

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-76881  
(P2016-76881A)

(43) 公開日 平成28年5月12日 (2016.5.12)

| (5) Int.Cl. |                 | F I            | テーマコード (参考) |
|-------------|-----------------|----------------|-------------|
| HO4J        | 1/06 (2006.01)  | HO4J 1/06      | 5B035       |
| HO4B        | 1/59 (2006.01)  | HO4B 1/59      | 5B072       |
| HO4B        | 5/02 (2006.01)  | HO4B 5/02      | 5K012       |
| GO6K        | 19/07 (2006.01) | GO6K 19/07 170 |             |
| GO6K        | 7/10 (2006.01)  | GO6K 19/07 260 |             |

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-207279 (P2014-207279)  
(22) 出願日 平成26年10月8日 (2014.10.8)

特許法第30条第2項適用申請有り (1) IEEE Xplore Digital Library (http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp) 内のサイト http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6810724 2014 IEEE International Conference on RFID (IEEE RFID), pp. 141-146 平成26年4月8日掲載

(71) 出願人 504133110  
国立大学法人電気通信大学  
東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1  
(74) 代理人 110000925  
特許業務法人信友国際特許事務所  
(72) 発明者 三次 仁  
神奈川県横浜市金沢区長浜1-17-16  
(72) 発明者 市川 晴久  
東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内  
(72) 発明者 川喜田 佑介  
東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内  
Fターム(参考) 5B035 BB09 CA05 CA23  
5B072 AA02 CC39 DD10  
5K012 AB05 AC09 AE12 AE13 BA03

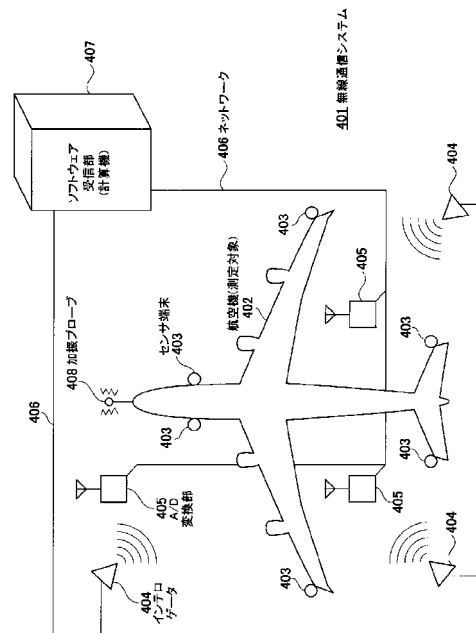
(54) 【発明の名称】 無線通信システム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 アナログ変調を用いる低価格な無線端末を多数用いて、混信を除去して無線通信を可能とする、無線通信システムを提供する。

【解決手段】 無線通信システム401は、先ず、インテロゲータ404とA/D変換部405とネットワーク406とソフトウェア受信部407から構成される受信機が、センサ端末403の全存在と、センサ端末403に割り当てられている副搬送波周波数と、センサ端末403の変調方式を把握する。次に、アナログ変調を行うセンサ端末403が送信する電波の信号強度をソフトウェア受信部407で割り出して、復調順を決定する。そして、復調と逐次干渉除去を繰り返し、全てのセンサ端末403の信号を復調する。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

副搬送波を生成する一定の周波数で振動する副搬送波源と、  
 アンテナから受信した主搬送波に対し、前記副搬送波を加えて反射するためのスイッチと、  
 信号源と、  
 前記副搬送波に前記信号源の信号で所定の変調を行う変調部と  
 を具備する、複数のセンサ端末と、  
 前記複数のセンサ端末に対し、一意な周波数の副搬送波を割り当てるインテロゲータと  
 、  
 前記複数のセンサ端末に対し、無変調波を発信して、前記複数のセンサ端末から反射波を発生させる無変調波源と、  
 前記複数のセンサ端末の副搬送波の周波数を格納する副搬送波周波数フィールドと、前記複数のセンサ端末の復調の順番を格納する復調順フィールドとを備えるセンサ端末リストと、  
 前記複数のセンサ端末から送信された反射波を受信した受信データを一旦格納する入力バッファと、  
 前記センサ端末リストの前記復調順フィールドの値に基づいて、前記入力バッファ内のデータから前記副搬送波周波数フィールドに格納されている前記副搬送波の周波数を用いて復調して復調データを得る復調演算部と、  
 前記入力バッファ内のデータから前記副搬送波周波数の割り当てデータと前記復調データを用いて干渉を除去して逐次干渉除去データを作成する逐次干渉除去部と、  
 前記逐次干渉除去データを前記入力バッファに上書きコピーして、前記センサ端末リストの前記復調順フィールドの値に基づいて、前記復調演算部と前記逐次干渉除去部を制御する復調シーケンス制御部と  
 を具備する受信機と  
 を有する、無線通信システム。

10

20

30

## 【請求項 2】

前記センサ端末リストは、前記複数のセンサ端末の前記変調部に異なる変調方式を採用するものが存在する場合に、前記変調方式を格納する変調方式フィールドを更に有する、  
 請求項 1 に記載の無線通信システム。

## 【請求項 3】

前記復調順フィールドは、前記複数のセンサ端末から得られる前記反射波の電界強度に基づいて決定する、請求項 1 に記載の無線通信システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、複数の無線タグを利用する無線通信システムに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

これまでの無線通信は、ある時系列上において、一つの受信機に対して一つの送信機だけが信号送信が可能であった。一つの受信機に対し、複数の送信機が同時に信号を送信すると、それは混信となり、信号の伝送が正常に行われなかった。

これまで、多数の送信機を用いる無線通信で混信を回避するために、符号分割多元接続、時分割多元接続、周波数分割多元接続等の多元接続が用いられている。

## 【0003】

特許文献 1 には、回路規模及び処理時間の増大を抑止しつつ干渉信号の影響を軽減することを可能とする受信装置と受信方法の技術内容が開示されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

40

50

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開2010-16785号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

従来の多元接続は、デジタルの信号の送信で実現しており、無線タグの場合は、予め ROM に記憶されている ID 情報をそのまま送信する等の、軽微な回路負荷であるので、多元接続が安価に実現できた。しかし、多元接続をするために無線タグ側で電力制御を行う場合があることや、加速度センサなどの出力信号を送信する場合は、信号を A / D 変換器でデジタルデータに変換する必要があり、無線タグ側で多大な電力が消費される。また、占有帯域幅が原理的に拡がり、回路規模も増大する。従来の時間分割多元接続 (TDMA) 及び周波数分割多元接続 (FDMA) では、回路規模が大きくなり、符号分割多元接続 (CDMA) では、拡散符号を与えるため回路規模を大きくすることなく実現できるが、中心周波数に対して均等に拡散されることにより多重度が大きくなる遠近問題が発生し、送信側で電力制御を行う必要がでてくる。したがって、無線タグにセンサを装備した無線端末を用いて多元接続を低電力で、かつ安価に実現するには、多元接続をできるだけ簡易に実施することが重要である。

10

【 0 0 0 6 】

本発明はかかる課題を解決し、低価格な無線端末を多数用いて、多元接続による混信を除去して無線通信を可能とする、無線通信システムを提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記課題を解決するために、本発明の無線通信システムは、複数のセンサ端末と、複数のセンサ端末に対し、一意な周波数の副搬送波を割り当てるインテロゲータと、複数のセンサ端末に対し、無変調波を発信して、複数のセンサ端末から反射波を発生させる無変調波源と、受信機とを有する。

複数のセンサ端末は、副搬送波を生成する副搬送波源と、アンテナから受信した主搬送波に対し、副搬送波を加えて反射するためのスイッチと、副搬送波の周波数を定める信号源と、副搬送波に信号源の信号で所定の変調を行う変調部とを具備する。

受信機は、複数のセンサ端末の副搬送波の周波数を格納する副搬送波周波数フィールドと、複数のセンサ端末の復調の順番を格納する復調順フィールドとを備えるセンサ端末リストと、複数のセンサ端末から送信された反射波を受信した受信データを一旦格納する入力バッファと、センサ端末リストの復調順フィールドの値に基づいて、入力バッファ内のデータから副搬送波周波数フィールドに格納されている副搬送波の周波数を用いて復調データを得る復調演算部とを具備する。そして、復調シーケンス制御部は、入力バッファ内のデータから復調データを用いて複数のセンサ端末から合成された状態で送信される信号を、センサ端末に対する副搬送波割り当て情報を利用して、相互に干渉を除去して分離し、逐次干渉除去データを作成する逐次干渉除去部と、逐次干渉除去データを入力バッファに上書きコピーして、センサ端末リストの復調順フィールドの値に基づいて、復調演算部と逐次干渉除去部を制御する。

30

40

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本発明によれば、低価格な無線端末を多数用いて、多元接続による混信が除去された無線通信を可能とする無線通信システムを提供することができる。

上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図 1】通信システムの実験設備の概略を示すブロック図である。

【図 2】受信機のブロック図である。

【図 3】第一センサが出力した原信号と、第一復調演算部が出力した復調データをアナロ

50

グに変換した信号とを比較したグラフと、第二センサが出力した原信号と、第二復調演算部が出力した復調データをアナログに変換した信号とを比較したグラフと、第二センサが出力した原信号と、第二復調演算部が出力した復調データをアナログに変換した信号と、逐次干渉除去部を通さずに第二復調演算部が出力した復調データをアナログに変換した信号とを比較したグラフである。

【図 4】本実施形態に係る無線通信システムの運用例を示す概略図である。

【図 5】本実施形態に係る無線通信システムの全体構成を示す、概略ブロック図である。

【図 6】センサ端末の機能ブロック図である。

【図 7】インテロゲータの機能ブロック図である。

【図 8】ソフトウェア受信部の機能ブロック図である。

10

【図 9】FFTによって得られた、副搬送波の周波数成分毎の強度の示す周波数成分分布図の一例である。

【図 10】センサ端末リストの一例を示す図である。

【図 11】本実施形態に係る無線通信システムの動作の流れを示すシーケンス図である。

【図 12】ソフトウェア受信機による復調処理の流れを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

[基礎技術の実証実験]

本実施形態の説明に入る前に、本発明の基礎となる技術の実証実験とその結果を説明する。

20

図 1 は、通信システムの実験設備 101 の概略を示すブロック図である。

実際の実験設備 101 は空中線を用いず、電波に相当する信号を同軸ケーブルに通して、同軸ケーブル内で実験を行ったが、後述する実施形態との親和性を考慮して、図 1 では空中線を用いた場合を想定したブロック図を示している。

無変調波源 102 は、900MHz の信号を発する。無変調波源 102 には無変調波アンテナ 103 が接続されており、無変調波アンテナ 103 から 900MHz の無変調波が発信される。

無変調波アンテナ 103 から無変調波が強い電界強度で届く程度の距離に、同一の内部構成を有する第一送信機 104 と第二送信機 105 が設けられる。以下、第一送信機 104 の内部構成を説明し、第二送信機 105 は第一送信機 104 との相違点のみ説明する。

30

【0011】

第一送信機 104 は、電池等の独立した電源を持たない代わりに、アンテナ 106 から受信した電波の電力を回路駆動電力に変換する電源部 107 を有する。

アンテナ 106 には電源部 107 の他に、位相変調部 108 と SPDT スイッチ 109 が接続されている。

SPDT スイッチ 109 は、第一副搬送波源 110 が出力する矩形波信号（第一副搬送波）によって、アンテナ 106 に対し、開放端 109a と短絡端 109b とを切り替えて接続する。SPDT スイッチ 109 によって、アンテナ 106 のインピーダンスは第一副搬送波の周期にて変化する。すると、アンテナ 106 から得られる無変調波の反射波には、第一副搬送波が重畳される。

40

【0012】

位相変調部 108 には、信号源である第一センサ 111 が接続されている。位相変調部 108 は第一副搬送波に対し、第一センサ 111 の信号によって位相変調を行う。

第一送信機 104 は、以上の構成によって、無変調波源 102 から送信される無変調波に対し、周知のバックキャッタ（負荷変調）を施す。すると、第一副搬送波が第一センサ 111 の信号によって位相変調された反射波が、アンテナ 106 から送信される。

【0013】

第一送信機 104 の第一副搬送波源 110 は、9kHz の矩形波を出力する。第二送信機 105 の第二副搬送波源 112 は、27kHz の矩形波信号（第二副搬送波）を出力する。そして、第二送信機 105 の位相変調部 108 は、第二副搬送波に対し、第二センサ

50

113の信号によって位相変調を行う。

つまり、第一副搬送波(9kHz)に対し、第二副搬送波(27kHz)は三次の高調波の関係にあり、更に変調方式が共に同一の位相変調である。したがって、受信機が第一送信機104と第二送信機105の電波を同時に受信すると、どちらか空中線電力の強い方の電波によって、弱い方の電波がかき消され、受信できなくなる。周知のように、周波数変調(FM)や位相変調(PM)は、弱い信号が強い信号によってマスキングされる。

すなわち本実験では、第一送信機104と第二送信機105にて、極めて不利な条件の混信を実施している。

#### 【0014】

受信機114は、アンテナ115を有するA/D変換部116とソフトウェア受信部117よりなる。

10

図2は、受信機114のブロック図である。

A/D変換部116は、アンテナ115から受信した電波を同調回路201で抽出した後、RFアンプ202で増幅する。RFアンプ202で増幅された高周波信号は、第一ミキサ203と第二ミキサ204に入力される。第一ミキサ203には局部発振器205から出力される、電波の周波数より僅かに低い周波数の局発信号が入力される。第二ミキサ204には局発信号を90°移相器206で90°位相をずらされた信号が入力される。

#### 【0015】

第一ミキサ203から出力される信号は、第一ローパスフィルタ(以下「LPF」)207を通じて、電波の周波数から局発信号の周波数を減算したI信号が出力される。同様に、第二ミキサ204から出力される信号は、第二LPF208を通じて、電波の周波数から局発信号の90°移相した周波数を減算したQ信号が出力される。すなわち、局部発振器205、第一ミキサ203、90°移相器206、第二ミキサ204、第一LPF207及び第二LPF208は、周知の直交検波回路(クワドラチャミキサ)を構成する。

20

I信号とQ信号は、A/D変換器209によってデジタルデータに変換されて、ソフトウェア受信部117に出力される。

A/D変換部116は、直交検波回路を用いたダウンコンバータと、A/D変換器209によるA/D変換の機能を有する。

#### 【0016】

ソフトウェア受信部117はパソコン等の周知の電子計算機であり、プログラムによって演算機能が実現される。

30

A/D変換部116のA/D変換器209から出力されるI信号とQ信号のデータは、受信データ210として図示しない所定の記憶装置に一旦保存される。

受信データ210は先ず、第一復調演算部211によって、第一送信機104が送信した電波の復調が行われる。その際、第一復調演算部211には、第一副搬送波情報212、すなわち「9kHz」という情報が、復調演算の際に用いられる。こうして、第一復調演算部211は第一復調データ213を出力する。この第一復調データ213は第一センサ111のアナログ信号をA/D変換したデータに相当する。

#### 【0017】

第一復調データ213と受信データ210は、逐次干渉除去部214に供給される。逐次干渉除去部214は、受信データ210から第一復調データ213によって生じた干渉を除去する。

40

逐次干渉除去部214の出力データは、第二復調演算部215によって、第二送信機105が送信した電波の復調が行われる。その際、第二復調演算部215には、第二副搬送波情報216、すなわち「27kHz」という情報が、復調演算の際に用いられる。こうして、第二復調演算部215は第二復調データ217を出力する。この第二復調データ217は第二センサ113のアナログ信号をA/D変換したデータに相当する。

#### 【0018】

図3Aは、第一センサ111が出力した原信号と、第一復調演算部211が出力した復調データをアナログに変換した信号とを比較したグラフである。一点鎖線が原信号であり

50

、実線が測定信号である。

図3Bは、第二センサ113が出力した原信号と、第二復調演算部215が出力した復調データをアナログに変換した信号とを比較したグラフである。一点鎖線が原信号であり、実線が測定信号である。

図3Cは、第二センサ113が出力した原信号と、第二復調演算部215が出力した復調データをアナログに変換した信号と、逐次干渉除去部214を通さずに第二復調演算部215が出力した復調データをアナログに変換した信号とを比較したグラフである。点線が原信号であり、一点鎖線が復調した信号であり、実線が逐次干渉除去部214を通さずに復調した信号である。

何れのグラフも縦軸は電圧であり、横軸は時間(msec)である。

10

#### 【0019】

図3Aと図3Bを比較すると、図3Bの波形には、一部に第一復調データ213の影響による信号の乱れが確認できるものの、復調信号は概ね原信号に近い再生波形を得ることができている。

更に、図3Cを見ると、逐次干渉除去部214による逐次干渉除去の効果は極めて大きいことが判る。

逐次干渉除去部214を通した復調信号と、逐次干渉除去部214を通さない復調信号との誤差の標準偏差をそれぞれ演算した結果、前者は35.82、後者は197.64という値を得た。前者を後者で除算すると、逐次干渉除去部214により、凡そ18%迄誤差が低減されたことが判る。

20

#### 【0020】

すなわち、実時間処理を必要としない条件であれば、ソフトウェアによる演算処理を用いて、異なる周波数の副搬送波よりなる複数のアナログ変調電波を同時に受信し、逐次干渉除去で混信を除去して、原信号を復調することが原理的に可能であることが判った。

この実験結果を踏まえ、これより本実施形態に係る無線通信システムを説明する。

#### 【0021】

##### [全体構成]

航空機や人工衛星等、高度な安全性を要求される物品等において、故障診断のために振動試験が行われる。先ず、ハンマリングや加振機を用いて、対象物に強制振動を与える。次に、対象物の複数の箇所に着させた加速度センサの出力信号を、所定のデータレコーダや測定機器等で記録する。そして、時間応答や共振周波数を調べることで、故障の判断を行う。

30

従来、このような振動試験は、有線で行われていた。すなわち、複数の加速度センサがワイヤーハーネス(またはケーブルハーネス)に接続され、そのワイヤーハーネスが測定機器に接続される。加速度センサの数が多くなればなるほど、ワイヤーハーネスの本数が膨大になり、加速度センサの設置作業は極めて煩雑になる。

このような振動試験の問題を解決するために、これまで有線で測定機器に接続されていた加速度センサを無線通信端末にする。

#### 【0022】

図4は、本実施形態に係る無線通信システム401の運用例を示す概略図である。

40

測定対象である航空機402の機体には、複数のセンサ端末403が貼り付けられている。このセンサ端末403の近傍には、複数のインタロゲータ(interrogator)404と、A/D変換部405が設けられている。これらインタロゲータ404とA/D変換部405は、ネットワーク406を通じてソフトウェア受信部407に接続される。

#### 【0023】

センサ端末403は、ボックスキャッタを用いる無線タグに、加速度センサとアナログ変調回路が装備されたものである。

リーダライタとも呼ばれるインタロゲータ404は、センサ端末403と双方向無線データ通信を行う機能と、図1の無変調波源102と同様の無変調波を発信する機能を有する。

50

A/D変換部405は図1及び図2にて説明したA/D変換部116と同等の機能を有する。すなわち、A/D変換部405は複数のセンサ端末403から送信された電波を受信し、ダウンコンバートして、A/D変換する。

#### 【0024】

ソフトウェア受信部407は図1及び図2にて説明したソフトウェア受信部117と同等の機能を有すると共に、より汎用的に動作するために必要な付加機能を有する。この付加機能については図8以降で詳述する。

測定の際は、インテロゲータ404から無変調波を送信している状態で、加振プローブ408から衝撃等の振動を与えて、センサ端末403から送信される反射波をA/D変換部405で受信し、ソフトウェア受信部407で復調処理を行う。

#### 【0025】

図5は、本実施形態に係る無線通信システム401の全体構成を示す、概略ブロック図である。説明を簡単にするために、インテロゲータ404と受信機114は単一の構成にて記載している。

第一センサ端末403a、第二センサ端末403b、...第nセンサ端末403nは、インテロゲータ404と所定の通信を行った後、インテロゲータ404から送信される無変調波に対して、センサが発する信号をバックキャッチにて変調した電波を送信(反射)する。受信機501は、複数のセンサ端末403から送信された電波を受信して、演算処理により各々のセンサの信号を復調する。

#### 【0026】

インテロゲータ404と受信機501はネットワーク406で接続されている。インテロゲータ404は、複数のセンサ端末403に対し、一意な副搬送波周波数を割り当てるための双方向通信を行い、その結果として作成されるセンサ端末リストを受信機501に送信する。受信機501は、センサ端末リストに基づき、受信した受信データ210を解析して、復調処理を行う。

#### 【0027】

図6は、センサ端末403の機能ブロック図である。

図1に示した第一送信機104とセンサ端末403との相違点は、アンテナ106に制御部601が接続されており、制御部601が副搬送波源602の周波数を可変制御できる点と、センサ603が接続されている変調部604が任意のアナログ変調方式を採用できる点である。アナログ変調としては、振幅変調(AM)、周波数変調(FM)、位相変調(PM)、パルス幅変調(PWM)等が利用可能である。なお、厳密にはパルス幅変調はアナログ変調のカテゴリからは外れるが、アナログ信号をA/D変換器でデジタルデータに変換することなくそのまま変調できるという観点で、本実施形態では利用可能な変調方式に含めている。

#### 【0028】

図7は、インテロゲータ404の機能ブロック図である。

アンテナ701から受信した電波は、局部発振器702とミキサとLPF704を通じて、低い周波数の信号に変換される。この信号が復調部705に供給され、復調された後、A/D変換器706によってデジタルデータに変換されて、マイコンよりなる制御部707に供給される。

制御部707はデジタルデータに含まれるセンサ端末403の情報を解釈して、センサ端末403に対する命令等を生成する。この命令を構成するデジタルデータは、D/A変換器708によってアナログ信号に変換された後、変調部709によって搬送波源710が発する搬送波を変調する。

制御部707は、センサ端末403との対話処理によって、通信可能な範囲内に存在する全てのセンサ端末403を把握した後、それらセンサ端末403に対し、一意な周波数の副搬送波の割り当てを行う。そして、制御部707は、センサ端末403と副搬送波との対応関係を列挙したセンサ端末リスト711を作成し、ネットワーク406を通じて受信機501に送信する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 9 】

受信機 5 0 1 のうち、A / D 変換部 4 0 5 については図 2 と同等なので説明を割愛する。

図 8 は、ソフトウェア受信部 4 0 7 の機能ブロック図である。

A / D 変換部 4 0 5 から受信した受信データ 2 1 0 は、先ず F F T (Fast Fourier Transform) 8 0 1 によって、副搬送波の周波数成分毎の強度が得られる。

## 【 0 0 3 0 】

図 9 は、F F T 8 0 1 によって得られた、副搬送波の周波数成分毎の強度の示す周波数成分分布図の一例である。このように、副搬送波の周波数成分毎の強度が、F F T 8 0 1 によって得られる。そして、この強度の順番が、復調の順番になる。

10

## 【 0 0 3 1 】

図 8 に戻って説明を続ける。

副搬送波の周波数成分毎の強度のデータは、復調シーケンス制御部 8 0 2 に供給される。復調シーケンス制御部 8 0 2 は、インテロゲータ 4 0 4 から受信したセンサ端末リスト 7 1 1 を参照して、センサ端末 4 0 3 の復調の順番を決定する。そして、復調演算部 8 0 3 に副搬送波周波数情報と復調方式の情報を与える。

## 【 0 0 3 2 】

図 1 0 は、センサ端末リスト 7 1 1 の一例を示す図である。

センサ端末リスト 7 1 1 は、端末 I D フィールド、変調方式フィールド、副搬送波周波数フィールド、そして復調順フィールドよりなる。

20

端末 I D フィールドには、センサ端末 4 0 3 を一意に識別する I D 情報が格納される。

変調方式フィールドには、センサ端末 4 0 3 に装備されている変調部 7 0 9 の変調方式を示す情報が格納される。

副搬送波周波数フィールドには、インテロゲータ 4 0 4 が割り当てた副搬送波の周波数を示す情報が格納される。

復調順フィールドには、復調シーケンス制御部 8 0 2 が決定した、センサ端末 4 0 3 の復調順を示す情報が格納される。

インテロゲータ 4 0 4 から受信されたセンサ端末リスト 7 1 1 には、復調順フィールドがないか或は空欄になっているが、復調順フィールドの値は復調シーケンス制御部 8 0 2 によって埋められる。

30

なお、センサ端末 4 0 3 が全て同じ変調方式である場合は、変調方式フィールドは不要になる。

## 【 0 0 3 3 】

再び、図 8 に戻って説明を続ける。

受信データ 2 1 0 は、入力バッファ 8 0 4 に記憶される。そして、入力バッファ 8 0 4 から取り出された受信データ 2 1 0 は、復調演算部 8 0 3 に供給される。復調演算部 8 0 3 は、復調シーケンス制御部 8 0 2 から与えられた、副搬送波周波数情報と復調方式の情報に基づき、受信データ 2 1 0 を復調し、復調データ 8 0 5 を作成する。

復調データ 8 0 5 と、入力バッファ 8 0 4 内のデータは、逐次干渉除去部 2 1 4 に供給される。逐次干渉除去部 2 1 4 は、入力バッファ 8 0 4 内のデータから復調データ 8 0 5 に基づく干渉を除去し、逐次干渉除去データ 8 0 6 を作成する。この逐次干渉除去データ 8 0 6 は、入力バッファ 8 0 4 に上書きされる。そして、復調演算部 8 0 3 の処理と、逐次干渉除去部 2 1 4 の処理が繰り返される。

40

## 【 0 0 3 4 】

図 1 1 は、本実施形態に係る無線通信システム 4 0 1 の動作の流れを示すシーケンス図である。

先ず、インテロゲータ 4 0 4 は通信可能な範囲内に存在する全てのセンサ端末 4 0 3 を把握するため、全てのセンサ端末 4 0 3 との対話処理を行い、通信可能な範囲内に存在する全センサ端末 4 0 3 群の目録を作成する ( S 1 1 0 1 ) 。

次に、インテロゲータ 4 0 4 はステップ S 1 1 0 1 にて作成した目録に基づき、各セン

50



サ端末 403 と対話処理を行い、各センサ端末 403 に対し、一意な副搬送波周波数を割り当てる。そして、全てのセンサ端末 403 に副搬送波周波数を割り当てたら、目録にこれを追加して、センサ端末リスト 711 を作成する (S1102)。そして、インテロゲータ 404 はこのセンサ端末リスト 711 を、ネットワーク 406 を通じてソフトウェア受信部 407 に送信する (S1103)。

#### 【0035】

ソフトウェア受信部 407 は、センサ端末リスト 711 を受信すると (S1104)、センサ端末 403 から電波の受信と復調の準備が完了したことを、インテロゲータ 404 に報告する (S1105)。

インテロゲータ 404 は、ソフトウェア受信部 407 から準備完了の報告を受けると、無変調波を発信する (S1106)。

センサ端末 403 は無変調波に対し、センサが発する信号をバックスキッタにて変調し、この変調した電波を送信 (反射) する (S1107)。

ソフトウェア受信部 407 は、複数のセンサ端末 403 から送信された電波を受信して (S1108)、復調と逐次干渉除去を行う (S1109)。

#### 【0036】

図 12 は、ソフトウェア受信部 407 による復調処理の流れを示すフローチャートである。図 11 のステップ S1109 に該当する。

処理を開始すると (S1201)、復調シーケンス制御部 802 は、受信データ 210 を FFT 801 にかけて、センサ端末リスト 711 を参照し、センサ端末 403 の復調順を決定する。そして、復調順を復調順フィールドに書き込む (S1202)。次に、復調シーケンス制御部 802 はカウンタ変数  $i$  を 1 に初期化する (S1203)。そして、受信データ 210 を入力バッファ 804 にコピーする (S1204)。

#### 【0037】

復調シーケンス制御部 802 は、復調演算部 803 に対し、 $i$  番目の復調順のセンサ端末 403 の復調処理を行わせる (S1205)。具体的には、センサ端末リスト 711 の  $i$  番目の復調順に該当するレコードを参照して、副搬送波周波数情報と復調方式を復調演算部 803 に渡して、入力バッファ 804 に格納されているデータの復調処理を行わせる。

次に、復調シーケンス制御部 802 は、逐次干渉除去部 214 に対し、復調演算部 803 がステップ S1205 で生成した  $i$  番目の復調データ 805 と、入力バッファ 804 に格納されているデータを与えて、逐次干渉除去処理を行わせる (S1206)。

#### 【0038】

ステップ S1206 における逐次干渉除去部 214 による逐次干渉除去処理が完遂したら、復調シーケンス制御部 802 はカウンタ変数  $i$  を 1 インクリメントして (S1207)、カウンタ変数  $i$  がセンサ端末リスト 711 の全レコード数を越えたか否かを確認する (S1208)。

カウンタ変数  $i$  がセンサ端末リスト 711 の全レコード数を越えていなければ (S1208 の NO)、復調シーケンス制御部 802 は逐次干渉除去部 214 が生成した逐次干渉除去データ 806 を入力バッファ 804 に上書きコピーして (S1209)、再度ステップ S1205 から処理を繰り返す。

カウンタ変数  $i$  がセンサ端末リスト 711 の全レコード数を越えていれば (S1208 の YES)、復調シーケンス制御部 802 は一連の処理を終了する (S1210)。

#### 【0039】

上記の実施形態には、以下に示す応用例が可能である。

(1) 図 4 に示すように、複数の A/D 変換部 405 を測定対象近傍の異なる箇所に配置すると、各々の A/D 変換部 405 から最も近いセンサ端末 403 の電波が最大の電界強度で受信できる。すなわち、複数の A/D 変換部 405 を測定対象近傍の異なる箇所に配置することで、至近距離のセンサ端末 403 の信号を確実に復調できる。こうして各々の A/D 変換部 405 を通じて得られたセンサ 603 の信号を、他のソフトウェア受信部

10

20

30

40

50

407の逐次干渉除去に融通することで、より精度の高い復調処理を実現することができる。

(2)一つのセンサ端末403に複数のセンサ603と変調部604と副搬送波源602を装備させることも原理的には可能である。但し、この場合は副搬送波の周波数をなるべく干渉し難い周波数の組み合わせに配慮する必要がある。

#### 【0040】

(3)上述の実施形態では、各センサ端末403が発する反射波の電界強度をFFT801で割り出していたが、必ずしもFFT801が必要ではない。測定作業に先立ち、インテロゲータ404がセンサ端末403を制御して、センサ端末403の電界強度を一つずつ測定してもよい。あるセンサ端末403の電界強度を測定する際には、指定したセンサ端末403の副搬送波源602を稼働させ、その他全てのセンサ端末403の副搬送波源602は稼働させないように制御する。すると、受信機501は唯一のセンサ端末403の副搬送波を受信できるので、当該センサ端末403が発する副搬送波の強度、すなわち反射波の電界強度を測定できる。

#### 【0041】

(4)上述の実施形態では、各センサ端末403はボックスキャッタを用いているが、送信機は必ずしもボックスキャッタである必要はない。つまり、センサ端末403が電池等の電源を備え、能動的に電波を発するものであってもよい。この場合インテロゲータ404は、無変調波源としての機能が不要になる。また、センサ端末403の副搬送波源602は、独立して電波を発する搬送波源として機能する。

(5)インテロゲータ404は、複数のセンサ端末403に対して一意な周波数の副搬送波を割り当てる機能と、無変調波を発信する機能を有する。無変調波の発信機能をインテロゲータ404とは別個に設けてもよい。

#### 【0042】

本実施形態においては、無線通信システム401を開示した。

以上の説明によって判るように、本実施形態に係る無線通信システム401は、先ず、受信機501がセンサ端末403の全存在と、センサ端末403に割り当てられている副搬送波周波数と、センサ端末403の変調方式を把握する。次に、アナログ変調を行うセンサ端末403が発信する電波の信号強度をFFT801で割り出して、復調順を決定する。そして、復調と逐次干渉除去を繰り返すことで、全てのセンサ端末403の信号を復調できる。従来、アナログ変調された電波の干渉を除去する技術は殆ど見受けられなかったが、本実施形態に係る無線通信システム401は、実時間処理を行わない前提で、これを実現する。

#### 【0043】

本実施形態に係る無線通信システム401の最大の特徴は、センサ端末403が極めて簡素であることが挙げられる。電池すら持たないセンサ端末403は、電池交換等のメンテナンス作業が不要である。勿論、無線通信であるから、ワイヤーハーネスが不要である。黒板にフェライト磁石を貼り付ける感覚で、センサ端末403を測定対象に貼り付け、測定対象近傍にA/D変換部405とインテロゲータ404を配置し、A/D変換部405とインテロゲータ404を、ネットワーク406を通じてソフトウェア受信部407と接続すればよい。

センサ端末403に装備されているセンサ603が出力するアナログ信号は、受信機501によって復調された時点で既にデジタルデータに変換されている。したがって、様々な数値解析等にそのまま利用できる。

このように、本実施形態に係る無線通信システム401は、測定作業を大幅に省力化できる。また、センサ端末403のコストも低減できるので、低コストの測定環境を実現できる。

#### 【0044】

本実施形態に係る無線通信システム401の欠点を無理に挙げるとするならば、受信機501の演算処理が膨大であることが挙げられる。しかしながら、実時間処理を必要とし

10

20

30

40

50

ないので、演算処理は時間さえかければよい。また、演算処理は計算機の演算能力が十分であれば容易く解決できる。今日広く普及しているクラウドコンピューティングは、本実施形態に係る無線通信システム 401 の受信機 501 の演算処理に極めて親和性が高い。

#### 【0045】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した本発明の要旨を逸脱しない限りにおいて、他の変形例、応用例を含む。

例えば、上記した実施形態は本発明をわかりやすく説明するために装置及びシステムの構成を詳細且つ具体的に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることは可能であり、更にはある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることも可能である。

また、上記の各構成、機能、処理部等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計するなどによりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行するためのソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD (Solid State Drive) 等の揮発性あるいは不揮発性のストレージ、または、ICカード、光ディスク等の記録媒体に保持することができる。

また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしもすべての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

#### 【符号の説明】

#### 【0046】

101 ... 実験設備、102 ... 無変調波源、103 ... 無変調波アンテナ、104 ... 第一送信機、105 ... 第二送信機、106 ... アンテナ、107 ... 電源部、108 ... 位相変調部、109 ... SPDTスイッチ、110 ... 第一副搬送波源、111 ... 第一センサ、112 ... 第二副搬送波源、113 ... 第二センサ、114 ... 受信機、115 ... アンテナ、116 ... A/D変換部、117 ... ソフトウェア受信部、201 ... 同調回路、202 ... RFアンプ、203 ... 第一ミキサ、204 ... 第二ミキサ、205 ... 局部発振器、206 ... 移相器、207 ... 第一LPF、208 ... 第二LPF、209 ... A/D変換器、210 ... 受信データ、211 ... 第一復調演算部、212 ... 第一副搬送波情報、213 ... 第一復調データ、214 ... 逐次干渉除去部、215 ... 第二復調演算部、216 ... 第二副搬送波情報、217 ... 第二復調データ、401 ... 無線通信システム、402 ... 航空機、403 ... センサ端末、404 ... インテロゲータ、405 ... A/D変換部、406 ... ネットワーク、407 ... ソフトウェア受信部、408 ... 加振プローブ、501 ... 受信機、601 ... 制御部、602 ... 副搬送波源、603 ... センサ、604 ... 変調部、701 ... アンテナ、702 ... 局部発振器、704 ... LPF、705 ... 復調部、706 ... A/D変換器、707 ... 制御部、708 ... D/A変換器、709 ... 変調部、710 ... 搬送波源、711 ... センサ端末リスト、801 ... FFT、802 ... 復調シーケンス制御部、803 ... 復調演算部、804 ... 入力バッファ、805 ... 復調データ、806 ... 逐次干渉除去データ

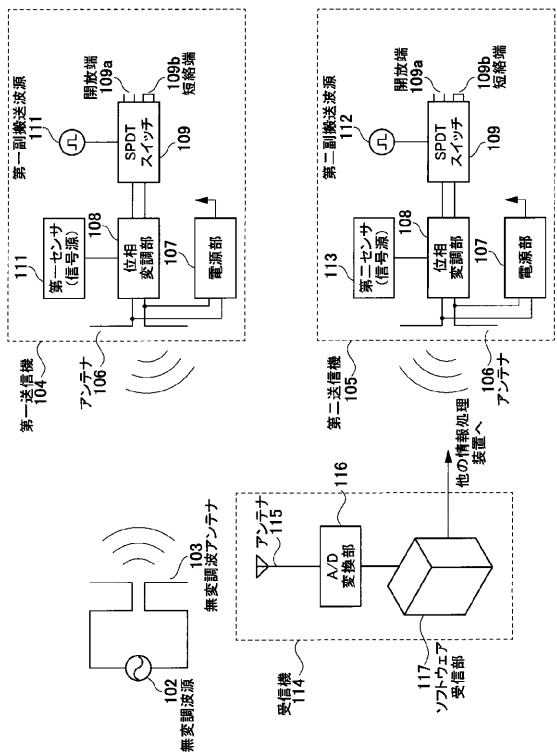
10

20

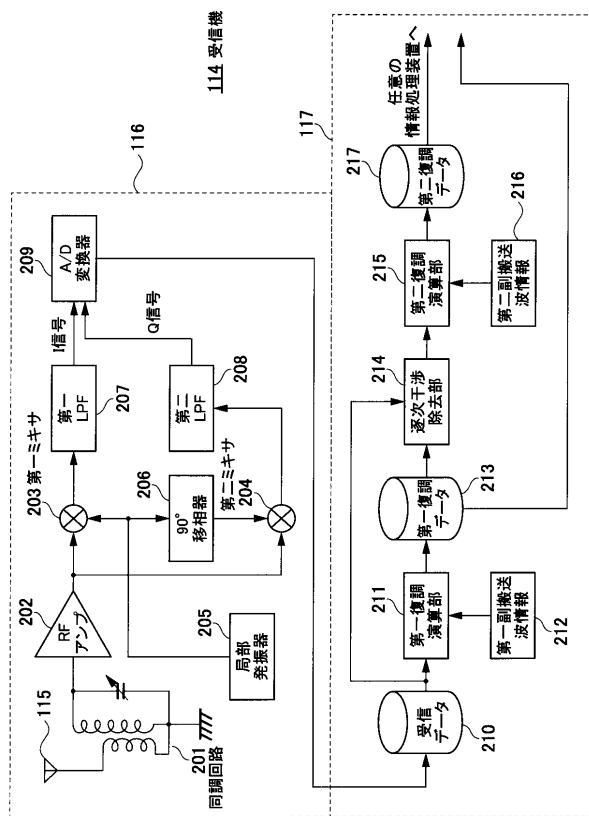
30

40

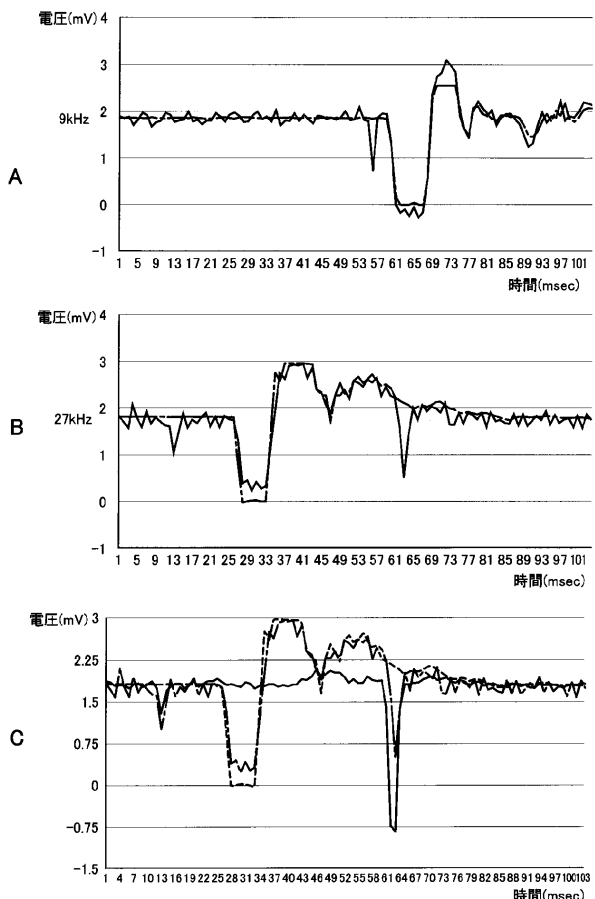
【図1】



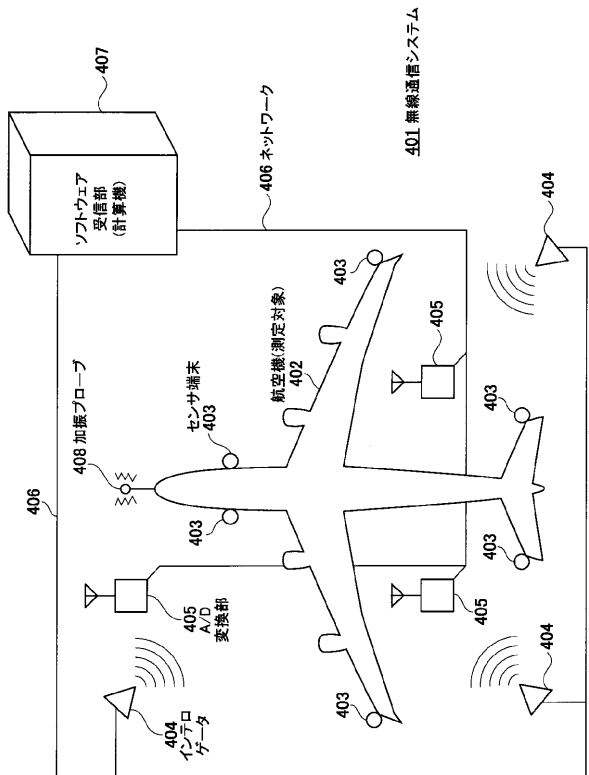
【図2】



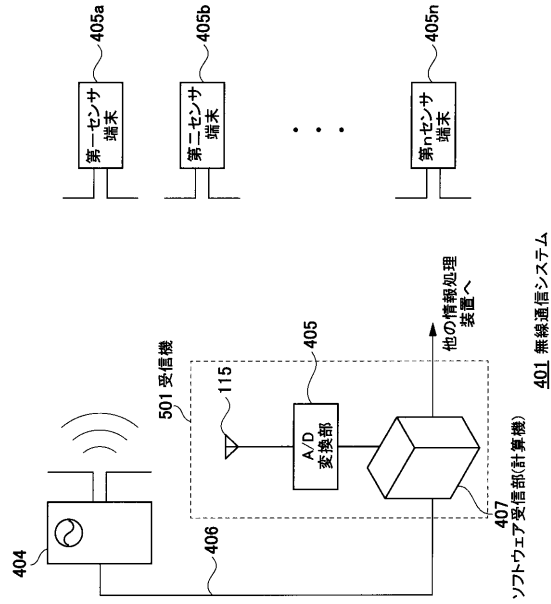
【図3】



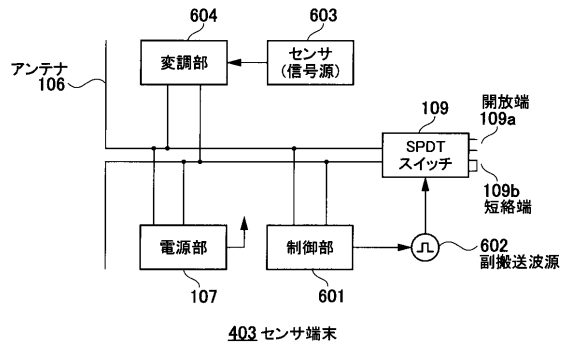
【図4】



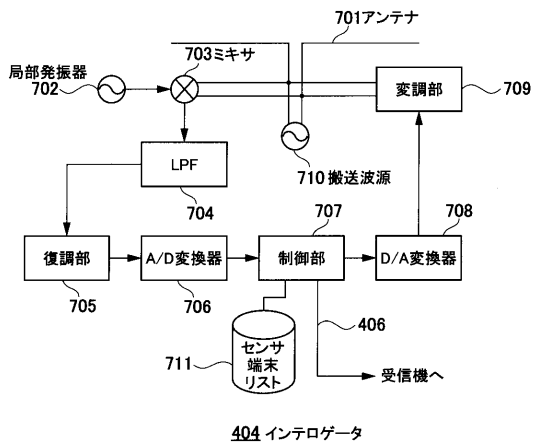
【図5】



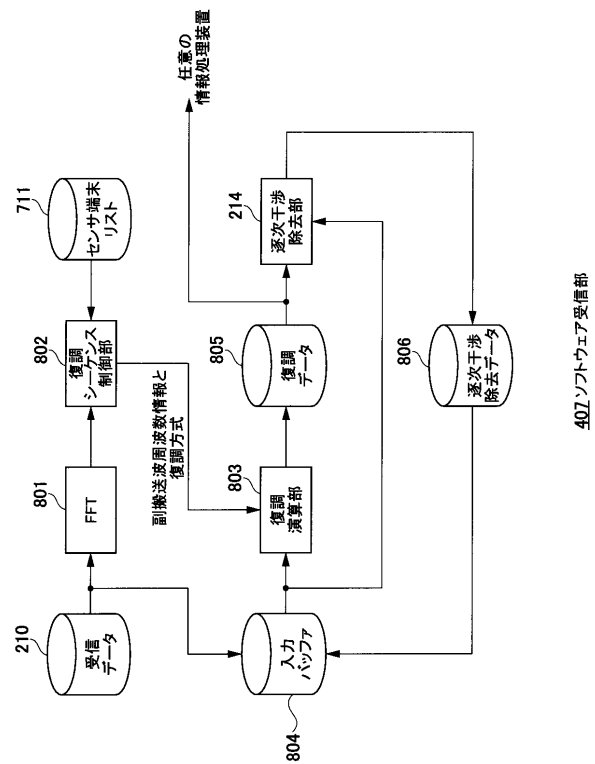
【図6】



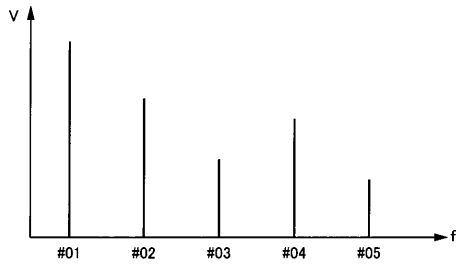
【図7】



【図8】



【図9】

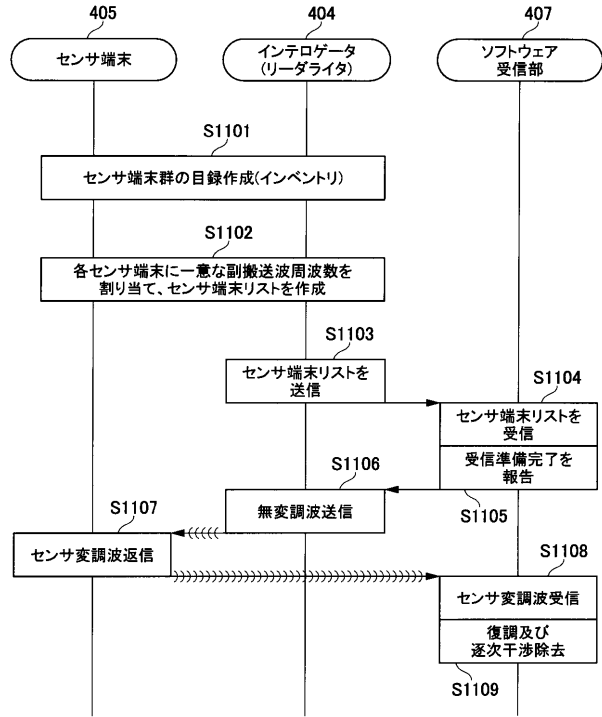


【図10】

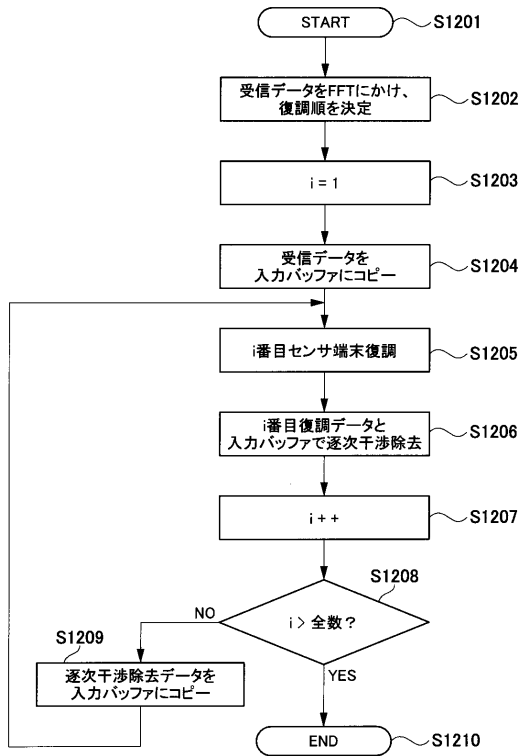
711 センサ端末リスト

| 端末ID | 変調方式 | 副搬送波周波数 | 復調順 |
|------|------|---------|-----|
| #01  | PM   | 9kHz    | 1   |
| #02  | AM   | 10kHz   | 2   |
| #03  | FM   | 11kHz   | 4   |
| #04  | PWM  | 12kHz   | 3   |
| #05  | PM   | 13kHz   | 5   |

【図11】



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

G 0 6 K 7/10 1 2 4