識別し、かつ R F I D タグ応答指令信号を示す情報を含む制御信号を送信するように構成され、

前記第 2 の R F I D 受信機システムの前記受信カバー領域内の前記複数のエキサイタは、前記第 2 の R F I D 受信機システムからの前記制御信号を受信するように構成され、

前記制御信号で識別される前記エキサイタは、前記 R F I D タグ応答指令信号で前記第 2 の R F I D 受信機システムの前記受信カバー領域内の応答指令空間を照射するように構成される、請求項 1 に記載の R F I D システム。

【請求項 10】

前記 R F I D 受信機システムは、1 つのエキサイタが前記 R F I D タグ応答指令信号で前記応答指令空間を照射したときに、前記 R F I D タグ情報を検出するように構成され、

10

20

30

40

50

前記 R F I D 受信機システムは、検出される前記 R F I D タグ情報が、前記 1 つのエキサイタによって照射される前記応答指令空間内に配置される R F I D タグ由来であるかどうかを判定するように構成され、

前記 R F I D 受信機システムは、他のエキサイタが R F I D タグ応答指令信号を用いて他の応答指令空間を照射するときに、前記 R F I D タグ情報を検出するように構成され、

前記 R F I D 受信機システムは、前記他のエキサイタが前記他の応答指令空間を照射するときに、検出された前記 R F I D タグ情報を含む情報を用いて、検出された前記 R F I D タグ情報が、前記 1 つのエキサイタによって照射された前記応答指令空間内に配置される R F I D 由来であるかどうかを判定するように構成される、

請求項 1 に記載の R F I D システム。

10

【請求項 1 1】

前記応答指令空間内の R F I D タグの移動を検出するように構成される、照射された前記応答指令空間内に配置されるセンサをさらに含み、

前記センサは、前記 R F I D 受信機システムに対してセンサ出力を通信するよう構成され、

前記 R F I D 受信機システムは、前記センサ出力を含む情報を用いて、検出される前記 R F I D タグ情報が、前記 1 つのエキサイタによって照射された前記応答指令空間内に配置された R F I D タグ由来であるかどうかを判定するように構成される、請求項 1 0 に記載の R F I D システム。

【請求項 1 2】

20

前記 R F I D タグ情報は、R F 信号であり、

前記 R F I D 受信機システムは、前記 R F I D タグ情報の R F 信号の特徴に関する情報を収集するよう構成され、

前記 R F I D 受信機システムは、前記 R F I D タグ情報の前記特徴を含む情報を用いて、検出された前記 R F I D タグ情報が、前記 1 つのエキサイタによって照射される前記応答指令空間内に配置される R F I D タグ由来であるかどうかを判定するように構成され、

前記 R F I D タグ情報の R F 信号の収集される前記特徴は、信号強度、信号対雑音比、及び到着方向を含む、

請求項 1 0 に記載の R F I D システム。

【請求項 1 3】

30

前記 R F I D 受信機システムは、繰り返して、前記複数のエキサイタに複数の前記応答指令空間を照射させ、かつ前記 R F I D タグ情報の検出を記録させ、

前記 R F I D 受信機システムは、前記応答指令空間が照射されるときに、前記 R F I D タグ情報が検出される読み取り率を含む情報を用いて、検出された情報が、前記複数のエキサイタの 1 つによって照射される応答指令空間内に配置される R F I D タグ由来かどうかを判定するように構成される、請求項 1 0 に記載の R F I D システム。

【請求項 1 4】

前記 R F I D 受信機システムは、前記エキサイタのトポロジーに関する情報を有し、

前記 R F I D 受信機システムは、前記エキサイタのトポロジーを用いて、異なる応答指令空間における R F I D タグに対する予想検出率を推定するように構成され、

40

前記 R F I D 受信機システムは、前記応答指令空間が照射されるときに前記 R F I D タグ情報が検出される読み取り率と、異なる応答指令空間における R F I D タグに対する前記予想検出率とを含む情報を用いて、検出された情報が、前記複数のエキサイタの 1 つによって照射される応答指令空間内に配置される R F I D タグ由来かどうかを判定するように構成される、請求項 1 3 に記載の R F I D システム。

【請求項 1 5】

前記 R F I D 受信機システムは、前記応答指令空間が照射されるときに前記 R F I D タグ情報が検出される前記読み取り率と、前記異なる応答指令空間における R F I D タグに対する前記予想検出率とを含む情報を用いて、1 つの応答指令空間から別の応答指令空間への R F I D タグの移動を判定するように構成される、請求項 1 4 に記載の R F I D シス

50

テム。

【請求項 16】

RFIDタグを操作するように構成されるRFIDシステムであって、
受信カバー領域内の起動されたRFIDタグからRFIDタグ情報を読み取るように構成されるRFID受信機システムと、

前記RFID受信機システムの前記受信カバー領域内の複数の応答指令空間を画定する複数のエキサイタと、を含み、

前記複数のエキサイタの少なくとも1つは、前記複数の応答指令空間内のRFIDタグを起動することが可能であり、前記複数の応答指令空間は、前記RFID受信機システムの前記受信カバー領域内に含まれており、

前記複数のエキサイタの1つは、前記RFID受信機システムが無線接続を介して通信する無線エキサイタであり、

前記無線エキサイタは、

受信アンテナと、

RFシンセサイザと、

自動レベル制御回路と、

送信アンテナと、を備え、

前記RFID受信機システムは、制御信号を前記複数のエキサイタへ送信するように構成され、前記制御信号は、異なる周波数を同時に用いてRFIDタグ応答指令信号を送信するために、前記複数のエキサイタを識別及び起動し、

前記RFID受信機システムは、第1の周波数でのRFIDタグ応答指令信号及び第2の送信周波数を識別する制御メッセージを送信するように構成され、

前記無線エキサイタは、前記受信アンテナを用いて前記制御信号を受信するように構成され、

前記無線エキサイタが前記制御信号で識別されるとき、前記無線エキサイタは、

前記受信アンテナを介して受信された前記RFIDタグ応答指令信号をダウンコンバートし、

ベースバンド信号を、前記RFシンセサイザによって生成された前記第2の送信周波数へコンバートし、前記第2の送信周波数が前記制御メッセージで特定され、

前記送信アンテナを用いて前記RFIDタグ応答指令信号で応答指令空間を照射して、前記応答指令空間内のRFIDタグを起動するように構成され、

前記RFID受信機システムは、送信電力制御情報を含む前記制御メッセージを、前記無線エキサイタへ提供することにより前記応答指令空間の大きさを制御し、前記無線エキサイタは、前記送信電力制御情報にしたがって前記RFIDタグ応答指令信号の送信電力を設定するために、前記自動レベル制御回路を制御し、前記RFIDタグ応答指令信号を増幅するように構成され、

前記RFID受信機システムは、異なる周波数で前記複数のエキサイタにより生成された前記RFIDタグ応答指令信号により起動された複数のRFIDタグからRFIDタグ情報を読み取るように構成される、RFIDシステム。

【請求項 17】

前記RFID受信機システムによって送信される前記制御信号は、前記複数の起動されたエキサイタに、周波数ホッピング・プロトコルにしたがって送信を行わせる、請求項16に記載のRFIDシステム。

【請求項 18】

前記RFID受信機システムは、1つのエキサイタが前記RFIDタグ応答指令信号で前記応答指令空間を照射するとき、前記RFIDタグ情報を検出するように構成され、

前記RFID受信機システムは、検出された前記RFIDタグ情報が、前記1つのエキサイタにより照射された前記応答指令空間内に配置されたRFIDタグ由来であるかどうかを判定するように構成され、

前記RFID受信機システムは、他のエキサイタがRFIDタグ応答指令信号を用いて

10

20

30

40

50

他の応答指令空間を照射するときに、前記 R F I D タグ情報を検出するように構成され、
前記 R F I D 受信機システムは、前記他のエキサイタが前記他の応答指令空間を照射するときに、検出された前記 R F I D タグ情報を含む情報を用いて、検出された前記 R F I D タグ情報が、前記 1 つのエキサイタによって照射された前記応答指令空間内に配置される R F I D 由来であるかどうかを判定するように構成される、
請求項 1 6 に記載の R F I D システム。

【請求項 1 9】

前記応答指令空間内の R F I D タグの移動を検出するように構成される、照射された前記応答指令空間内に配置されるセンサをさらに含み、

前記センサは、前記 R F I D 受信機システムに対してセンサ出力を通信するように構成され、

前記 R F I D 受信機システムは、前記センサ出力を含む情報を用いて、検出される前記 R F I D タグ情報が、前記 1 つのエキサイタによって照射された前記応答指令空間内に配置された R F I D タグ由来であるかどうかを判定するように構成される、請求項 1 8 に記載の R F I D システム。

【請求項 2 0】

前記 R F I D タグ情報は、R F 信号であり、

前記 R F I D 受信機システムは、前記 R F I D タグ情報の R F 信号の特徴に関する情報を収集するように構成され、

前記 R F I D 受信機システムは、前記 R F I D タグ情報の前記特徴を含む情報を用いて、検出された前記 R F I D タグ情報が、前記 1 つのエキサイタによって照射される前記応答指令空間内に配置される R F I D タグ由来であるかどうかを判定するように構成され、

前記 R F I D タグ情報の R F 信号の収集される前記特徴は、信号強度、信号対雑音比、及び到着方向を含む、

請求項 1 8 に記載の R F I D システム。

【請求項 2 1】

前記 R F I D 受信機システムは、繰り返して、前記複数のエキサイタに複数の応答指令空間を連続して照射させ、かつ前記 R F I D タグ情報の検出を記録させ、

前記 R F I D 受信機システムは、前記応答指令空間が照射されるときに前記 R F I D タグ情報が検出された読み取り率を含む情報を用いて、検出された情報が、前記複数のエキサイタの 1 つによって照射される前記応答指令空間内に配置される R F I D タグ由来かどうかを判定するように構成される、請求項 1 8 に記載の R F I D システム。

【請求項 2 2】

前記 R F I D 受信機システムは、前記エキサイタのトポロジーに関する情報を有し、

前記 R F I D 受信機システムは、前記エキサイタのトポロジーを用いて、異なる応答指令空間における R F I D タグに対する予想検出率を推定するように構成され、

前記 R F I D 受信機システムは、前記応答指令空間が照射されるときに前記 R F I D タグ情報が検出される前記読み取り率と、異なる応答指令空間における R F I D タグに対する前記予想検出率とを含む情報を用いて、検出された情報が、前記複数のエキサイタの 1 つによって照射される前記応答指令空間内に配置される R F I D タグ由来かどうかを判定するように構成される、請求項 2 1 に記載の R F I D システム。

【請求項 2 3】

前記 R F I D 受信機システムは、前記応答指令空間が照射されるときに前記 R F I D タグ情報が検出される前記読み取り率と、前記異なる応答指令空間における R F I D タグに対する前記予想検出率とを含む情報を用いて、1 つの応答指令空間から別の応答指令空間への R F I D タグの移動を判定するように構成される、請求項 2 2 に記載の R F I D システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

10

20

30

40

50

本発明は、一般的にＲＦＩＤシステムに関し、より具体的には、少なくとも一つのＲＦＩＤ受信機システム及び複数の応答指令（interrogation）空間を画定する分散エキサイタ・アーキテクチャを取り入れるＲＦＩＤシステムに関する。

【背景技術】

【０００２】

信号対雑音比が非常に低い、及び／又は他の信号による妨害が非常に強い等、困難な環境における信号検出は、常に挑戦的な課題であった。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００３】

参照により全体を本願明細書に援用する２００８年１月９日出願の米国特許出願第１１／９７１６７８号、発明の名称「実装の複雑さが低く、パレット符号化誤り訂正を備えるＲＦＩＤシステム」に記載のＲＦＩＤシステムのようなＲＦＩＤシステムにおいて、ＲＦＩＤ受信機サブシステムは、屋内又は屋外の無線伝播チャネルにおいて、チャネル歪みをさらに伴う白色ガウスノイズが追加して存在する非常に低電力の信号を検出することに対して、処理能力と同様にＲＦフロントエンドの強化に依存する。これらの技術は、特に、高周波識別（ＲＦＩＤ）系システムに適用可能である。図１２に、米国特許出願第１１／９７１６７８号に記載の送受信リーダ及びＲＦフロントエンドの仕様と同様の、送受信ＲＦＩＤリーダを示す。リーダ（１２－９）は、ＲＦＩＤタグ・プロトコルを追跡し、同一の送受信周波数を用いて、タグ（１２－５）と通信する。この通信を示すタイムラインを、図１３に示す。プロトコルは、タグへのリーダのデータ（１３－２）並びに連続波（ＣＷ）（１３－４）の送信（１２－４）、及びタグのデータ（１３－１０）の受信（１２－２）を管理する。図１３から、タグがリーダに対してパケットを後方散乱する期間には、リーダはＣＷ信号（１３－４）を送信している。すなわち、受信信号は、送信されたＣＷ及び受信タグ信号（１２－７）の複合である。受信機サブシステム（１２－９）は、ベースバンドのダウンコンバート（１２－１２、１２－１４）、フィルタリング（１２－１６、１２－１８）、及び増幅（１２－２０、１２－２２）を実施する。ベースバンド・アンプの出力には、強いＤＣ成分と共にタグからの信号が存在する。このＤＣ成分は、ＤＣ阻止コンデンサ（１２－２７、１２－２９）を用いて消去される。ＤＣ消去の性能をさらに向上するため、ＤＣ阻止コンデンサ（１２－２７、１２－２９）への入力は、図１３に示すように、システムがタグからデータを受信している期間にのみ閉鎖するスイッチ（１２－２４、１２－２６）を通じて制御される。デジタル・プロセッサ（１２－４６）は、スイッチ制御のシステム・タイミング制御を維持し、リーダの送信期間（１３－２、１３－６、１３－１４、１３－１８）ではスイッチを開き、予想される受信期間（１３－４、１３－１０、１３－１６）ではスイッチを閉じる。ＤＣ消去コンデンサの出力には、ＡＧＣループ（１２－３２、１２－３４）、アナログ・デジタル変換器（１２－３６、１２－３８）、及び制御アルゴリズムを含むデジタル・プロセッサ（１２－４０）が後続する。

【課題を解決するための手段】

【０００４】

本発明の多くの実施形態に係るＲＦＩＤシステムは、ＲＦＩＤタグ・エキサイタ（又は単に「エキサイタ」と呼ばれる、多くの分散した送信機に関する一以上のＲＦＩＤ受信機システムを含む。エキサイタは、遠方のエキサイタへのタグ信号送信を可能にする、ＲＦＩＤ受信機システムからの信号リピータとして動作でき、次いで、この遠方のエキサイタがエキサイタの見通し範囲内において意図されるＲＦＩＤタグ収集に対して、信号をフィルタリングし、増幅し、再送信する。論理的相互接続及び通信トポロジは、集中型の制御地点から完全な接続グラフまで、拡大縮小する。物理的には、通信ネットワークは、有線又は無線のいずれかでありうる。

【０００５】

各エキサイタは、送信された信号のＲＦＩＤタグへの動的な再生成を搭載してもよく、しなくてもよいが、多くの実施形態において、各エキサイタは、十分な電力と、電子製品

10

20

30

40

50

コード・グローバル（EPCグローバル）又は国際標準化機構（ISO）等により提示される標準の要項に互換性のある波形とを放出する。RFID受信機システムからエキサイタへの送信は、これらの標準と互換であってもよく、及び／又は、例えば、米連邦通信委員会（FCC）又は他の国際的調整機関等により記載される規制要件と互換性のある他の波形を利用してもよい。

【0006】

本発明の一実施形態は、受信カバー領域内のRFIDタグからの情報を検出するように構成されるRFID受信機システムを含み、複数のエキサイタは、RFID受信機システムの受信カバー領域内に複数の応答指令空間を画定する。加えて、RFID受信機システムは、複数のエキサイタの一つを識別してRFIDタグ応答指令信号を示す情報を含む制御信号を送信するように構成され、複数のエキサイタは該制御信号を受信するように構成され、該制御信号によって識別されるエキサイタは、RFIDタグ応答指令信号を用いて応答指令空間を照射するよう構成される。

10

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明の一実施形態に係る、分散エキサイタ・アーキテクチャを含むRFIDシステムのネットワーク図であり、エキサイタはケーブルを介してRFIDシステムに接続する。

【図2】本発明の一実施形態に係る、二つのRFID受信機システム及び分散エキサイタ・アーキテクチャを含むRFIDシステムのネットワーク図であり、エキサイタはケーブルを介してRFID受信機システムに接続する。

20

【図3】本発明の一実施形態に係る、二つのRFID受信機システム及び分散エキサイタ・アーキテクチャを含むRFIDシステムのネットワーク図であり、エキサイタはRFID受信機システムと無線通信する。

【図4】本発明の一実施形態に係る、同軸ケーブルを介してRFID受信機システムに接続するよう構成されるエキサイタの概略回路図である。

【図5】本発明の一実施形態に係る、ツイスト・ペアを介してRFID受信機システムに接続するよう構成されるエキサイタの概略回路図である。

【図6】本発明の一実施形態に係る、RFID受信機システムと無線通信するよう構成されるエキサイタの概略回路図である。

30

【図7】本発明の一実施形態に係る、無線再生エキサイタの概略回路図である。

【図8】本発明の一実施形態に係る、アンテナ素子の平面図である。

【図9】本発明の一実施形態に係る、アンテナ・アセンブリの断面図である。

【図10】本発明の一実施形態に係る、受信機アンテナのアレイの平面図である。

【図11】図10に示すアレイと同様の、本発明の一実施形態に係る、受信機アンテナのアレイの断面図である

【図12】送受信RFIDリーダの概略回路図である。

【図13】タグ・プロトコル・タイミングを概念的に示すチャートである。

【図14】本発明の一実施形態に係る、RFIDアプリケーション・サーバを設定するために用いるソフトウェアの概念図である。

40

【図15】本発明の一実施形態に係る、RFIDタグが所定の応答指令空間内においてタグから検出されたかどうかを決定するための方法のフロー図である。

【図16】本発明の一実施形態に係る、タグ読み取り場所の区別を容易にするためにエキサイタが対にされる、分散エキサイタ・アーキテクチャを含むRFIDシステムを示す概略図である。

【図17】図17a及び17bは、本発明の一実施形態に係る、複数のエキサイタに対する周波数割り当て及びスケジューリングを示す概念図である。

【図18】本発明の一実施形態に係る、入力レベルの状態測定及び出力レベルのフィードバック制御ループを示すブロック図である。

【図19】本発明の一実施形態に係る、エキサイタからRFID受信機システムへのメッ

50

ページの無線通信を可能にする無線ステータス情報の帰路を有する、無線又は有線制御されるエキサイタを示すブロック図である。

【図20】二つの仮説領域間におけるRFIDタグ移動の概念図である。

【図21】本発明の一実施形態に係る、エキサイタ/仮説トポロジ、エキサイタ送信出力、エキサイタ放射パターン、及び通常のRFIDタグ放射パターンにおける励振リンク・マージンを決定するために使用できる、エキサイタとRFIDタグとの間の空間的関係の概念図である。

【図22】本発明の一実施形態に係る、所与のエキサイタにより励振される所与の仮説領域内に配置されるRFIDタグに対する、RFIDタグ読み取り率の確率を記載する、確率関数を示すチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0008】

図面に戻り、少なくとも一つのRFID受信機システム及び分散エキサイタ・アーキテクチャを含むRFIDシステムを示す。いくつかの実施形態において、所望の応答指令(interrogation)空間の全体は、応答指令空間の組に分解され、それぞれの目標応答指令空間にはエキサイタが配置される。本RFIDシステムは、エキサイタの起動を制御することによって、特定の応答指令空間におけるRFIDタグの収集から情報を取得する。応答指令空間内のRFIDタグは、RFID受信機システムによりエキサイタに提供されるRFIDタグ応答指令信号を用いて、応答指令空間を照射することによって操作される。照射されたRFIDタグは、情報を後方散乱し、これはRFID受信機システムによって検出できる。

【0009】

RFID受信機システムは、エキサイタからの全放射電力を調整することにより、それぞれの応答指令空間のサイズを制御できる。数多くの実施形態において、所望の指向性レベルを提供する各エキサイタの送信アンテナの種類を選択することにより、システム全体の性能は改善され、これにより、目標応答指令空間に対するビーム幅を制御している。いくつかの実施形態において、エキサイタは、ケーブルを介してRFID受信機システムに接続される。数多くの実施形態において、エキサイタは、RFID受信機システムに無線接続される。

【0010】

応答指令空間のトポロジが定義されると、本発明の実施形態に係るRFIDシステムは、個々の応答指令空間の照射を制御し、RFIDタグを有する物品に関する位置情報を取得できる。多くの実施形態において、RFIDシステムは、エキサイタをポーリングする。いくつかの実施形態において、RFIDシステムは、応答指令空間内の変化(例えば、移動)を検出する追加センサを取り入れることができ、RFIDシステムは、隣接する応答指令空間に関連付けられて対応するエキサイタ及び/又はエキサイタ(複数)を起動し、RFIDタグを有して応答指令空間の間を移動するいずれの物品に関する情報を得ることができる。

【0011】

分散エキサイタ・アーキテクチャの使用時に遭遇しうる問題は、RFIDタグがエキサイタ応答指令空間の外で読み取られる(偽の読み取り)可能性である。いくつかの実施形態において、RFIDシステムの様々な特徴に関する情報が、偽の読み取りの発生を検出するために使用される。数多くの実施形態において、応答指令空間のセンサからのデータ、他の応答指令空間において検出されたRFIDタグ情報及び/又は検出されたRFIDタグ情報のRFの特徴は、偽の読み取りが発生したかどうかを決定するために用いることができる。多くの実施形態において、応答指令空間内に位置するRFIDタグに対して、予測読み取り率に基づく偽の読み取りを検出するために、統計分析が用いられる。これらの実施形態において、応答指令空間の繰り返し照射及びRFIDタグ検出率は、RFIDタグがありそうな位置を決定するための予測検出率と比較される。いくつかの実施形態において、予測検出率は、RFIDシステムのエキサイタのトポロジについての知識を用

10

20

30

40

50

いて得られる。

【 0 0 1 2 】

本発明の実施形態に係る分散エキサイタ・アーキテクチャを含む R F I D システムを、図 1 に示す。R F I D システム (1 - 1) は、受信機アンテナ (1 - 4) のアレイと、ケーブル (1 - 1 0、1 - 9、1 - 1 6、1 - 2 2、1 - 2 6) を介して R F I D 受信機システムにデジタイズされる複数のエキサイタ (1 - 6、1 - 1 4、1 - 1 8、1 - 2 3、1 - 2 8) に接続される R F I D 受信機システム (1 - 2) とを含む。R F I D 受信機システム (1 - 2) は、接続 (1 - 3 4) を介して、L A N (1 - 3 2) にも接続される。R F I D アプリケーション・サーバ (1 - 3 0) は、接続 (1 - 3 6) を介して L A N に接続される。複数のエキサイタは有線として示されているが、多くの実施形態において、エキサイタは、R F I D 受信機システムと無線通信する。

10

【 0 0 1 3 】

動作中は、R F I D 受信機システム (1 - 2) は、エキサイタの起動を制御する。ケーブル・セグメント (1 - 1 0、1 - 1 2、1 - 1 6、1 - 2 2、1 - 2 6) は、R F I D 受信機システム (1 - 2) から各エキサイタに、直流 (D C) 電力及び制御コマンドの両方を搬送する。R F I D 受信機システム (1 - 2) からエキサイタに送信される「帰路信号」は、エキサイタ・モジュールから I D タグへの所望の波形出力を生成するために、全ての必要な信号の特徴及びパラメータを埋め込む。いくつかの実施形態において、各エキサイタは、N - ビット・アドレスによってコマンド及びアドレス指定が可能であり、N は 1 6 から 3 2 ビットの範囲である。R F I D 受信機システムがサポートできるビーム数によるが、エキサイタ (1 - 8、1 - 1 4、1 - 1 8、1 - 2 3、1 - 2 8) は、連続した又は並列した動作が可能である。図示の実施例において、R F I D 受信機システム (1 - 2) は、単一のアンテナ・アレイ (1 - 4) を含み、単一ビームを生成できる。他の実施形態において、R F I D 受信機システムは、複数のアンテナ・アレイを含み、複数のビーム (下記説明を参照) を生成できる。

20

【 0 0 1 4 】

各エキサイタの応答指令空間及び送信電力は、R F I D 受信機システム (1 - 2) による管理及び制御が可能である。図示の実施形態において、R F I D 受信機システム (1 - 2) は、エキサイタを制御し、異なるサイズの応答指令空間 (1 - 8、1 - 1 5、1 - 2 0、1 - 2 4 及び 1 - 2 8) を作成する。加えて、受信力パー領域は構成可能である。R F I D 受信機システムは、全力パー領域 (1 - 1 1) からの信号を受信できる。あるいは、R F I D 受信機システムは、指定されたエキサイタ応答指令空間 (1 - 1 2、1 - 2 1) に、最適にビーム形成することができる。

30

【 0 0 1 5 】

R F I D アプリケーション・サーバ (1 - 3 0) は各エキサイタを複数の次元、すなわち時間、周波数及び空間において、調和的に動作するよう予定する。数多くの実施形態において、R F I D アプリケーション・サーバ (1 - 3 0) は、S / T V F D M (空間、時間及び周波数分割多重) のためのスケジューラを含み、これは、目標応答指令空間内において全ての R F I D タグを成功裏に操作する確率を最大化する最適化アルゴリズムを利用する。加えて、コントローラは、様々な調整の制約を満足する目的で、各エキサイタに対する周波数チャンネルの予定において、周波数ホッピングを利用できる。

40

【 0 0 1 6 】

本発明の実施形態に係る、R F I D アプリケーション・サーバによって割り当てられる周波数チャンネルを示すエキサイタ・レイアウト及びタイムラインを、図 1 7 a 及び 1 7 b に示す。タイムライン (1 7 - 4) は、9 0 0 M H z の I S M バンド (1 7 - 1 0) 内の、タイムラインに対するチャンネル選択を表す。時間「1」の例示の実施例において、エキサイタ 1 2、1 5、7、1 1、1 0、3、9、4、2、1、6、1 4、1 6、8、1 3、及び 5 は、それぞれチャンネル 7、1 6、2 3、2 5、3 4、4 0、4 4、4 6、4 9、5 0、5 1、及び 5 2 上での動作のために起動される。複数のエキサイタが所与のチャンネルを占有し、これらのエキサイタが同じトポロジーに位置する (例えば、エキサイタ 7 及

50

び 11) 程度までは、衝突が発生しうることに注意されたい。したがって、周波数/エキサイタ・マッピング計画においては、より良好な選択を行えた可能性もある。しかしながら、例示の実施例においては、動作中のエキサイタ(17-8)にランダムな周波数が割り当てられ、これは、場所を共有する周波数の衝突(例えば、チャンネル23において、時間の例1ではエキサイタ7と11との間)がありうることを意味する。規制の制約を順守しながら、全体の緩衝を低減するために、周波数の再利用及びエキサイタ配置計画(14-12)(S/T/FDM)を利用できる。本発明の実施形態に係る、二つのRFID受信機システム及び分散エキサイタ・アーキテクチャを含むRFIDシステムを、図2に例示する。このRFIDシステムは、二つのRFID受信機システム(2-2、2-20)を含み、それぞれは別個の受信機アンテナ(2-4、2-22)のアレイを有し、接続(2-23、2-25)を介してLAN(2-21)に接続される。複数のエキサイタ(2-6、2-52、2-58、2-64、2-32、2-28、2-38、2-48、2-44、2-72、2-70)は、二つのRFID受信機システムに接続し、複数の応答指令空間(2-13、2-54、2-69、2-66、2-34、2-28、2-40、2-46、2-49、2-72)を生成する。図示の実施形態において、エキサイタは二つのグループを形成し、各グループは別個のケーブル(2-24、2-30、2-36、2-42、2-50及び2-10、2-12、2-56、2-62、2-68)によりRFID受信機システムに接続される。RFIDアプリケーション・サーバ(2-51)は、LAN(2-21)を通じてRFID受信機システム(2-2、2-20)と連動し、エキサイタ応答指令空間の制御、支配権、調整、校正及び最適化を含むエキサイタ動作を管理する。本発明の実施形態に係るRFIDアプリケーション・サーバの機能は、さらに以下で説明する。

【0017】

図2に例示する実施形態から分かるように、各RFID受信機システムは、別個の受信カバー領域(2-5、2-29)を有する。したがって、複数のRFID受信機システムの使用により、システムのカバー領域の増加が可能となる。加えて、異なるカバー領域にあるエキサイタは、同時に起動可能である。図示の実施形態において、いくつかのエキサイタ(2-32、2-44)は、RFID受信機システムの両方のカバー領域内の場所を占有する。二つのエキサイタ(及びRFIDタグ)が異なる応答指令空間において同時に送信を行うときに、各RFID受信機システムにおけるビーム形成は、他のRFID受信機システムの応答指令空間に、ヌル配置を許容し、これによって衝突を回避する。

【0018】

本発明の実施形態に係るRFID受信機システム及び無線通信するエキサイタを使用して構築される、複数のRFID受信機システム及び分散エキサイタ・アーキテクチャを含むRFIDシステムを、図3に示す。このRFIDシステムは、エキサイタがRFID受信機システムと無線通信するよう構成される点を例外として、図2に示すシステムと同様である。各RFID受信機システム(2-2'、2-20')は、受信(2-4'、2-22')及び送信アンテナ(3-6、3-8)を有する。送信アンテナは、エキサイタに順方向リンクを放射する一方、受信アンテナ・アレイは、各エキサイタの応答指令空間内において、RFIDタグから信号を受信する。順方向リンクは、エキサイタ識別(ID)番号、コマンド、制御及び管理情報も搬送する。図示の実施形態において、二つのRFID受信機システム(2-5'、2-29')に対する受信カバー領域を示す。カバー領域(2-5'、2-29')間の重複領域は、受信領域のビーム形成と、エキサイタ動作の周波数又は時間の調整とを通じて管理される。RFIDアプリケーション・サーバ(3-7)は、LAN(2-21')を通じて二つのRFID受信機システム(2-2'、2-20')と連動し、応答指令空間の最適化と同様に、エキサイタの制御、コマンド、調整及び校正を含むエキサイタの動作を管理する。

【0019】

本発明の実施形態に係る、有線エキサイタの実装を、図4及び5に示す。図4は、同軸ケーブルを介してRFIDシステムに接続するよう構成される、本発明の実施形態に係る

10

20

30

40

50

エキサイタを表す。図5は、エキサイタがCAT-5又は6導線を介して接続できる、汎用ツイスト・ペア(UTP)を介してRFIDシステムに接続するように構成される、本発明の実施形態に係るエキサイタを表す。

【0020】

図4に例示する実施形態において、複数のエキサイタ(4-52)をデジチーチェーンするための、リーダ同軸インタフェース(4-2、4-4、4-6、4-8、4-12)及びインタフェース(4-14)を示す。RFID受信機システムからの受信信号は、通常は制御信号を搬送し、これは復調並びに変調コマンド、及び制御メッセージ・モジュール(4-10)によって処理され、自己較正及び自動レベル制御(ALC)ループ(4-18、4-20、4-48、4-34、4-36、4-32)を制御するため、又は手動設定(4-38、4-30)に応じて送信電力を設定するために使用される。有線エキサイタに対するコマンド及び制御メッセージは、エキサイタに電力較正(後述する)を行わせ、送信信号のオン・オフを切り換えさせ、エキサイタのステータス情報の報告を制御させるメッセージを含む(図19に関して下記掲載の、無線/有線ハイブリッド・エキサイタの記載を参照されたい)。受信RF信号は、次のエキサイタ(4-52)と送信RFチェーン(4-40)との間のカプラ(4-8)を用いて分割される。RFチェーンは、受信ローノイズ・アンプ(4-16)と、フィードバック・ループ及び電力アンプ(PA)(4-24)からなるALCループ(4-22、4-20、4-24、4-48)とを含む。PA出力後は、送信アンテナ・パッチ(4-28)に続く。加えて、エキサイタは、一以上の外部アラーム(4-58)に対するインタフェースを有し、これは内部プロセッサ(4-47)に連動される。

【0021】

本発明の一実施形態に係る自己較正及び自動レベル制御ループを、図18に示す。このブロックは、入力(18-1)及び出力(18-4)の電力レベルを測定する。-10dBミリワットから27dBミリワットの間に入力電力レベルは、許容可能範囲内にあると考えられる。入力信号がこの範囲の中にある場合、出力電力レベル測定(18-3)のブロックは、信号をアンプ・モジュール(18-2)にフィードバックし、全体の出力電力レベルが30dBミリワットとなるように、電力アンプのゲインを制御する。この出力レベルは、900MHz帯において動作する周波数ホッピング・システムに対するFCCの総放射電力規制に準拠する。他の実施形態において、エキサイタの総出力電力レベルは、他のアプリケーションの制約にしたがって制御できる。図18に例示する実施形態は、特に、エキサイタが受信制御信号を再生成するアプリケーションに有用である。本発明のいくつかの実施形態に係る、RFIDタグ呼出波形を合成する無線エキサイタは、単に出力レベルをモニタし、これにしたがって送信機電力を調整する自動制御ループを利用できる。

【0022】

図5を参照し、CAT-5又は6のケーブル(5-4、5-72)を用いる、UTPインタフェースを有するエキサイタを示す。UTPインタフェースが用いられるときに、エキサイタとRFIDシステム(5-4)との間のインタフェースは、ベースバンドにある。エキサイタは、ベースバンド信号を検出し、指定されたRF周波数にこれを変調する。同軸インタフェースが用いられるときに、インタフェースは高周波にあり、この高周波が繰り返され、ベースバンドは制御信号を搬送する。RFID受信機システムがエキサイタに送信する生データは、制御及びコマンド信号と共に、変調されてRFIDタグに送信されるデータを含む。同軸バージョンと同様に、UTPエキサイタは、UTPコネクタを用いてデジチーチェーン(5-2、5-4、5-6、5-8、5-10、5-12、5-14、5-72、5-74)が可能である。復調及び復号化コマンド及び制御メッセージ・モジュール(5-18)は、RFシンセサイザ(5-22)、変調器(5-26)、自己較正及びALC制御ループ(5-24)、及び送信電力手動設定サブシステム(5-20)を較正するために使用されるコマンド及び制御データを復号化する。データ復号器及び変調器(5-26)は、関連標準にしたがって送信データを検出して再変調し、これにア

アップコンバート（５－２８、５－６０、５－５８）及び自動ゲイン制御（５－３２、５－３４、５－３６、５－２４）が後続する。増幅された信号は、接続（５－６６）を介して、送信アンテナ・パッチ（５－４０）に供給される。エキサイタは、さらに、一以上の外部アラーム（５－８０）に対するインタフェース（５－７６）を有し、これは内部プロセッサ（５－１６）と連動する。

【００２３】

本発明の実施形態に係る無線エキサイタを、図６に示す。ＲＦＩＤ受信機システムは、送信アンテナ（６－４）を用いて一つの周波数にある無線エキサイタと通信する一方、その受信機アンテナのアレイを用いて、異なる周波数にあるタグからデータを受信する。図示の実施形態において、無線エキサイタは、９００ＭＨｚのＩＳＭバンドを利用するＲＦレピータとして動作する。他の実施形態において、他の周波数帯が用できる。ＲＦ信号は、ＲＦＩＤ受信機システムの送信アンテナ（６－４）によって送信される信号から、ダウンコンバート出力接続（６－２０）におけるベースバンドにダウンコンバートされ、次いでベースバンド信号は、アップコンバート出力接続（６－３０）における選択周波数にアップコンバートされる。ダウン及びアップコンバートに対して指定された周波数は、例えば９００ＭＨｚのＩＳＭバンドを使用し、ＲＦコマンド・チャネルを用いてエキサイタに通信される。同じ方法は、他の周波数帯に使用できる。エキサイタ・パッチアンテナ（６－６）は、さらに後述するが、ＲＦ信号を受信及び送信するための二つの配線を含む。ＲＦＩＤ受信機システムは、エキサイタに、コマンド、制御、及び送信周波数計画情報を送信する。コマンドは、復調及び復号コマンド及び制御メッセージ・モジュール（６－７４）によって検出され、デュアル・シンセサイザ（６－６６）、自己較正及びＡＬＣループ（６－５４、６－３６、６－５０、６－３８）、及び送信電力手動設定ループ（６－５６、６－４８）を制御するよう処理される。

【００２４】

無線エキサイタに対する命令及び制御メッセージは、エキサイタに電力較正を行わせ、送信信号をオン・オフさせ、エキサイタのステータス情報の報告を制御させ（後述する無線／有線ハイブリッド・エキサイタの説明を参照）、送信周波数を選択させ、様々な送信波形の特徴を定義する他のパラメータを選択させるメッセージを含むことができる。他の実施形態において、コマンド及び制御メッセージは、他の指示をエキサイタに提供することができる。

【００２５】

エキサイタは、ＲＦＩＤ受信機システムから受信される指示に応じ、送受信周波数を用いてデュアル・シンセサイザ（６－６６）を設定する。受信周波数は、ダウンコンバート（６－１８）され、次いで特定の送信周波数にアップコンバート（６－２８）される。送信電力は、制御ループ（６－５２、６－６２、６－５０）を通じた自己較正及びＡＬＣモジュール（６－５４）、及び制御ループ（６－４８、６－５８）を通じたＴＸ電力較正を設定するサブシステム（６－５６）を用いて、設定及び較正が行われる。ＲＦ経路は、信号の完全性及び品質を維持するために必要なフィルタ（６－２２、６－３２、６－４２）及びアンプ（６－１０、６－２４、６－３８）を含む。最終ステージ（６－４２）の出力には、エキサイタ送信配線が接続されるアンテナ素子（６－４６）が後続する。加えて、エキサイタは、一以上の外部アラーム（６－８０）へのインタフェースを有し、これは内部プロセッサ（６－７０）と連動する。

【００２６】

本発明の実施形態に係る、第一の周波数において受信機システムをＲＦＩＤによって供給されるデータを復調して検出し、次いでこのＲＦ信号を異なる周波数で変調して送信する再生式無線エキサイタを、図７に示す。ＲＰＩＤ受信機システムからエキサイタ（７－２、７－５）への順方向リンクは、制御及びコマンド信号と共に、生データを搬送できる。エキサイタへのリーダ順方向リンク（７－５）は、スペクトル拡散又は任意の単純抑圧搬送波変調等の、いずれの変調フォーマットも使用できる。図示の実施形態において、このリンクの動作周波数及び送信電力は、規制要件を満たすように構成される。例えば、米

連邦通信委員会（ＦＣＣ）標準が指定するＦＣＣ第一５部は、周波数ホッピングにより満たすことができる。

【００２７】

無線エキサイタは、データ復調器及び復号器モジュール（７－７０）を用いてコマンド及び制御データを検出し、コマンド及び制御メッセージ・モジュール（７－７４）を復号化する。このコマンド及び制御データは、ＲＦシンセサイザ（７－６２）、変調器（７－３１）、自己較正及びＡＣＬ制御ループ（７－５８）、及び送信電力手動設定サブシステム（７－８６）を設定するために、無線エキサイタにより使用される。データ符号器及び変調器（７－３１）は、送信データを検出して標準に対して再変調し、次いでアップコンバート（７－３４）と、ＡＬＣループ制御モジュール（７－５８）によって管理される自動ゲイン制御ループ（７－４２、７－６０、７－４４、７－４８）が後続する。増幅された信号（７－５２）には、送信アンテナ配線及びパッチ（７－５４）が後続する。加えて、エキサイタは、一以上の外部アラーム（７－９０）へのインタフェースを有し、これは内部プロセッサ（７－８０）と連動する。

【００２８】

本発明の実施形態に係るハイブリッド無線／有線エキサイタを、図１９に示す。前述の有線及び／又は無線エキサイタによってサポートされる特徴に加えて、この設計は、ＲＦＩＤタグによって名目上使用される同一の波形を介して、ステータス（１９－９）又はセンサ（１９－１２）情報を無線で返信することが可能である。ハイブリッド・エキサイタは、有線インタフェース（名目上は同軸ケーブル）（１９－１）、受信アンテナ・インタフェース（１９－２）、周波数変換部（１９－５）及び有線出力（デジチゼーション）インタフェース（１９－６）からなる。無線又は有線のインタフェース信号は、受信周波数シンセサイザ（１９－１０）によって生成される混合周波数を用いるダウンコンバートを受ける。アナログ・デジタル変換（１９－７）の後、デジタル・プロセッサ（１９－８）は、デジタル・アナログ転換（１９－１３）のための変調波形を構築する。これらの波形は、タグ・コマンド（すなわち、タグを操作するために用いる信号）又はエキサイタのステータス情報（すなわち、ＲＦＩＤ受信機システムへのリターン・チャンネル上に送信される情報）を記載することができる。多くの実施形態において、エキサイタのステータス情報は、センサ・トリガイイベント・データ（１９－１１、１２）、エキサイタ較正情報、及び／又はエキサイタ又はその周囲環境の状況を記載する他の任意の情報を含む。ローパスフィルタ（１９－１４、１９－１５）は、シンセサイザ・ブロック（１９－１９）によって決定される混合周波数による周波数アップコンバート（１９－１６）に先行する。可変ゲイン・ブロック（１９－１７）は、出力信号（１９－１８）をバンドパス・フィルタリングする前に、所与の閾値（例えば、３０ｄＢｍ）を超えないよう、出力レベルを較正する。最終的な生成信号は、送信アンテナ（１９－２１）を通じて放射される。

【００２９】

図１９に示すハイブリッド無線／有線エキサイタは、ＲＦＩＤ受信機システムに情報を通信するために、照射されたタグのものと同様の波形を生成できる。多くの実施形態において、エキサイタは、同一のＲＦＩＤ受信機システムのハードウェア構成を、照射されたＲＦＩＤタグを検出することと、エキサイタからステータス信号を受信することとの両方に用いることができるように、照射されたＲＦＩＤタグを模倣する波形を生成できる。他の実施形態において、エキサイタからＲＦＩＤ受信機システムへのリターン・チャンネルは、従来の無線通信チャンネルであり、ＲＦＩＤ受信機は、エキサイタと通信し、ＲＦＩＤタグから情報を受け取るために、別個の受信機構成／ハードウェアを利用する。

【００３０】

本発明の実施形態に係る、リーダの送受信アレイ又はエキサイタの送受信エレメントの構造に用いることのできるアンテナを、図８に示す。このアンテナは、黄銅、銅又はアルミのプレート（８－２）を用いて作製される。プレート（８－２）は、四つのスロット（８－２２、８－２４、８－２８、８－３０）を有し、これらは円形の貫通切断部（８－４、８－６、８－８、８－２６）で終端する。送信及び受信配線を接続するための二つの貫

通孔（８－１０、８－１２）、及びプラスチック絶縁体のための四つの貫通孔（８－１４、８－１６、８－１８、８－２０）がある。

【００３１】

本発明の実施形態に係る、筐体に取り付けられる、図８に示したアンテナと類似のアンテナ素子を、図９に示す。アンテナ・アセンブリ（９－２）において、ブッシング（９－１０、９－１２）は、アンテナ素子（９－４）をプリント基板（ＰＣＢ）（９－１８）に接続し、これはアンテナ接地平面としても機能する。この接続は、ＰＣＢへのブッシングのピン（９－１４、９－１６）及び素子への貫通スクリュー（９－６、９－８）による。アンテナ素子は、素子から一定距離にあるレードーム・カバー（９－１１）を用いてカバーされる。プラスチック・ピン（９－５、９－９）は、アンテナ素子をさらに安定化する。

10

【００３２】

本発明の実施形態に係る、受信アレイ構成を、図１０及び１１に示す。このアレイは、図９に示したアンテナ・アセンブリ（９－２）と同様の、四つの素子からなる。四つのアンテナ素子（１０－４、１０－６、１０－８、１０－１０）は、アンテナＰＣＢ（１０－２）に接続される。図１１に、ＰＣＢ（１０－２）、ブッシング（１１－８、１１－１０）、素子（１０－４、１０－６、１０－８、１０－１０）、及びレードーム・カバー（１１－２）の断面図を示す。図示の実施形態において、素子の中心から中心の間隔は、１６４ｍｍ（１０－５）である。他の実施形態において、素子の中心から中心の間隔は、アプリケーションの要求にしたがって決定される。

20

【００３３】

図８から図１１には特定のアンテナ構成が示されるが、特定の実施形態に係る、信号を送信及び／又は受信することが可能な他のアンテナ構成を、本発明の実施形態に用いることができる。

【００３４】

数多くの実施形態において、分散アーキテクチャにおけるエキサイタの動作は、コマンド、制御及び処理アルゴリズムを用い、ＲＦＩＤシステムによって管理され、制御される。本発明の実施形態に係る分散エキサイタの動作を制御するＲＦＩＤシステムによって調整される一連の方法を、図１４に示す。この方法（１４－１）は、エキサイタ・ネットワーク・インタフェースと、制御メッセージを提供し、通信プロトコルを管理する制御プロセス（１４－２）とを含む。多くの実施形態において、様々な方法は、エキサイタが制御される様式を決定し、エキサイタ・ネットワーク・インタフェース及び制御プロセス（１４－２）は、制御情報をエキサイタに通信するために用いられ。図示の実施形態において、エキサイタは、電力制御プロセス（１４－４）を送信し、各エキサイタから、ユーザによって指定されるように、送信電力を最適化し、制御し、管理し、較正する。いくつかの実施形態において、送信電力制御情報を含むメッセージは、エキサイタ・ネットワーク・インタフェース及び制御プロセス（１４－２）を用いて、エキサイタに提供される。

30

【００３５】

リーダーからエキサイタへの周波数ホッピング及び管理プロセス（１４－６）は、単一及び複数システムのＲＦＩＤ受信機システム配備を最適化するために、エキサイタ管理、スケジューリング及び最適化プロセス（１４－１０）と、ＲＦＩＤ周波数再利用、計画及び最適化プロセス（１４－８）と、結合する。エキサイタ周波数ホッピング及び管理プロセス（１４－６）は、周波数ホッピングを調整する。いくつかの実施形態において、周波数ホッピング及び管理プロセスは、動作中のエキサイタにランダムな周波数を割り当てる。他の実施形態において、このプロセスは、エキサイタの場所に基づいて、周波数再利用を最適化するアルゴリズムを用いるために、ＲＦＩＤ周波数再利用、計画及び最適化プロセス（１４－８）と連動して動作する。多くの実施形態において、アプリケーションに適切な他のアルゴリズムが、周波数の割り当てのために使用される。いくつかの実施形態において、エキサイタ管理、スケジューリング及び最適化プロセス（１４－１０）は、エキサイタの起動を調整する。数多くの実施形態において、このプロセスは、周期的にエキサイ

40

50

タをポーリングする。いくつかの実施形態において、センサは、エキサイタの呼出領域内においてRFIDタグを有する物品の可能性がある存在を検出し、センサ情報は、このプロセスによる個々のエキサイタの起動制御に用いられる。

【0036】

RFID読み取りエラー弁別プロセス(14-12)は、指定された呼出領域に属さないRFIDタグを検出し、フラグを立てる。本発明の実施形態に係る、RFID読み取りエラー弁別プロセスを、図15に示す。このプロセス(15-1)は、応答指令空間からセンサ・データを取得し(15-4)、タグの識別コードを含むRFIDタグデータを検出し(15-06)、信号強度、信号対ノイズ比(SNR)及び到達方向を含む、検出されたタグ情報のRF特徴を決定する(15-8)。このプロセスは、収集したセンサ・データ、RFIDタグデータ及びRF特徴を用い、該RFタグデータが、RFIDシステムによって起動されたエキサイタの応答指令空間の外に位置していたかどうかを決定する。様々な方法を用いて、上述の情報と同様の収集された方法に基づいて、RFIDタグデータが、応答指令空間の外に位置するタグから読み取られたかどうかを決定できる。特定のプロセスは、さらに以下で説明する。

【0037】

本発明の実施形態に係る、分散エキサイタ・アーキテクチャを含むRFIDシステム展開を、図16に示す。この展開は、三つの応答指令空間(16-14、16-16、16-18)を含む。この展開において、各応答指令空間は、二つのエキサイタ(16-2、16-4及び16-6、16-8、及び16-10、16-12)を利用する。多くの実施形態において、RFIDシステムは、図15に示したプロセスと同様のプロセスを利用して、各応答指令空間を照射し、RFIDタグデータがエキサイタの応答指令空間の中に位置するタグから読み込まれたかどうかを識別する。

【0038】

例えば、第一の応答指令空間(16-16)にあるRFIDタグの読み取りを意図するときに、リーダ(16-22)は、タグ「x」(16-34)、及びタグ「y」(16-36)を読み取る。データは、他のエキサイタから収集することも可能であり(例えば、「x」はエキサイタ(16-6及び16-8)により読み取られたが、「y」はエキサイタ(16-10、16-6及び16-12)により読み取られた)、各信号に対するSNRが比較される(例えば、タグ「y」に対するSNRは、エキサイタ(16-6及び16-8)を用いたときに、タグ「x」に比較して低かった)。収集した情報を使用して、RFIDアプリケーション・サーバは、タグ「y」(16-36)が実際に第一の応答指令空間(16-16)に属するという結論を出すことができる。

【0039】

RFIDタグデータが応答指令空間の中に位置するRFIDタグに関連付けられるかどうかを決定するために用いる方法は、アプリケーションに依存しうる。いくつかの実施形態において、読み取り率の情報が、RFIDタグとエキサイタとの関係を識別するために用いられる。本発明の実施形態に係るRFIDタグの位置に関する結論を導出するための、読み取り率に依存する様々な方法は、後述する。

【0040】

本発明の実施形態に係る多くのプロセスは、RFIDタグ読み取り率に関する情報を蓄積することにより、情報が受信されたRFIDタグの位置を決定し、タグ位置を決定する目的で、読み取り率の情報を、エキサイタ及び領域のトポロジーの記載と組み合わせる。読み取り率とトポロジーの記載との組み合わせは、「イベント感知」に関する読み取りの区別の問題に取り組むことにより、タグが関心領域内に位置していないときの読み取りエラーの検出を可能とする。特に、RFIDシステムは、一つの「仮説領域」から他へ移動しているタグを含むイベントに関心を有する。これらのイベントは、「移行イベント」と呼ぶことができる。いくつかの実施形態において、移行イベント(又は移行仮説)の確率は、読み取りを区別するプロセスに通知する。

【0041】

移行仮説は、

【数 1】

$$p(x_a | y_{\{poll, sense\}}^{e_j})$$

という量を、タグが領域 x_a にあるという事後確率として定義することにより決定でき、エキサイタ e_i によるタグ観測量

【数 2】

$$y_{\{poll, sense\}}^{e_j}$$

を用い、エキサイタはポーリング (poll) 又はセンサ (sense) 駆動モードとする。ポーリング駆動モードにあるエキサイタは、厳密に周期的なやり方で、RFID 受信機システムによって起動される。センサ・イベント (例えば、ビーム中断又はマシビジョン動作) が検出されるときには、センサ駆動モードにあるエキサイタが有効化される。大部分の時間、エキサイタは、一連の可能なエキサイタの間で RFID 受信機システムへのアクセスが均等に時間分割される、ポーリング・モードで動作する。これは、感知するイベントがトリガされるまで、エキサイタのサブセットが RFID 受信機システムへの排他的アクセスを与えられる時点において、発生する。

【0042】

移行仮説に関連するイベントは、図示できる。一連の関心領域及び複数の分散エキサイタを、図 20 に示す。図示の実施形態において、RFID タグ (20-1) を有する物品は、第一の場所 x_1 から第二の場所 x_5 に移動する。タグが仮説領域 x_1 又は x_3 から領域 x_5 へ移動した事後確率は、次式の確率を評価することによって決定できる。

【数 3】

$$\frac{(p(y_{poll}^{e_1} | x_1) + p(y_{sense}^{e_1} | x_5))(p(y_{poll}^{e_2} | x_1) + p(y_{sense}^{e_2} | x_5))(p(y_{poll}^{e_1} | x_3) + p(y_{sense}^{e_1} | x_5))(p(y_{poll}^{e_2} | x_3) + p(y_{sense}^{e_2} | x_5))}{C_x p(y)}$$

【0043】

正規化パラメータ C_x 及び $p(y)$ は外すことが可能である (正規化は、最終的な別個のステップとして扱うことが可能である)。類似の移行イベントの確率は、以下の合計の積を用いて、より一般的に記載できる。

【数 4】

$$\prod_{a \in A_{origin}} \prod_{e \in E_{dest}} (p(y_{poll}^e | x_a) + p(y_{sense}^e | x_{dest}))$$

式中、 A_{origin} は目標仮説への移行が可能な仮説セットであり、 E_{dest} は、目標仮説の周辺のエキサイタのセットである。

【0044】

以下、システムが

【数 5】

$$p(y_{poll}^e | x_a) + p(y_{sense}^e | x_{dest})$$

という式の合計を取得する方法について重点的に記載する。

【0045】

ここで、仮説領域 x_1 に対するエキサイタ e_j のトポロジー形態の記載を提供する、図 21 を参照する。このような組み合わせのそれぞれに対して、典型的なエキサイタ・リンク・マージン (同一タグの起動に必要な絶対最小量の電力を超える、タグに到達する電力の量) を決定できる。このリンク・マージンは、エキサイタ電力レベル、 P_t 、エキサイタ・ポアサイトからの角度、エキサイタから仮説への平均距離 d 、及び予想されるエキサイタとタグの放射パターンの知識を用いて、良好に近似される。

【0046】

図 22 を参照すると、図 21 から生成したエキサイタ・リンク・マージンは、仮説領域

10

20

30

40

50

x_1 内に位置する場合に、タグが読み取られる所与の時間のパーセンテージ（読み取り率）の尤度を記載する、確率関数（p m f）を生成するために用いられる。読み取り率（RR）は、経験的には、固定された時間インターバル内にタグが読み取られる回数を計数し、この量を、同一の時間期間に可能であった読み取り可能回数で除算することにより決定される（読み取り率は、エキサイタID、仮説領域、及びタグIDの三者一組に対して付されることに注意されたい）。読み取り率は、エキサイタ（e）及び仮説領域（ x_j ）を添え字として、符号RR_{e, x}を用いる。関連する読み取り率は、ポーリング又はセンサ駆動モードにあるエキサイタ（e）により、仮説領域の位置によって決定されるものと暗黙的に見なされる。目標仮説領域は、通常は、センサ駆動モードを用いて読み込まれる。前述の定義を前提として、次のガウス確率関数上の点として、関心プロダクトを特定できる。

10

【数6】

$$p(y_{poll}^e | x_a) + p(y_{sense}^e | x_{dest}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{e,x_a}^2}} e^{-\frac{(RR_{e,x_a} - \mu_{e,x_a})^2}{2\sigma_{e,x_a}^2}} + \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{e,x_{dest}}^2}} e^{-\frac{(RR_{e,x_{dest}} - \mu_{e,x_{dest}})^2}{2\sigma_{e,x_{dest}}^2}}$$

これは、単純に二つのガウス関数をかけ合わせた積である。合計の移行確率の積を実行することに先行して、所与のエキサイタ、e、に関連する全ての確率は、次式のように正規化されることに注意されたい。

【数7】

20

$$\sum_{a \in H} (p(y_{poll}^e | x_a) + p(y_{sense}^e | x_{dest})) = 1$$

式中、Hは、全ての仮説領域のセットである。

【0047】

上述のプロセスは、エキサイタのビーム及びタグ環境に関連して、所与の位置におけるタグを読み取る確率のモデルを含むことも可能である。このようなモデルは、大規模な構造が周波数ホッピングによって何らかの形で標本化される、空間的なマルチパス分野を含む。この予測される確率は、タグが読み取られたか否かという、各仮説に対するベイズ推定を更新する読み取り機会のそれぞれに用いることが可能である。これらの仮説のそれぞれは、時間に対する特定の空間軌跡を有しており、固定しているタグもあれば（全ての測定に対して同一の位置にある）、移動しているものもある（ドアや搬入出領域を通過する等、通常は特定の方向に一定速度）。RFIDシステムの外部にあるセンサは、時間的に移動すると推定される軌跡を配列するために用いられるため、全ての読み取り機会のアプローチに対して単純化した推測、すなわち、読み取り部分の統計はイベント前後の主要な時間インターバルの間に維持できるという推測を行う。読み取り部分の平均についての統計は、読み取りの個々の確率及びインターバルにおいて読み取る機会数に基づく、ポアソン統計に従うことが多い（これに対する例外は、静止したタグの場合であり、経時的な読み取り部分の間には強い相関があり、この相関は、大まかには波長/半波長の相関距離を有する、空間的な相関関数に算入することができる）。発明者の好ましい実施形態（上記の）において、発明者は、読み込み部分についてのガウス分布を用いて、ポアソン統計を近似している。

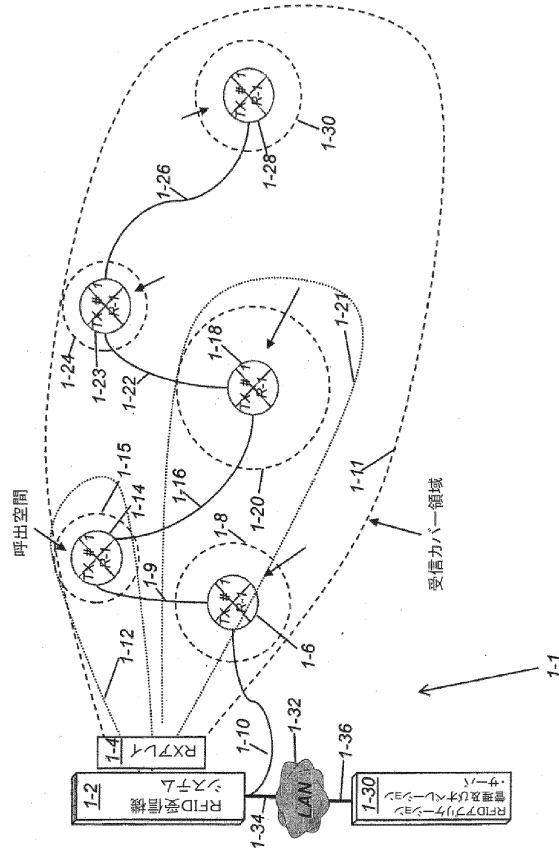
30

40

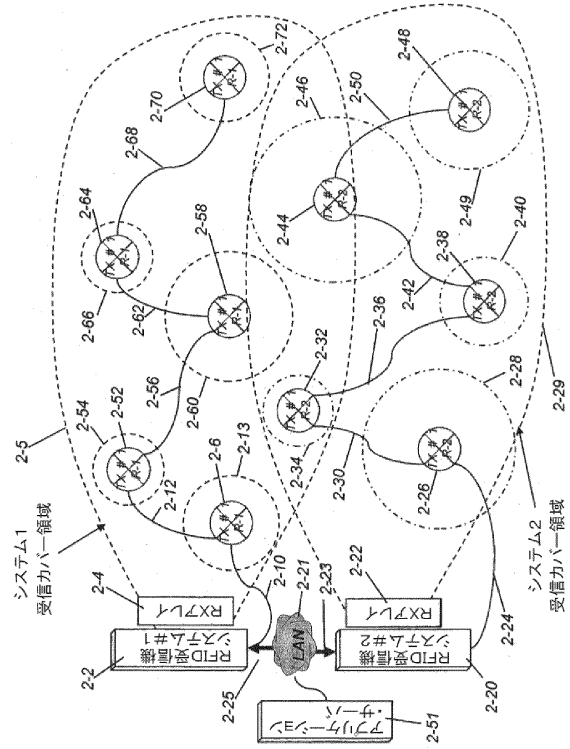
【0048】

上記記載は、本発明の多くの特定の実施形態を含む一方、これらは本発明の範囲における制約ではなく、むしろその一実施形態の一例として解釈すべきである。したがって、本発明の範囲は、例示される実施形態によってではなく、添付の特許請求の範囲及びその等価物によって決定されなければならない。

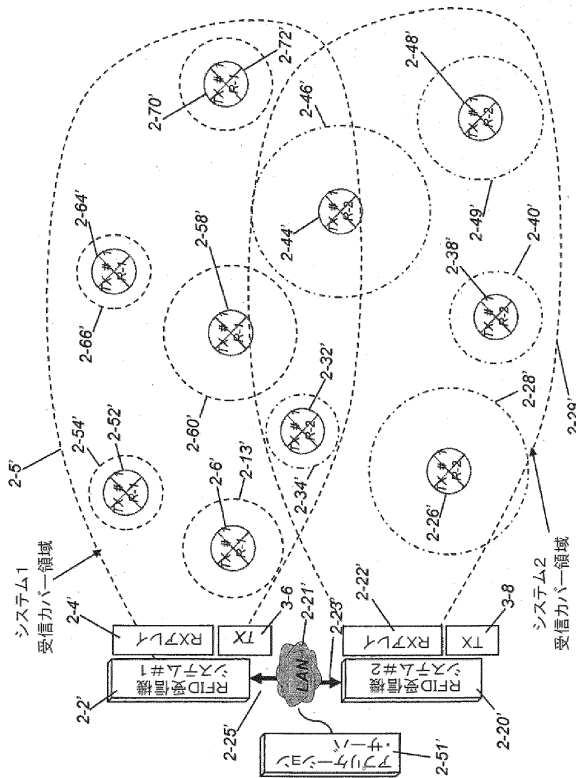
【図 1】



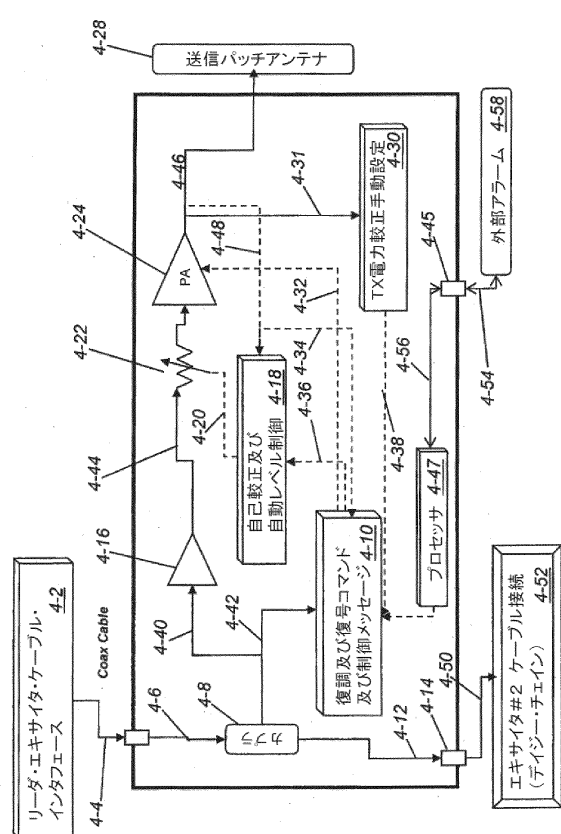
【図 2】



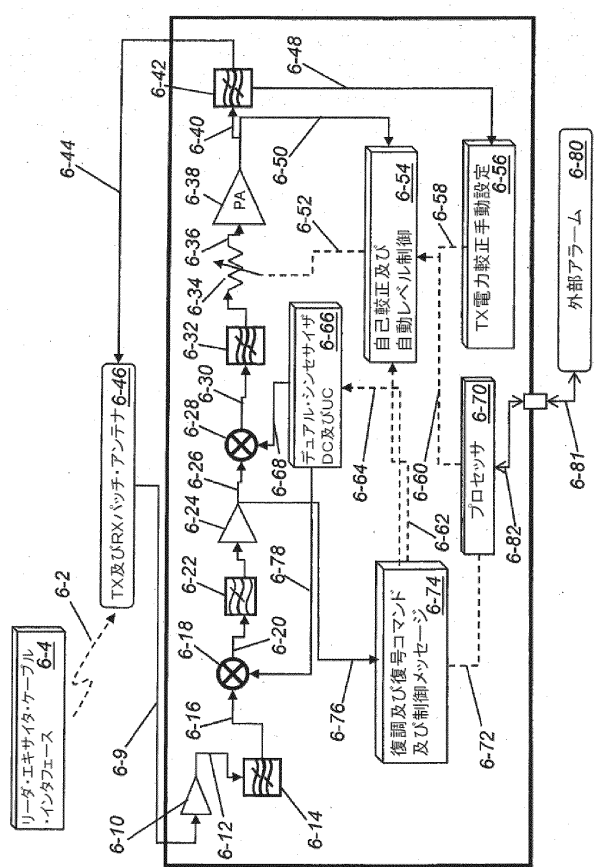
【図 3】



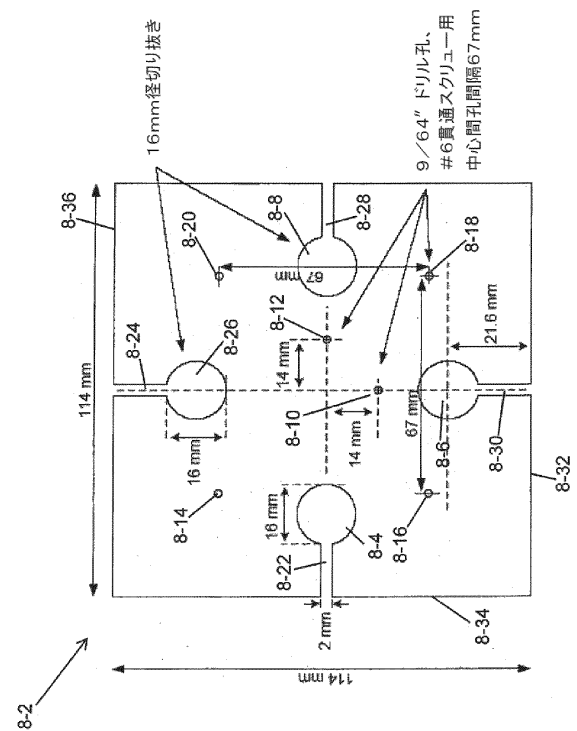
【図 4】



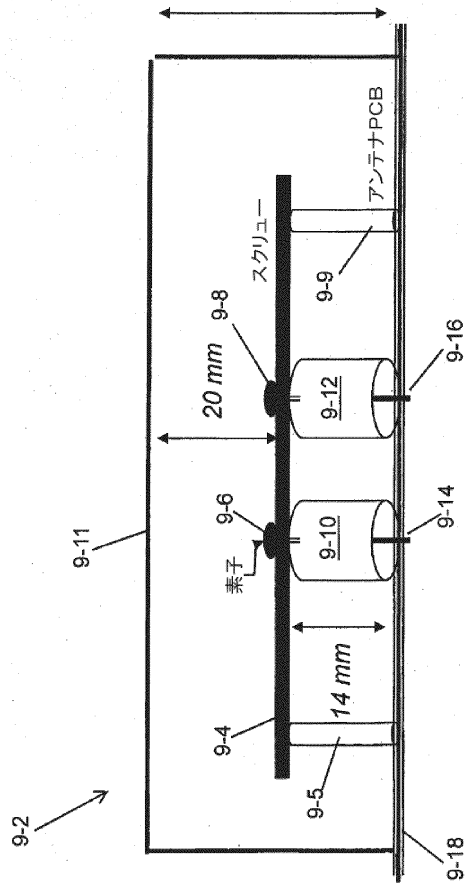
【 図 6 】



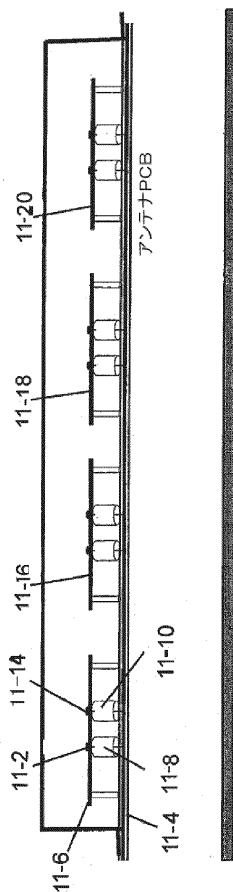
【 図 8 】



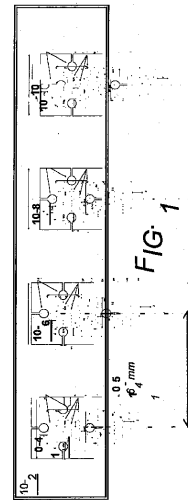
【図 9】



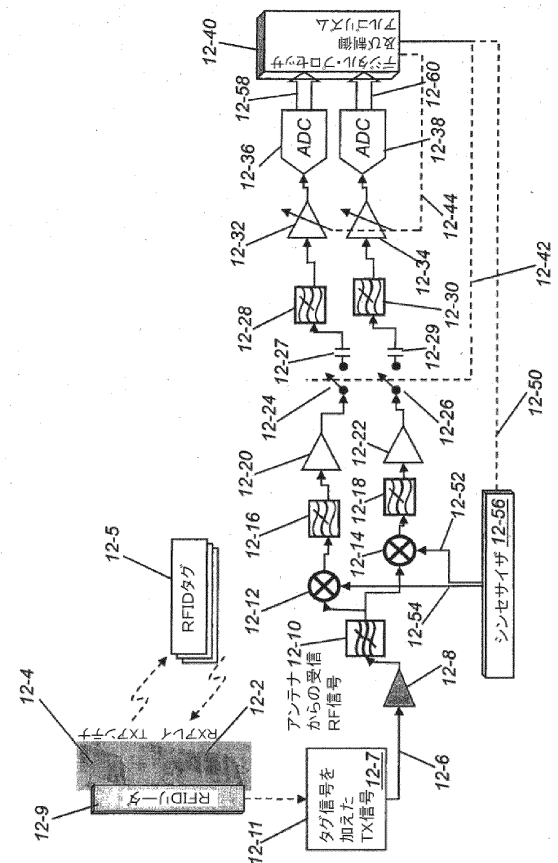
【図 11】



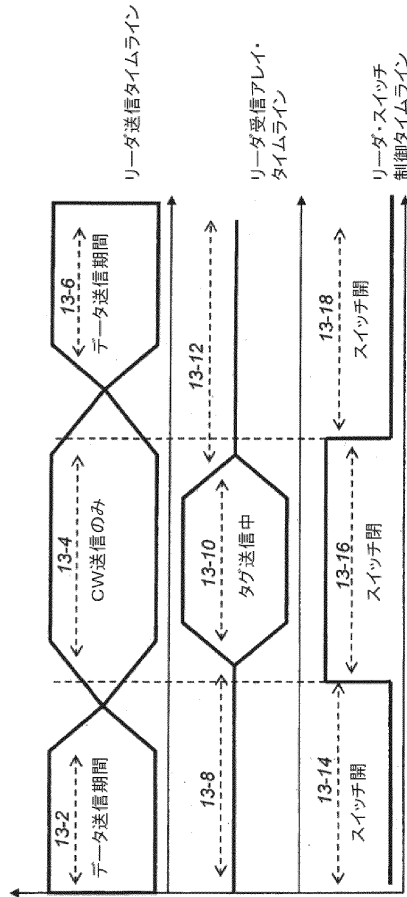
【図 10】



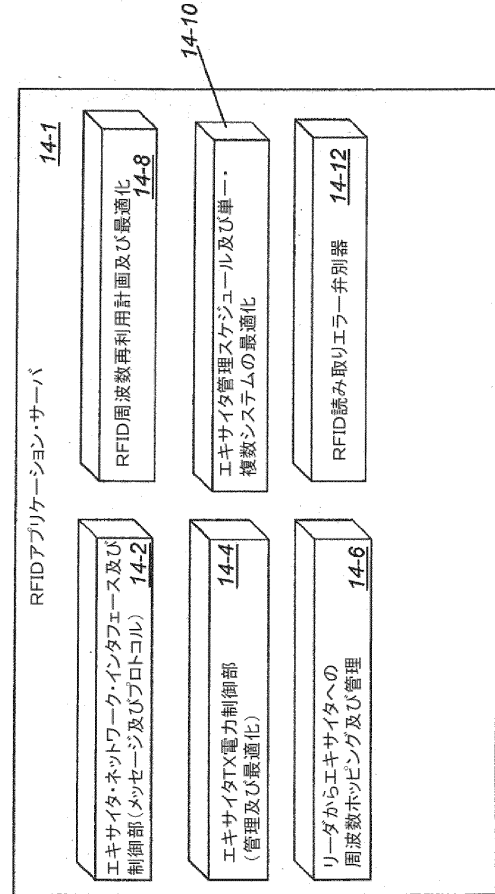
【図 12】



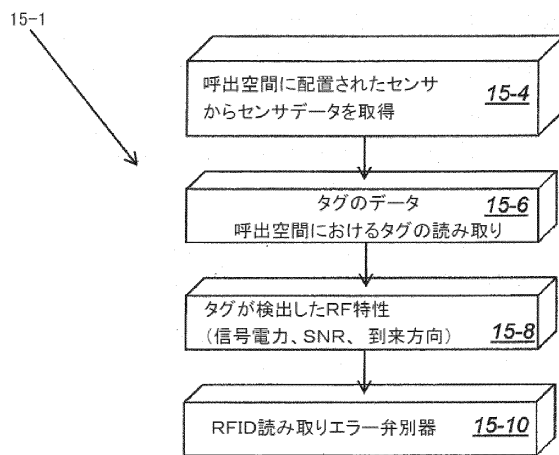
【図 13】



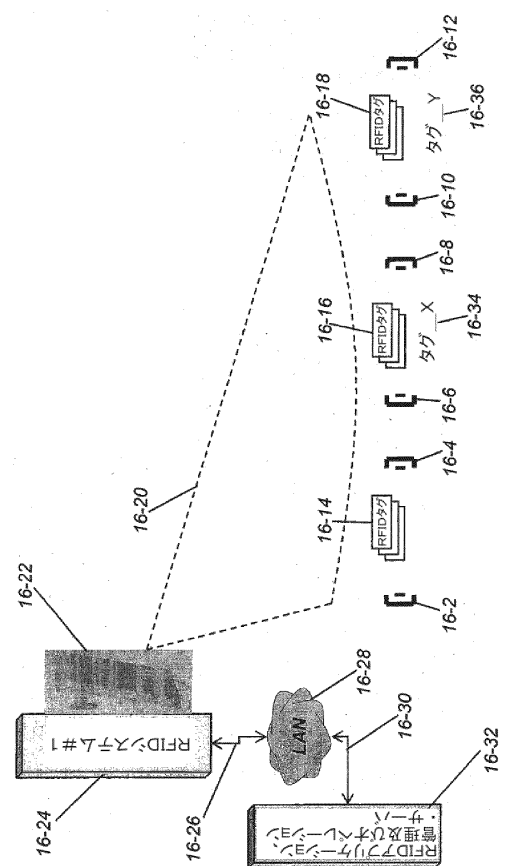
【図 14】



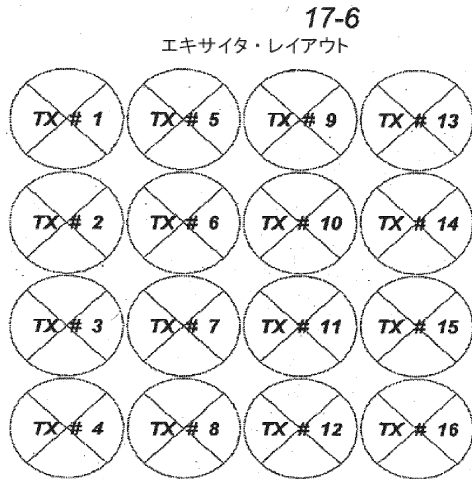
【図 15】



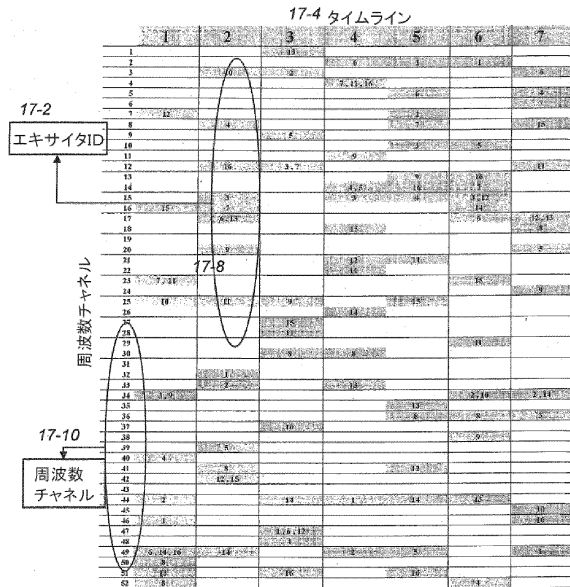
【図 16】



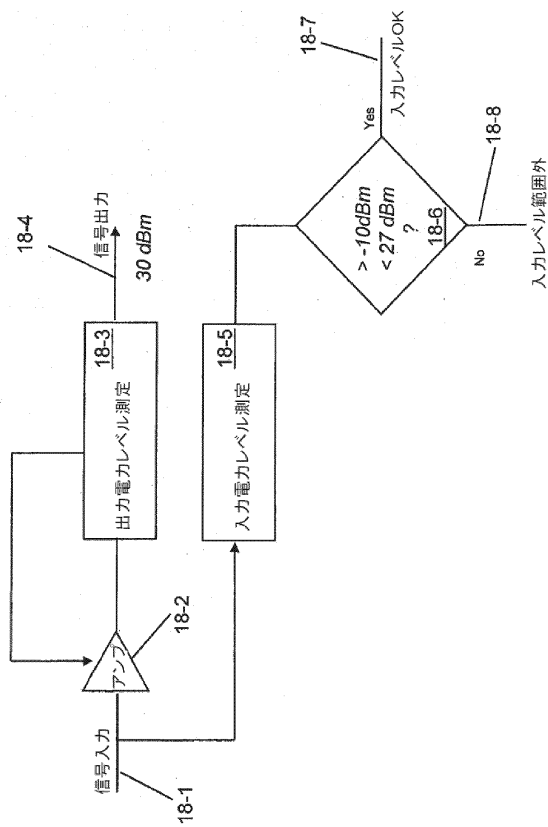
【図17a】



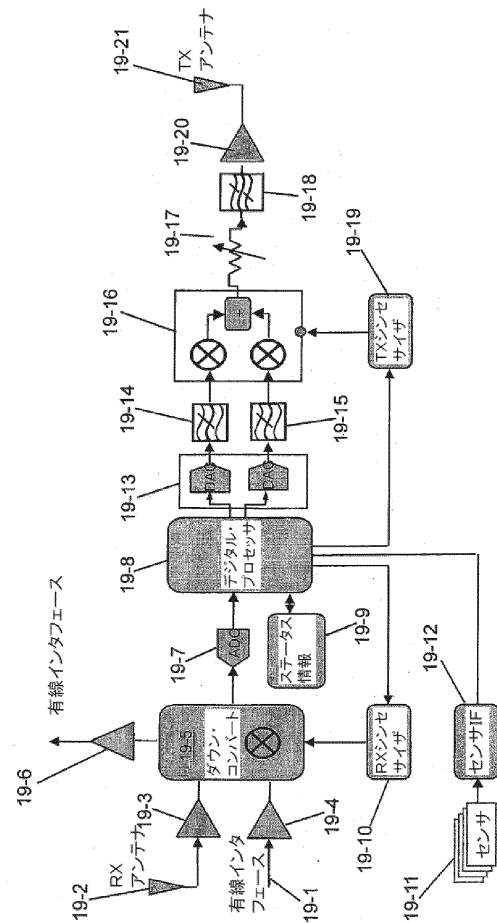
【図17b】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

- (72)発明者 リー ロバート
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ロサンゼルス スイート 250 サンタ モニカ ブール
バード 11075
- (72)発明者 マンテジ マジッド
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ロサンゼルス スイート 250 サンタ モニカ ブール
バード 11075
- (72)発明者 オリバー ゴードン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ロサンゼルス スイート 250 サンタ モニカ ブール
バード 11075
- (72)発明者 コレンダー マイク
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ロサンゼルス スイート 250 サンタ モニカ ブール
バード 11075
- (72)発明者 ジョーンズ クリストファー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 パシフィック パリセーズ カル パトリシア 1563
- (72)発明者 サイド ハサン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ロサンゼルス スイート 250 サンタ モニカ ブール
バード 11075

審査官 石田 昌敏

- (56)参考文献 国際公開第2006/075367(WO, A1)
特開2006-318396(JP, A)
特開2004-194150(JP, A)
国際公開第2006/011208(WO, A1)
米国特許第06392544(US, B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 1/59
H04B 5/00 - 5/06
G06K 17/00
G06K 19/00 - 19/08