

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6568590号  
(P6568590)

(45) 発行日 令和1年8月28日 (2019.8.28)

(24) 登録日 令和1年8月9日 (2019.8.9)

(51) Int. Cl. F I  
G O 1 S 5/06 (2006.01) G O 1 S 5/06

請求項の数 18 (全 37 頁)

(21) 出願番号	特願2017-536298 (P2017-536298)	(73) 特許権者	318010214
(86) (22) 出願日	平成27年3月31日 (2015.3.31)		コグニティブ システムズ コーポレイシ ョン
(65) 公表番号	特表2018-508757 (P2018-508757A)		カナダ オンタリオ エヌ2エル Oエイ 9 ウォータールー ウェストマウント ロード ノース 560
(43) 公表日	平成30年3月29日 (2018.3.29)	(74) 代理人	100094569
(86) 国際出願番号	PCT/CA2015/000197		弁理士 田中 伸一郎
(87) 国際公開番号	W02016/123686	(74) 代理人	100103610
(87) 国際公開日	平成28年8月11日 (2016.8.11)		弁理士 ▲吉▼田 和彦
審査請求日	平成30年3月19日 (2018.3.19)	(74) 代理人	100109070
(31) 優先権主張番号	14/613, 912		弁理士 須田 洋之
(32) 優先日	平成27年2月4日 (2015.2.4)	(74) 代理人	100067013
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		弁理士 大塚 文昭
早期審査対象出願			
前置審査			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ワイヤレス信号源の位置決め

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

地理的領域にわたり個別の位置に分散され且つ地理的領域におけるワイヤレス通信ネットワーク信号を受動的に監視するように構成されたワイヤレスセンサ装置であって、

ベースステーションにより送信されるベースステーション信号を受信し、このベースステーション信号は、セルラーネットワーク規格に従って1つ以上の移動装置へ送信するために前記ベースステーションによりフォーマットされ、

地理的領域内の移動装置から装置信号を受信し、この装置信号は、前記セルラーネットワーク規格に従って前記ベースステーションへ送信するために前記移動装置によりフォーマットされ、前記装置信号及び前記ベースステーション信号は前記セルラーネットワーク規格によって同期される、

前記装置信号と前記ベースステーション信号との到着時間差を発生し、及び

前記到着時間差をワイヤレスセンサ装置から送信する、  
ように各々構成されたワイヤレスセンサ装置、及び

前記到着時間差を受信しそして3つ以上のワイヤレスセンサ装置により発生された前記到着時間差を使用して方程式の系を解くことにより移動装置の位置を識別するように構成されたデータ分析システム、

を備え、前記方程式の系は、n個の方程式、

【数 1】

$$c\delta\tau_i = [|\vec{r}_s - \vec{r}_b| + |\vec{r}_s - \vec{r}_i|] - |\vec{r}_i - \vec{r}_b|,$$

10

20

を有し、ここで、

【数 2】

$$\vec{r}_s = (x_s, y_s, z_s)$$

は、移動装置の位置を表わし、

【数 3】

$$\vec{r}_b = (x_b, y_b, z_b)$$

は、ベースステーションの位置を表わし、

【数 4】

$$\vec{r}_i = (x_i, y_i, z_i)$$

は、 $i$  番目のワイヤレスセンサ装置の位置を表わし、 $c$  は、光速を表わし、そして  
は、 $i$  番目のワイヤレスセンサ装置により発生された到着時間差を表わすワイヤレス信号  
源ロケータシステム。

10

【請求項 2】

前記ワイヤレスセンサ装置は、多数の個別のセルラーネットワーク規格のいずれかに従  
ってフォーマットされたセルラーネットワーク信号を受動的に監視するよう構成された、  
請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記ワイヤレス通信ネットワーク信号を受動的に監視することは、ワイヤレス通信ネッ  
トワークからのサービスを要求せずにワイヤレス通信ネットワークにおいて交換されるワ  
イヤレス信号を受信することを含む、請求項 1 に記載のシステム。

20

【請求項 4】

前記ベースステーション信号は、ブロードキャストチャンネル信号を含み、及び

前記装置信号は、ランダムアクセスチャンネル (RACH) 要求を含み、移動装置は、  
その RACH 要求と移動装置におけるブロードキャストチャンネル信号とを同期させるた  
めにセルラーネットワーク規格に従って構成される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記ベースステーション信号は、ダウンリンク信号を含み、及び

前記装置信号は、アップリンク信号を含み、移動装置は、そのアップリンク信号とベ  
ースステーションにおけるダウンリンク信号とを同期させるためにセルラーネットワーク規  
格に従って構成される、請求項 1 に記載のシステム。

30

【請求項 6】

前記データ分析システムは、ベースステーション信号に関連したベースステーション識  
別子を使用してベースステーションの位置を識別するように構成される、請求項 1 に記載  
のシステム。

【請求項 7】

各ワイヤレスセンサ装置は、

前記ワイヤレスセンサ装置の周りのローカルワイヤレス環境において RF 信号を検出す  
るように構成された高周波 (RF) インターフェイス、

前記 RF 信号を処理しそして前記到着時間差を発生するように構成された信号分析サブ  
システム、及び

40

前記到着時間差をリモートシステムへ送信するように構成された通信インターフェイス  
、  
を備えた請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

各ワイヤレスセンサ装置は、前記 RF インターフェイス、信号分析サブシステム、通信  
インターフェイス、及び電源を収容する専用ハウジングを備え、前記電源は、前記 RF イ  
ンターフェイス、信号分析サブシステム及び通信インターフェイスに電力供給するように  
構成された、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記通信インターフェイスは、前記到着時間差を含むメッセージを送信するように構成

50

され、そして前記メッセージは、前記到着時間差を発生したワイヤレスセンサ装置の位置を指示する、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記データ分析システムは、前記ワイヤレスセンサ装置の動作を遠隔制御するよう構成された中央制御システムを備えている、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 11】

移動装置の位置を決定する方法において、

地理的領域にわたって個別の位置に分散されたワイヤレスセンサ装置により発生されるデータをデータ分析システムで受信し、ワイヤレスセンサ装置は、地理的領域におけるワイヤレス通信ネットワーク信号を受動的に監視するように構成され、前記データは、ベースステーションにより送信されてワイヤレスセンサ装置により受信されるベースステーション信号であって、セルラーネットワーク規格に従って 1 つ以上の移動装置へ送信するために前記ベースステーションによりフォーマットされるベースステーション信号と地理的領域内の移動装置によって送信されてワイヤレスセンサ装置により受信される装置信号であって、前記セルラーネットワーク規格に従って前記ベースステーションへ送信するために移動装置によりフォーマットされる装置信号との到着時間差であって各ワイヤレスセンサ装置により発生される到着時間差を含むものであり、前記装置信号及び前記ベースステーション信号は前記セルラーネットワーク規格によって同期される、及び

3 つ以上のワイヤレスセンサ装置により発生される前記到着時間差を使用して方程式の系を解くことにより移動装置の位置を前記データ分析システムの動作により識別する、ことを含み、前記方程式の系は、 $n$  個の方程式、

【数 5】

$$c\delta\tau_i = [|\vec{r}_s - \vec{r}_b| + |\vec{r}_s - \vec{r}_i|] - |\vec{r}_i - \vec{r}_b|,$$

を有し、ここで、

【数 6】

$$\vec{r}_s = (x_s, y_s, z_s)$$

は、移動装置の位置を表わし、

【数 7】

$$\vec{r}_b = (x_b, y_b, z_b)$$

は、ベースステーションの位置を表わし、

【数 8】

$$\vec{r}_i = (x_i, y_i, z_i)$$

は、 $i$  番目のワイヤレスセンサ装置の位置を表わし、 $c$  は、光速を表わし、そして  
は、 $i$  番目のワイヤレスセンサ装置により発生された到着時間差を表わす方法。

【請求項 12】

前記ベースステーション信号は、ブロードキャストチャンネル信号を含み、及び

前記装置信号は、ランダムアクセスチャンネル (RACH) 要求を含み、移動装置は、その RACH 要求と移動装置におけるブロードキャストチャンネル信号とを同期させるためにセルラーネットワーク規格に従って構成される、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記ベースステーション信号は、ダウンリンク信号を含み、及び

前記装置信号は、アップリンク信号を含み、移動装置は、そのアップリンク信号とベースステーションにおけるダウンリンク信号とを同期させるためにセルラーネットワーク規格に従って構成される、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 14】

前記データ分析システムは、ベースステーション信号に関連したベースステーション識別子を使用してベースステーションの位置を識別する、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 15】

移動装置の位置を決定する方法において、

地理的領域にわたって個別の位置に分散されたワイヤレスセンサ装置により発生される

データをデータ分析システムで受信し、ワイヤレスセンサ装置は、地理的領域におけるワイヤレス通信ネットワーク信号を受動的に監視するように構成され、前記データは、地理的領域内の移動装置によって送信されてワイヤレスセンサ装置により受信される装置信号であって、ワイヤレス通信ネットワークプロトコルに従ってベースステーションへ送信するために移動装置によりフォーマットされる装置信号とワイヤレスセンサ装置により受信される基準信号との到着時間差であって各ワイヤレスセンサ装置により発生される到着時間差を含むものであり、及び

3つ以上のワイヤレスセンサ装置により発生される前記到着時間差の分析に基づいて移動装置の位置を前記データ分析システムの動作により識別する、  
ことを含み、

10

前記ワイヤレス通信ネットワークプロトコルは、セルラーネットワーク規格を含み、前記基準信号は、ベースステーションにより送信されるベースステーション信号を含み、このベースステーション信号は、セルラーネットワーク規格に従って1つ以上の移動装置へ送信するためにベースステーションによりフォーマットされ、前記装置信号及び前記ベースステーション信号は前記セルラーネットワーク規格によって同期される、

前記移動装置の位置は、 $n$ 個のワイヤレスセンサ装置により発生される到着時間差に基づいて方程式の系を解くことにより識別され、その方程式の系は、 $n$ 個の方程式、

【数9】

$$c\delta\tau_i = [|\vec{r}_s - \vec{r}_b| + |\vec{r}_s - \vec{r}_i|] - |\vec{r}_i - \vec{r}_b|,$$

を有し、ここで、

20

【数10】

$$\vec{r}_s = (x_s, y_s, z_s)$$

は、移動装置の位置を表わし、

【数11】

$$\vec{r}_b = (x_b, y_b, z_b)$$

は、ベースステーションの位置を表わし、

【数12】

$$\vec{r}_i = (x_i, y_i, z_i)$$

は、 $i$ 番目のワイヤレスセンサ装置の位置を表わし、 $c$ は、光速を表わし、そして  
は、 $i$ 番目のワイヤレスセンサ装置により発生された到着時間差を表わす方法。

30

【請求項16】

前記ベースステーション信号は、ブロードキャストチャンネル信号を含み、及び

前記装置信号は、ランダムアクセスチャンネル(RACH)要求を含み、移動装置は、そのRACH要求と移動装置におけるブロードキャストチャンネル信号とを同期させるためにセルラーネットワーク規格に従って構成される、請求項15に記載の方法。

【請求項17】

前記ベースステーション信号は、ダウンリンク信号を含み、及び

前記装置信号は、アップリンク信号を含み、移動装置は、そのアップリンク信号とベースステーションにおけるダウンリンク信号とを同期させるためにセルラーネットワーク規格に従って構成される、請求項15に記載の方法。

40

【請求項18】

前記データ分析システムは、ベースステーション信号に関連したベースステーション識別子を使用してベースステーションの位置を識別する、請求項15に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

優先権主張：本願は、2015年2月4日出願された米国特許出願第14/613,912号に対する優先権を主張するもので、その全ての内容は、参考としてここに援用される。

【0002】

50

本発明は、ワイヤレス信号、例えば、高周波信号の信号源の位置決めに関する。

【背景技術】

【0003】

グローバルポジショニングシステム（GPS）は、ユーザ装置のための位置、ナビゲーション及びタイミングサービスを提供する衛星ベースシステムの一例である。例えば、GPSシステムは、スマートフォン又はナビゲーション装置のようなハンドヘルド装置のGPS受信器によりアクセスされて、ハンドヘルド装置の地理的座標を決定する。GPS受信器は、GPS受信器とGPS衛星との間の距離の測定値を得、そして距離の測定値を使用してGPS受信器の位置を決定する。

【発明の概要】

【0004】

一般的な観点において、信号源装置により発生されたワイヤレス信号が検出及び使用されて、信号源装置の位置を決定する。

【0005】

ある観点において、ワイヤレス信号源ロケータシステムは、地理的領域にわたる個別の位置に分散されたワイヤレスセンサ装置を備えている。ワイヤレスセンサ装置は、地理的領域に置いてワイヤレス通信ネットワーク信号を受動的に監視するように構成される。各ワイヤレスセンサ装置は、地理的領域内の移動装置から装置信号を受信するように構成される。装置信号は、ワイヤレス通信ネットワークプロトコルに従ってベースステーションへ送信するために移動装置によってフォーマットされる。各ワイヤレスセンサ装置は、更に、同期源から基準信号を受信し；装置信号及び基準信号に基づいて到着時間データを発生し；及びワイヤレスセンサ装置から到着時間データを送信するように構成される。ワイヤレス信号源ロケータシステムは、更に、到着時間データを受信し、そして3つ以上のワイヤレスセンサ装置により発生された到着時間データの分析に基づき移動装置の位置を識別するように構成されたデータ分析システムを備えている。

【0006】

ある観点において、同期信号は、地理的領域にわたり個別の位置に分散されたワイヤレスセンサ装置に送信される。ワイヤレスセンサ装置は、地理的領域においてワイヤレス信号を受動的に監視するように構成される。ワイヤレスセンサ装置は、同期信号を受信するのに応答してワイヤレス信号源の信号を収集する。各ワイヤレス信号源信号は、地理的領域においてワイヤレス信号源からの高周波（RF）送信を含む。各ワイヤレス信号源信号は、同期信号により指示された時間に各ワイヤレスセンサ装置により検出される。データ分析システムは、ワイヤレス信号源信号を受信し、そして地理的領域におけるワイヤレス信号源の位置を識別する。この位置は、3つ以上の個別のワイヤレススペクトル検査装置により収集されたワイヤレス信号源信号のクロス相関に基づいて識別される。

【0007】

1つ以上の実施形態の詳細が添付図面及び以下に説明に述べられている。他の特徴、目的及び効果は、以下の説明及び添付図面、並びに特許請求の範囲から明らかとなる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】ワイヤレス信号源の位置を識別できる規範的なワイヤレススペクトル分析システムを示すブロック図である。

【図2】ワイヤレス信号源の位置を識別できる規範的なワイヤレススペクトル分析システムのアーキテクチャーを示すブロック図である。

【図3】ワイヤレスセンサ装置の規範的分布を示すブロック図である。

【図4】ワイヤレスセンサ装置に関連した規範的スペクトル検査（SI）情報を示すブロック図である。

【図5】ワイヤレスセンサ装置に関連した規範的SI情報を示す別のブロック図である。

【図6】規範的ワイヤレスセンサ装置を示すブロック図である。

【図7】ワイヤレスセンサ装置の規範的SI信号路を示すブロック図である。

10

20

30

40

50

【図 8】ワイヤレスセンサ装置の別の規範的 S I 信号路を示すブロック図である。

【図 9】規範的ワイヤレスセンサ装置の上面図である。

【図 10】図 9 の規範的ワイヤレスセンサ装置 9 0 0 のアンテナ 9 1 0 a - d の規範的アンテナプロフィールの上面図である。

【図 11】別の規範的ワイヤレスセンサ装置の上面図である。

【図 12】ワイヤレスセンサ装置の規範的用途を示すブロック図である。

【図 13】セルラー接続装置の位置を識別するための規範的技術を示すブロック図である。

【図 14】セルラー接続装置の位置を識別するための別の規範的技術を示すブロック図である。

10

【図 15】規範的ワイヤレス信号源ロケータシステムを示すブロック図である。

【図 16】R F 信号源の位置を識別するための規範的技術を示すブロック図である。

【図 17】規範的ワイヤレス信号源ロケータシステムを示すブロック図である。

【図 18】信号の多数の経路を示すブロック図である。

【図 19】多経路効果の結果として多数のクロス相関ピークを示すチャートである。

【図 20】多数のセルにおけるワイヤレスセンサ装置の規範的分布を示すブロック図である。

【図 21】衛星信号に基づく規範的同期信号源を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

20

種々の図面において同じ要素は同じ参照記号で示されている。

【0010】

ここでの記載の幾つかの観点において、高周波 ( R F ) 信号源の位置は、共通同期信号源に同期された分散型センサネットワークを使用して識別される。ある実施形態では、このセンサネットワークは、信号源によって送信された信号を受動的に検出する。例えば、信号源は、セルラーネットワークのワイヤレスサービスにアクセスする移動装置であり、そして移動装置の位置は、セルラーネットワークの一部ではないセンサを使用して識別することができる。ある場合には、センサ ( セルラーネットワークの一部ではない ) が移動装置からセルラーベースステーション ( セルラーネットワークの一部である ) へ送信された信号を検出し、そして移動装置の位置は、検出された信号及び同期信号源からの情報から識別される。ある実施形態では、同期信号源は、ベースステーション ( 例えば、同期又はブロードキャストチャンネルを放出するベースステーション ) 、グローバルナビゲーション衛星システム ( G N S S ) のタイミング基準、G N S S 適合のタイミング基準信号を発生する地上ベース送信器、正確なタイミング基準を搬送する他のブロードキャスト R F 信号、又はそれらの組み合わせである。

30

【0011】

ある実施形態において、ワイヤレス信号源ロケータシステムは、ワイヤレスセンサ装置のグループにより形成されたセンサネットワークを備えている。ある実施形態では、センサ装置は、ワイヤレス通信ネットワークプロトコルに従って信号源から送信された信号を検出する。例えば、センサ装置は、セルラーネットワークにおいて交換される信号を検出するが、センサ装置それ自体は、セルラーネットワークの一部ではない。センサ装置により検出される信号は、セルラーベースステーション、W i - F i アクセスポイント、又は別のワイヤレスリソースプロバイダーとワイヤレス通信するために信号源によりフォーマットされる信号を含む。

40

【0012】

ある実施形態において、センサ装置のグループは、既知の座標をもつ地理的エリアに配置される。各センサ装置は、そのエリアで利用できるワイヤレスサービスを受信しそしてそれに同期することができる。ある場合に、各センサ装置は、タイミング同期信号源から座標位置への同期信号を受信しそして正確なタイミングを得る受信器を有する。例えば、センサ装置は、一体型の G N S S 受信器を有する。ある場合に、同期信号は、ワイヤレス

50

ネットワークブロードキャスト信号（例えば、セルラードウンリンクフレーム又はタイムスロット境界）、GNSS タイミング基準、GNSS 適合のタイミング基準信号を発生する地上ベース送信器、又はネットワークタイミング同期を与える他の信号である。

【 0 0 1 3 】

環境及び信号強度に基づいて、センサネットワーク内のセンサの幾つか又は全部によりターゲット信号を受信することができる。ターゲット信号は、位置決めされるべきターゲット RF 信号源により送信される信号である。ターゲット信号は、例えば、移動装置（スマートフォン、移動ターミナル、等）により送信される RF 信号 - セルラ－又は Wi - Fi / ブルーツースのいずれか、RF インターフェイスの固定又は移動信号源、未知の又は偽のセルラ－ベースステーション、RF スペクトルの違法ユーザ（アマチュア無線）、又はターゲット信号源により送信される他の信号を含む。

10

【 0 0 1 4 】

ある実施形態において、各センサ装置は、タイミング同期信号源により与えられる同期信号に対するターゲット信号の到着時間を測定し、そしてセンサ装置は、センサネットワークに共通のタイミング同期信号源からの同期信号に各々アクセスすることができる。各センサ装置からの情報は、データ分析システムに送信することができる。ある実施形態において、データ分析システムは、集中型処理エンジン又はネットワークオペレーションセンター（NOC）である。ある場合に、データ分析システムは、通信ネットワーク（例えば、IP ネットワーク又は他のタイプの通信システム）を経て到着時間データを受信する。データ分析システムは、各センサからの測定値を各センサの既知の座標及びタイミング信号源の既知の座標（ワイヤレスネットワークタイミング信号源の場合）と結合し、そしてターゲット信号源の未知の位置を計算するための非線型方程式の系を形成することができる。図 1 3 から 2 0 及びそれに関連した説明は、規範的实施形態の付加的な詳細を与える。

20

【 0 0 1 5 】

ある場合に、センサ装置による到着時間測定値は、ターゲット信号源の位置決めにおけるエラーに貢献するエラーを生じ得る。測定により多くのセンサを含ませるか又は測定を何回も繰り返して測定結果を平均化することで、エラーを減少できる。

【 0 0 1 6 】

ある実施形態において、ここに述べる要旨は、技術的な効果を与える種々の仕方で実施することができる。例えば、ワイヤレスセンサ装置は、低コスト装置でよい。それ故、エリアに配備されるワイヤレスセンサ装置の数を、同じエリア内のベースステーションの数より著しく多くすることができる。その結果、位置決めの精度を非常に高くすることができる。更に、ワイヤレスセンサ装置は、セルラ－ネットワークの一部ではなく、それ故、移動装置ではないワイヤレス信号源（例えば、マイクロ波オープン、ラジオ装置、等）を含む様々な信号源の位置を決定するのに使用できる。

30

【 0 0 1 7 】

ここに述べる記述のある観点において、ワイヤレス信号は、スペース及び時間にわたり監視され分析される。例えば、ワイヤレス信号のパラメータは、地理的領域の種々の位置で同時に動作する多数のワイヤレスセンサ装置から集計される。地理的領域は、相対的に小さいか又は大きく（例えば、数十又は数百メートルないし数キロメートルの範囲の半径を有する）、そして一般的に、当該エリア（例えば、ビル、都市ブロック、管轄区、人口、産業、等）を表わす。ある場合には、集計されたデータは、スペクトル使用の現実的及び包括的分析を容易にし、そして地理的領域におけるワイヤレススペクトル及び他のリソースの利用及びクオリティの理解を与えることができる。

40

【 0 0 1 8 】

ある実施形態において、種々のワイヤレス通信規格に従ってフォーマットされたワイヤレス信号が監視され、分析される。例えば、ワイヤレスセンサ装置は、移動のためのグローバルシステム（GSM（登録商標））、及び GSM 進化のためのエンハンスドデータレート（EDGE）又は EGPRS のような 2 G 規格；コード分割多重アクセス（CDMA

50

）、ユニバーサル移動テレコミュニケーションシステム（UMTS）、及び時分割同期コード分割多重アクセス（TD-SCDMA）のような3G規格；長期進化（LTE）及びLTEアドバンスド（LTE-A）のような4G規格；IEEE 802.11、ブルーツース、近フィールド通信（NFC）、ミリメータ通信のようなワイヤレスローカルエリアネットワーク（WLAN）又はWiFi規格；又はこれら又は他のタイプのワイヤレス通信規格の複合；を監視及び分析することができる。ある実施形態において、他のタイプのワイヤレス通信（例えば、非規格化信号及び通信プロトコル）が監視及び分析される。

【0019】

ある場合に、ワイヤレススペクトル使用データ及びその関連情報が種々のエンティティにより収集され又はそれらに提供される（例えば、販売され、契約され、共有され、又はその他提供される）。例えば、ワイヤレススペクトル使用データは、政府機関又は監督官庁（例えば、連邦通信委員会（FCC）、等）、規格開発団体（例えば、第三世代パートナーシッププロジェクト（3GPP））、米国電気電子学会（IEEE）、等）、スペクトル権利所有者及び被免許者、ワイヤレスサービスプロバイダー、ワイヤレス装置及びチップ製造者及び売主、ワイヤレス装置のエンドユーザ、又は他の独立体により使用することができる。

10

【0020】

ワイヤレススペクトル使用データ及びその関連情報は、種々の目的で使用するすることができる。例えば、政府機関又は監督官庁は、その情報を使用して、割り当てられた又は割り当てられていないスペクトル使用权を良好に規制し、管理し及び施行し；規格開発団体は、その情報を使用して、スペクトル負荷のバランスをとるように動作周波数を選択し且つ規格を開発し（例えば、負荷の低い周波数帯域を活用しそして混雑した周波数帯域の負荷を軽減することにより）；そしてサービスプロバイダーは、その情報を使用して、システムハードウェア、ソフトウェア、サービス又はインフラストラクチャーを最適化し、さもなければ、改善する。

20

【0021】

より正確で且つより包括的なスペクトル使用データにより、目標とする計画は、ワイヤレススペクトル及び他のリソースの利用を改善するように設計することができる。ある場合に、スペクトル権利所有者及び被免許者又はワイヤレスサービスプロバイダーは、彼らが所有し又は運営する周波数帯域の利用度及びクオリティに基づいて、彼ら自身のスペクトル使用を設計し、変更し、さもなければ、管理することができる。例えば、ある地理的位置が厳しいデータトラフィックを経験するという知識が与えられると、ワイヤレスサービスプロバイダーは、地理的位置の厳しいデータトラフィックを受け容れるようにベースステーションを追加し又はセル構成を変更する（例えば、周波数再使用体系を調整する）ことができる。別の例として、1日のある時間帯は、他の時間帯より厳しいデータトラフィックを経験するという知識が与えられると、ワイヤレスサービスプロバイダーは、ピークを除く時間中の使用を奨励するようにプロモーション又はポリシーを設計することができる。

30

【0022】

ある例において、ワイヤレススペクトル分析システムは、多数のワイヤレスセンサ装置及びデータ集計システムを備えている。ワイヤレスセンサ装置は、地理的領域にわたって種々の位置に分散させることができる。ワイヤレスセンサ装置は、各位置においてRFスペクトルを監視及び分析し、そしてその情報をデータ集計システムへ送信することができる。データ集計システムは、ワイヤレスセンサ装置から送信された情報を集計し、コンパイルしそして分析する中央バックエンドシステムとして働くことができる。

40

【0023】

ある実施形態において、ワイヤレススペクトル分析システム及び個々のワイヤレスセンサ装置は、周波数ドメイン、時間ドメイン又はその両方において種々のタイプの分析を行うことができる。例えば、ワイヤレスセンサ装置は、周波数ドメイン、時間ドメイン又はその両方においてワイヤレススペクトルを分析することができる。ある場合に、ワイヤレ

50

スセンサ装置は、検出された信号に基づき、帯域巾、パワースペクトル密度又は他の周波数属性を決定するように構成される。ある場合に、ワイヤレスセンサ装置は、時間ドメインにおけるワイヤレス信号から、例えば、ワイヤレス信号に含まれたシグナリング情報（例えば、プリアンプル、同期情報、チャンネル状態指示子、W i F i ネットワークの S S I D / M A C アドレス）のようなコンテンツを抽出するように復調及び他のオペレーションを遂行するように構成される。ある場合に、ワイヤレスセンサ装置は、ターゲット信号に基づく到着時間データ（例えば、ワイヤレス信号源からの）及び同期信号（例えば、同期信号源からの）を検出するように構成される。

【 0 0 2 4 】

ある例において、ワイヤレススペクトル分析システムは、装置からのスペクトル使用データに基づきスペクトル使用レポートを与える。スペクトル使用レポートは、ユーザに与えられ（例えば、ユーザインターフェイスにおいて）、データベースに記憶され（例えば、分析又は記録保管の目的で）、加入者又は他のエンティティ（例えば、政府機関又は監督官庁、規格開発団体、スペクトル権利所有者及び被免許者、ワイヤレスサービスプロバイダー、等）へ送信され、又は別の仕方で出力される。ある場合に、スペクトル使用レポートは、ワイヤレススペクトル使用のテキスト、データ、テーブル、チャート、グラフ、又は他の表現を含む。

【 0 0 2 5 】

ある例において、スペクトル使用レポートは、周波数ドメイン情報、時間ドメイン情報、空間ドメイン情報、又はそれらの組み合わせと、ワイヤレスセンサ装置により検出されたワイヤレス信号の分析から得られた他の知識とを含む。スペクトル使用レポートは、個別位置における多数のワイヤレスセンサ装置全体からのデータに基づくグローバル情報及び高レベル知識を含む。例えば、スペクトル使用レポートは、時間又は空間にわたるトレンド、統計値、パターン、カバレッジ、ネットワーク性能、又は他の情報を含む。ある実施形態において、スペクトル使用レポートは、特定のユーザ又はエンティティの仕事、好み又は他の属性に基づいて調整又はカスタマイズすることができる。

【 0 0 2 6 】

ある例において、地理的領域にわたる個別の位置に非常に多数のワイヤレスセンサ装置を使用して、各個別位置のワイヤレス信号を同時に監視することができる。従って、種々の位置の R F 信号は、同時に又は重畳する時間周期中に検査することができ、これは、地理的領域にわたりワイヤレス信号のより正確で且つより包括的な検査を行えるようにする。ある場合に、ワイヤレスセンサ装置は、例えば、広い周波数範囲にわたって R F 信号を「聴取」又は「ウオッチ」しそして検出された R F 信号を処理することによりそれらの各位置のワイヤレス信号を受動的に監視する。R F 信号が検出されない時間があり、ワイヤレスセンサ装置は、その装置のローカル環境において R F 信号が検出されたときにそれらの信号を（例えば、時々又は連続的に）処理する。

【 0 0 2 7 】

多くの場合に、ワイヤレスセンサ装置は、他のエンティティ又はシステムにより又はそれらの間に、例えば、特定の周波数又は周波数のセットにおいて、又は自然現象により、送信されたワイヤレス信号を検出することができる。ワイヤレス信号の信号源、行先、コンテキスト及び特性は、変化し得る。従って、ワイヤレスセンサ装置は、様々なシステム、エンティティ又は現象によりワイヤレススペクトルの使用を監視し、ここに述べるシステムは、特定のタイプ又はクラスのシステム又はプロトコルの監視に限定されない。

【 0 0 2 8 】

ある場合に、ワイヤレスセンサ装置は、比較的低コストで、コンパクトでそして軽量の装置として実施することができる。小型サイズで且つ携帯性があることは、ある場合に、用途を拡張し、そしてワイヤレススペクトル分析システムの融通性を向上させることができる。ある場合に、ワイヤレスセンサ装置は、セルラーシステムのピコ／フェムトセルボックス、W i F i アクセスポイント又はベースステーション、乗物、ルーター、移動装置（例えば、スマートホン、タブレット、等）、コンピュータ、「モノのインターネット」

10

20

30

40

50

(例えば、マシン対マシン(M2M)モジュール、ケーブルモデムボックス、ホームギア電子ボックス(例えば、TV、モデム、DVD、ビデオゲームステーション、ラップトップ、キッチンギア、プリンタ、照明、電話、時計、サーモスタット、火災検出ユニット、CO<sub>2</sub>検出ユニット、等)、又は他の場所に配置され又は結合される。

#### 【0029】

ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置は、スポットにおけるローデータ(例えば、検出されたRF信号)に対する計算及び分析を遂行して、当該情報のダイジェスト版(例えば、スペクトル使用パラメータ)を抽出することができる。ある場合に、ローデータをデータ集計システムへ送信するのではなく、ワイヤレスセンサ装置は、ローデータから抽出されたダイジェスト版を送信し、これは、データトラフィックを減少し、電力消費を減少し(該当する場合には、バッテリー寿命を延長し)、そして他の効果を発揮することもできる。ある場合に、ローデータは、例えば、要求があれば、又は他の場合には、データ集計システムに送信することができる。

10

#### 【0030】

ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置とデータ集計システムとの間の通信は、例えば、インターネットプロトコル(IP)トランスポート、或いはより効率的なデータ送信を与える別の標準的データトランスポートプロトコルに基づく。一般的に、メッセージは、いつでもワイヤレスセンサ装置からデータ集計システムへ送信することができる。例えば、送信は、検出されたRFスペクトル使用によりトリガーされ、データ集計システムからの要求により開始され、所定のスケジュール又は周期的インターバル、又はその他に従って送られる。ある場合に、集計システムは、特定のワイヤレスセンサ装置からデータを要求することができる。

20

#### 【0031】

ある例において、ワイヤレスセンサ装置を配備して、バックエンドシステムから制御することができる。例えば、ワイヤレスセンサ装置は、現場の技術者が装置を動作する必要なく動作することができる。ある実施形態において、データ集計システム又は別のタイプの中央制御システムは、例えば、ワイヤレスセンサ装置を構成又はアップグレードするために制御動作を実行することができる。ある場合に、制御システムは、構成情報を要求するか、又は特定のワイヤレスセンサ装置において内部テストを実行することができる。

#### 【0032】

30

ある実施形態において、ワイヤレススペクトル分析システムは、ワイヤレス信号源の位置を識別することができる。例えば、ワイヤレスセンサ装置は、ターゲット信号源により送信されたターゲット信号を検出し、そしてデータ集計システムにデータを送信する。データ集計システムは、ワイヤレスセンサ装置からのデータを分析して、ターゲット信号源の位置を決定するデータ分析システムを含む。

#### 【0033】

図1は、ワイヤレス信号源の位置を識別できる規範的なワイヤレススペクトル分析システム100を示すブロック図である。図1に示された規範的なワイヤレススペクトル分析システム100は、ワイヤレスセンサ装置110及びデータ集計システム115のネットワークを備えている。図1に示すように、多数の(例えば、数十、数百又は数千の)ワイヤレスセンサ装置110が、1つ以上のセルラーネットワークの多数のセル105を包囲する地理的エリアにわたって分散され、各セル105には多数のワイヤレスセンサ装置110がある。ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置110は、別の地理的領域、例えば、セルラーネットワークを含まないエリアにわたって分散することができる。ワイヤレスセンサ装置110は、互いに同じ又は同様であり、或いはワイヤレススペクトル分析システム100は、種々の異なるワイヤレスセンサ装置110を含むことができる。

40

#### 【0034】

図1に示すように、各セル105は、セルラーネットワーク(例えば、セルラーボイスネットワーク、セルラーデータネットワーク、等)のユーザ装置(例えば、セルラーホン、等)とインターフェイスする1つ以上のベースステーション120を備えている。各セ

50

ル 1 0 5 は、典型的に、単一のベースステーション 1 2 0 を備えている。典型的に、地理的領域におけるベースステーションの密度は、望ましいセルカバレッジに基づいて決定され、そしてセルの計画段階中に計算され、従って、インフラストラクチャーが配備されると、相対的に固定されたままとなる。

#### 【 0 0 3 5 】

ベースステーション 1 2 0 は、典型的に、広い領域、例えば、全セル 1 0 5 にわたって移動装置のためのワイヤレスサービスを提供する。従って、ベースステーション 1 2 0 は、十分なセルカバレッジを与えるために比較的広い領域にわたって信号を送信するに十分な電力を必要とする。ベースステーションは、典型的に、消費電力が 1 0 ワットないし 1 0 0 ワット以上の高電力プロセッサ又は高電力コンポーネントを使用し、そしてベースステーションの動作温度を維持するために冷却システムを要求する。これら及び他の理由で、ベースステーションは、しばしば、大規模の高価なシステムとなる。例えば、セルラーベースステーションは、塔及びビルに装着された多数のアンテナで構成され、塔の基部の付近には電子回路があり、そしてセルラーベースステーションは、ある場合には、\$ 1 0 0 , 0 0 0 ないし \$ 1 , 0 0 0 , 0 0 0 以上の範囲のコストがかかる。

#### 【 0 0 3 6 】

ここに示す例において、ワイヤレスセンサ装置 1 1 0 は、データ集計システム 1 1 5 にデータを与える。例えば、ワイヤレスセンサ装置 1 1 0 は、IP ネットワーク、イーサネット（登録商標）又は別の通信システムを通してデータ集計システム 1 1 5 へメッセージ（例えば、IP パケット、イーサネットフレーム、等）を送信する。例えば、ワイヤレススペクトル分析システム 1 0 0 は、ベースステーション 1 2 0 によってサポートされるセルラーネットワーク以外の（又はそれを含む）既存の通信及び電力インフラストラクチャー（例えば、公衆ネットワーク、プライベートネットワーク、ワイドエリアネットワーク、等）をレバレッジすることができる。

#### 【 0 0 3 7 】

規範的なワイヤレスセンサ装置 1 1 0 は、ローカルエリアのワイヤレス信号を各々監視及び分析するモジュラー又はスタンドアローン装置である。ある場合に、ワイヤレスセンサ装置 1 1 0 は、例えば、セルラーサービスを（例えば、ユーザ装置に）提供せずに、セルラーネットワークの無線リソースを使用せずに、ベースステーション 1 2 0 の動作をサポートせずに、又はその他、セルラーネットワークのコンポーネントとして動作せずに、セルラーネットワークと受動的に相互作用する。ワイヤレスセンサ装置 1 1 0 は、ワイヤレス信号を検出及び分析するために特殊なハードウェア（例えば、カスタマイズされた回路、カスタマイズされたチップセット、等）及び特殊なソフトウェア（例えば、信号処理及び分析アルゴリズム）を含む。

#### 【 0 0 3 8 】

ある場合に、ワイヤレスセンサ装置 1 1 0 は、低電力消費（例えば、平均でほぼ 0 . 1 ないし 0 . 2 ワット以下）で動作し、そして比較的小型で低廉である。ある例において、個々のワイヤレスセンサ装置は、典型的なパーソナルコンピュータ又はラップトップコンピュータより小型であり、そして様々な環境で動作することができる。ある場合に、ワイヤレスセンサ装置は、オフィススペース、都市のインフラストラクチャー、住居エリア、又は他の位置に設置できるモジュラー、ポータブル、コンパクト装置である。ある場合に、ワイヤレスセンサ装置は、\$ 1 0 0 未満で製造できるが、実際のコストは変化する。

#### 【 0 0 3 9 】

図 1 に示す例では、ワイヤレスセンサ装置 1 1 0 は、ベースステーション 1 2 0 より高い密度で地理的に分散される。従って、ある場合に、ワイヤレスセンサ装置 1 1 0 は、高い位置分解能及び精度でワイヤレススペクトルを検査することができる。特定例として、各セル 1 0 5 の各エリア内にほぼ 5 0 台のワイヤレスセンサ装置 1 1 0 があるようにして都市内の種々の位置に 1 0 0 0 台のワイヤレスセンサ装置 1 1 0 が配置されるが、実際の台数は、用途ごとに変化する。各ワイヤレスセンサ装置 1 1 0 は、個別の位置（即ち、他のワイヤレスセンサ装置 1 1 0 の位置と物理的に区別できる位置）に存在する。

## 【 0 0 4 0 】

地理的エリアにおけるワイヤレスセンサ装置 1 1 0 の密度は、例えば、地理的エリアの面積、人口、位置又は他のファクタに基づいて決定することができる。例えば、都市エリアにおけるワイヤレスセンサ装置 1 1 0 の密度は、ある場合には、田園エリアより高い。ある場合に、規範的ワイヤレスセンサ装置 1 1 0 は、コストが比較的安く且つサイズが小さいことから、領域全体にわたるワイヤレススペクトル使用を監視及び分析するための経済的解決策を提供するようにセル 1 0 5 又は別の当該領域全体に分散することができる。

## 【 0 0 4 1 】

ワイヤレススペクトル分析システム 1 0 0 は、ある場合には、システム構成及び管理に高レベルの融通性をもって実施することができる。例えば、ワイヤレスセンサ装置 1 1 0 は、比較的容易に再配置でき且つ種々の位置で動作できるポータブルプラグ・プレイ装置である。ある例において、ワイヤレスセンサ装置 1 1 0 は、標準的な通信インターフェイス（例えば、イーサネット、W i F i、U S B、等）を有し、そして標準電源を受け容れ又はバッテリー電源で動作する。従って、ワイヤレススペクトル分析システム 1 0 0 の構成（例えば、ワイヤレスセンサ装置 1 1 0 の全台数、密度及び相対的な位置）は、種々の環境を受け容れることができ、そして例えば、時々変更又は調整することができる。

## 【 0 0 4 2 】

規範的なデータ集計システム 1 1 5 は、ワイヤレスセンサ装置 1 1 0 から送信されたデータ（測定値、当該情報のダイジェスト版、等）を受信し；データを（例えば、データベースに）記憶し；そしてデータベースからの集計データを処理して高レベル情報を抽出するアルゴリズムを実行する；ことができる。高レベル情報は、例えば、ワイヤレス信号源の位置、トレンド、統計値、カバレッジ、ネットワーク使用、又はワイヤレスセンサ装置 1 1 0 に関連した他のローカル又はグローバル情報を含む。又、データ集計システム 1 1 5 は、ワイヤレスセンサ装置 1 1 0 の動作を制御し、そしてそれらと個々に相互作用して、例えば、同期データを与え、特別なデータを要求し、又は他の制御操作を遂行する。

## 【 0 0 4 3 】

図 2 は、R F 信号源を位置決めするのに使用できる規範的なワイヤレススペクトル分析システム 2 0 0 のアーキテクチャを示すブロック図である。ワイヤレススペクトル分析システム 2 0 0 は、図 1 のワイヤレススペクトル分析システム 1 0 0、又は別のワイヤレススペクトル分析システムを表わす。規範的なワイヤレススペクトル分析システム 2 0 0 は、多数のワイヤレスセンサ装置 1 1 0、I P ネットワーク 2 2 0、及びメインコントローラ 2 3 0 を備えている。ワイヤレススペクトル分析システム 2 0 0 は、付加的な又は異なるコンポーネントを含むことができる。ある実施形態では、ワイヤレススペクトル分析システムは、図 2 に示すように構成されるか、又は別の適応的な仕方で構成される。

## 【 0 0 4 4 】

図 2 に示す例では、各ワイヤレスセンサ装置 1 1 0 は、空間座標（ $x_i$ 、 $y_i$ 、 $z_i$ ）を有する各物理的位置にあるワイヤレスセンサ装置として実施され、ここで、 $i$  は、1 から  $L$  まで変化する（ $L$  は、ワイヤレスセンサ装置 1 1 0 の台数である）。ある実施形態において、各ワイヤレスセンサ装置は、グローバルポジショニングシステム（G P S）を備えているか、又はワイヤレスセンサ装置の位置座標を識別する別の位置識別システムを備えており、或いは位置座標は、別の仕方で識別することができる。ある実施形態において、各ワイヤレスセンサ装置は、独特の識別子を有し、そして識別子は、位置識別子又は位置座標に関連付けられる。

## 【 0 0 4 5 】

規範的なワイヤレスセンサ装置は、周波数及び時間の両ドメインにおいてワイヤレススペクトルを監視及び分析し、そして関連地理的位置で利用できるワイヤレス通信サービスの詳細分析を遂行することができる。例えば、ワイヤレスセンサ装置は、所与の時間にワイヤレスセンサ装置の位置に関してローカルワイヤレス環境における R F 信号を検出することができる。ある場合に、ワイヤレスセンサ装置は、データパケット及びフレームを識別し、同期情報、セル及びサービス識別子、並びに R F チャンネルのクオリティ測定値（

例えば、チャンネルクオリティ指示子（CQI）を抽出し、そしてこれら及び他の制御情報並びにワイヤレスセンサ装置で検出されたRF信号のトラフィックデータに基づいてスペクトル使用パラメータ及び他の情報を導出することができる。制御情報及びRF信号のトラフィックデータは、2G GSM/EDGE、3G/CDMA/UMTS/TD-SCDMA、4G/LTE/LTE-A、Wi-Fi、ブルーツース、等のワイヤレス通信規格に対応する物理的及び媒体アクセス（MAC）レイヤ情報を含む。スペクトル使用パラメータ（例えば、特定周波数又は特定帯域巾、等に対する）は、検出されたRF信号の電力、検出されたRF信号の信号対雑音比（SNR）、到着時間データ、検出されたRF信号が最大電力を有する周波数、又は他のパラメータを含む。ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置は、RF障害物及び干渉物、又は他のタイプの情報を識別することができる。

10

#### 【0046】

図2に示す例では、ワイヤレスセンサ装置からのデータ（例えば、到着時間データ又は他の情報）は、データ集計システム又は中央制御システム（例えば、メインコントローラ230）により集計される。ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置からのデータは、ワイヤレスセンサ装置から送信されたメッセージを、例えば、IPネットワーク（例えば、IPネットワーク220）を通して受信することによりメインコントローラ230で集計される。ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置は、ローカルネットワーク（例えば、ローカルインターネット202又は204）を経てIPネットワーク220に接続される。ワイヤレスセンサ装置は、ローカルワイヤラインネットワーク214又はワイヤレスネットワーク212によりローカルネットワークに接続される。ワイヤラインネットワーク214は、例えば、イーサネット、xDSL（x-デジタル加入者ライン）、光学的ネットワーク、又は他のタイプのワイヤライン通信ネットワークを含む。ワイヤレスネットワーク212は、例えば、Wi-Fi、ブルーツース、NFC、又は他のタイプのローカルワイヤレスネットワークを含む。ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置の幾つかは、1つ以上のワイドエリアネットワーク206を使用してIPネットワーク220に直接接続される。ワイドエリアネットワーク206は、例えば、セルラーネットワーク、衛星ネットワーク、又は他のタイプのワイドエリアネットワークを含む。

20

#### 【0047】

規範的なメインコントローラ230は、図1のデータ集計システム115又は別のバックエンドシステムに含まれる。メインコントローラ230は、1つ以上のコンピューティング装置又はシステムを含むコンピューティングシステムである。メインコントローラ230又はそのいずれかのコンポーネントは、データ処理センター、コンピューティングファシリティ又は別の位置に配置することができる。図示された例では、メインコントローラ230は、ワイヤレスセンサ装置の動作を遠隔制御することができる。メインコントローラ230の機能は、例えば、ワイヤレスセンサ装置の幾つか又は全部からの情報の集計、ワイヤレスセンサ装置のソフトウェアのアップグレード、ワイヤレスセンサ装置の状態の監視、等を含む。例えば、メインコントローラ230は、ソフトウェア更新モジュール234を含むか又はそれに結合される。ある場合に、ソフトウェア更新モジュール234は、ワイヤレスセンサ装置ソフトウェア232のための更新を受け取り、そしてそのソフトウェア更新をワイヤレスセンサ装置にプッシュする。

30

40

#### 【0048】

図2に示す例では、メインコントローラ230は、ワイヤレスセンサ装置を1つ以上の校正又はテストモードへとプッシュし、ワイヤレスセンサ装置内の種々の要素をリセットし、又は、例えば、ワイヤレスセンサ装置、それに隣接するワイヤレスセンサ装置の位置又は状態、或いは他のファクタに基づいて、個々のワイヤレスセンサ装置を必要に応じて構成することができる。ある例において、ワイヤレスセンサ装置の状態は、（i）ワイヤレスセンサ装置の温度、（ii）ワイヤレスセンサ装置の現在電力消費、（iii）ワイヤレスセンサ装置からメインコントローラ230へと流れるデータのレート、（iv）ワイヤレスセンサ装置の周りのローカルWi-Fi信号の信号強度、SSID、又はMACアドレス

50

、(v)ワイヤレスセンサ装置の位置(例えば、ワイヤレスセンサ装置内の内部GPSユニットで検出された)、(vi)ワイヤレスセンサ装置又はその周囲のワイヤレスセンサ装置の状態に関する情報を与える信号(例えば、IPパケット、ネットワークを経て送信される制御信号)を含む。メインコントローラ230は、ワイヤレスセンサ装置の付加的な又は異なる状態を監視する。

#### 【0049】

ある実施形態において、メインコントローラ230は、ワイヤレスセンサ装置から送信されたスペクトル検査情報(例えば、到着時間データ、スペクトル使用パラメータごとの空間及び時間座標、ワイヤレスセンサ装置の状態、等)を受信する通信システムを備え、又はそれに結合される。メインコントローラ230は、多数のワイヤレスセンサ装置からのスペクトル検査情報を集計し(例えば、アッセンブル、コンパイル又は管理し)、そしてワイヤレスセンサ装置からのスペクトル使用パラメータに基づいて地理的領域に対するスペクトル使用レポートを発生できるデータ分析システム236を備え、又はそれに結合される。

#### 【0050】

ある場合に、スペクトル使用レポートは、ワイヤレスセンサ装置の種々の位置にわたるワイヤレススペクトルの使用、クオリティ又は他の情報をユーザに提示するためにデータインターフェイス238に提示される。例えば、スペクトル使用レポートは、RFスペクトルの多数の帯域各々における検出されたワイヤレストラフィックレベル、多数のワイヤレス通信規格に対する検出されたワイヤレストラフィックレベル、地理的領域におけるワイヤレススペクトル使用の空間及び時間分布、又は他の情報を指示することができる。トラフィックレベルは、例えば、スループット、データレート、山及び谷の値、又はスペクトル使用情報の他の統計値(例えば、平均値及び分散)を含む。スペクトル使用レポートは、例えば、検出されたワイヤレストラフィックレベル対空間及び時間を示すテーブル、チャート、及びグラフを含む。例えば、スペクトル使用レポートは、地理的領域におけるワイヤレススペクトル使用の空間分布を示すグラフ又はマップ(例えば、図3ないし5に示す)を含む。スペクトル使用レポートは、ワイヤレススペクトル使用の時間的分布又はトレンドを示す(例えば、1日、1ヶ月又は1年の間の山、平均及び谷のトラフィック量を示す)棒グラフ又はテーブルを含む。スペクトル使用レポートは、地理的領域にワイヤレス信号を送信したワイヤレス信号源の位置を指示することができる。位置は、座標、プロット、等として指示することができる。

#### 【0051】

ある実施形態において、データ分析システム236は、リアルタイムデータ、履歴データ、又はその両方の組み合わせを分析し、そして地理的領域に対するスペクトル使用パラメータを決定することができる。例えば、データ分析システム236は、ワイヤレスセンサ装置により受信されたワイヤレス信号に対する信号源位置を決定することができ、そして発生されるスペクトル使用レポートは、信号源位置の指示を含む。

#### 【0052】

図3及び4は、地理的領域におけるワイヤレススペクトル使用の規範的な空間及び時間分布の観点を示し、図5は、信号源位置を決定するための規範的な技術の観点を示す。ある場合に、同様の情報又は関連情報が、メインコントローラ230により発生されたスペクトル使用レポートに含まれ、そしてユーザに表示される。ある実施形態において、スペクトル使用レポートは、スペクトル使用情報の付加的又は異なる表現を含む。

#### 【0053】

図3は、ワイヤレスセンサ装置の規範的な空間分布を示すブロック図300である。図3に示すように、各ワイヤレスセンサ装置は、地理的位置( $x_i$ 、 $y_i$ 、 $z_i$ )を有し、そしてその各々の地理的位置( $x_i$ 、 $y_i$ 、 $z_i$ )におけるワイヤレススペクトルを監視及び分析することができる。各ワイヤレスセンサ装置は、スペクトル検査(SI)情報をデータ集計システム(例えば、図2のメインコントローラ230)へ送信することができる。SI情報は、例えば、スペクトルデータ(例えば、スペクトル使用パラメータ)、ターゲット

ット信号の到着時間データ、各スペクトル使用パラメータに対する位置及び時間情報、ワイヤレスセンサ装置の状態情報、又は他の情報を含む。例えば、位置及び時間情報は、ワイヤレスセンサ装置の空間座標（例えば、 $(x_i, y_i, z_i)$ ）又は他の座標）、及び各々のスペクトル使用パラメータが得られる時間座標（例えば、1日の時間）を含む。規範的なブロック図300は、ワイヤレスセンサ装置の空間座標を示し、そして地理的領域におけるワイヤレスセンサ装置の規範的空間分布のマップとして働く。ある実施形態では、各ワイヤレスセンサ装置のS I情報がダイアグラム300に重畳され、そして例えば、ユーザに表示される。

#### 【0054】

図4は、図3に示すワイヤレスセンサ装置に関連した規範的S I情報410を示すブロック図400である。図4に示す例では、規範的S I情報410は、ワイヤレスセンサ装置の各空間座標に隣接して又はその上に表示される。表示されたS I情報410は、上述したS I情報の幾つかのタイプ又は全てのタイプを含む。例えば、スペクトル使用パラメータの1つ以上を表示することができる。ある実施形態では、各スペクトル使用パラメータの時間座標を表示することもできる。情報は、各個別のワイヤレスセンサ装置に対して同じ、同様又は異なるものである。S I情報410は、中央位置（例えば、メインコントローラ230）において集計できるので、多数のワイヤレスセンサ装置のS I情報410を相関させ、比較し、補間し、さもなければ、操作して、更なる情報を導出することができる。例えば、信号源の信号の相対的な位置は、信号源の信号を検出できるワイヤレスセンサ装置のS I情報に基づいて決定することができる。付加的な又は異なる情報を導出す

#### 【0055】

図5は、図3に示すワイヤレスセンサ装置に関連した規範的なS I情報を示す別のブロック図500である。この例において、1つ以上の周波数の検出信号電力は、各位置における各ワイヤレスセンサ装置に対する規範的なS I情報として表示される。位置 $(x_1, y_1, z_1)$ 、 $(x_2, y_2, z_2)$ 、 $(x_3, y_3, z_3)$ 及び $(x_4, y_4, z_4)$ における周波数 $f$ の信号の測定電力は、各々、 $P_{\text{signal},1}$ 510、 $P_{\text{signal},2}$ 520、 $P_{\text{signal},3}$ 530、及び $P_{\text{signal},4}$ 540として表示される。多数のワイヤレスセンサ装置の測定電力レベルに基づいて、周波数 $f$ の信号505の信号源位置は、例えば、データ分析システム（例えば、中央コントローラの）によって自動的に推定することができる。例えば、信号505の信号源位置は、ワイヤレスセンサ装置の位置、例えば、 $(x_1, y_1, z_1)$ 、 $(x_2, y_2, z_2)$ 、 $(x_3, y_3, z_3)$ 及び $(x_4, y_4, z_4)$ を中心とする多数の弧の交点に基づいて決定することができる。各弧の半径は、 $P_{\text{signal},1}$ 510、 $P_{\text{signal},2}$ 520、 $P_{\text{signal},3}$ 530、及び $P_{\text{signal},4}$ 540、各経路ロス、陰影効果、又は多数のワイヤレスセンサ装置の各々に関するローカルワイヤレス環境の他の伝播状態に基づいて決定することができる。従って、RF信号の信号源位置をピンポイントで示しそして規範的マップ上に表示して可視化することができる。又、信号源位置は、以下に述べるように、同期信号に基づいて識別することもできる。

#### 【0056】

図6は、規範的ワイヤレスセンサ装置600を示すブロック図である。ある場合に、図1ないし5のワイヤレスセンサ装置は、図6に示す規範的ワイヤレスセンサ装置600として、又は別のタイプのワイヤレスセンサ装置として実施することができる。規範的ワイヤレスセンサ装置600は、ハウジング610、RFインターフェイス612、電源管理サブシステム620、信号分析サブシステム（例えば、S Iサブシステム630、等）、CPU640、メモリ650、通信インターフェイス、入力/出力インターフェイス642（例えば、USB接続）、GPSインターフェイス648、及び1つ以上のセンサ（例えば、コンパス又はジャイロスコープのような3D方向センサ644、温度センサ、等）を備えている。ワイヤレスセンサ装置600は、付加的な又は異なるコンポーネント及び特徴を含み、そしてワイヤレスセンサ装置の特徴は、図6に示すように構成されるか又は別の特定の構成とされる。

## 【 0 0 5 7 】

ある実施形態において、ハウジング 6 1 0 は、R F インターフェイス 6 1 2、電源管理サブシステム 6 2 0、信号分析サブシステム、通信インターフェイス、及びワイヤレスセンサ装置 6 0 0 の他のコンポーネントを収容するポータブルハウジングである。ハウジングは、プラスチック、金属、複合物、又はそれらの組み合わせ、及び他の材料で作ることができる。ハウジングは、成形、加工、押し出し又は他のタイプの処理により製造されるコンポーネントを含む。ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置 6 0 0 は、別の装置（例えば、セルラーシステムのピコ/フェムトセルボックス、W i F i アクセスポイント又はベースステーション、乗物、ルーター、移動装置、サーモスタット、等）に結合され又はそれと一体化される。例えば、ワイヤレスセンサ装置 6 0 0 のハウジング 6 1 0 は、他の装置にアタッチし、合体し、さもなければ、結合することができる。或いは又、ハウジング 6 1 0 は、ワイヤレスセンサ装置 6 0 0 のコンポーネントのみを収容する専用ハウジングでもよい。

10

## 【 0 0 5 8 】

ある実施形態において、ハウジング 6 1 0 及びハウジング 6 1 0 内のコンポーネントの設計及び配置は、ワイヤレス信号を監視しそして分析するように最適化され、さもなければ、構成される。例えば、コンポーネントのサイズ、方向及び相対的な位置は、R F 信号を検出及び分析するために最適化され、そして装置は、必要な全てのコンポーネントを収容しながらもコンパクトにすることができる。ある場合に、ハウジング 6 1 0 は、例えば、 $10 \times 10 \times 4 \text{ cm}^3$  程度であり、又は別のサイズのハウジングを使用することができる。

20

## 【 0 0 5 9 】

ある実施形態において、R F インターフェイス 6 1 2 は、ワイヤレスセンサ装置 6 0 0 の周りのローカルワイヤレス環境において R F スペクトルの多数の帯域巾内の R F 信号を検出するように構成される。R F インターフェイス 6 1 2 は、各帯域内の R F 信号を処理するように構成されたアンテナシステム及び多数の無線経路を含む。図 6 に示す例では、R F インターフェイス 6 1 2 は、アンテナ 6 2 2 a、R F 受動的素子 6 2 4、R F 能動的素子 6 2 6、及び受動的素子 6 2 8 を含む。R F 受動的素子 6 2 4 は、例えば、マッチング素子、R F スイッチ及びフィルタを含む。R F 能動的素子 6 2 6 は、例えば、R F 増幅器を含む。R F 能動的素子 6 2 6 の後の受動的素子 6 2 8 は、例えば、フィルタ、マッチング素子、スイッチ、及びバラン(balun)を含む。

30

## 【 0 0 6 0 】

ある例において、信号分析サブシステムは、R F 信号及び同期信号に基づいて到着時間データを識別するよう構成される。信号分析サブシステムは、無線部、デジタル信号プロセッサ(D S P)、メモリ、及びスペクトルパラメータを抽出して R F スペクトルを分析する他のコンポーネントを備えている。ある実施形態では、R F インターフェイス 6 1 2 及び信号分析サブシステムの組み合わせがスペクトル検査(S I)信号経路と称され、これは、図 7 を参照して詳細に説明する。

## 【 0 0 6 1 】

ワイヤレスセンサ装置 6 0 0 の通信インターフェイスは、スペクトル使用パラメータ又は他の S I 情報をリモートシステム（例えば、図 2 のメインコントローラ 2 3 0）へ送信するように構成される。通信インターフェイスは、1 つ以上のワイヤレスインターフェイス 6 3 2（例えば、W i F i 接続、セルラー接続、等）、ローカルネットワーク（例えば、イーサネット接続、x D S L 接続、等）へのワイヤラインインターフェイス 6 4 6、又は他のタイプの通信リンク又はチャンネルを含む。通信インターフェイスは、通信アンテナを共有し及び再使用し（例えば、アンテナアレイを使用して）、又は個別の専用のアンテナを各々有することができる。

40

## 【 0 0 6 2 】

ワイヤレスインターフェイス 6 3 2 及びワイヤラインインターフェイス 6 4 6 は、各々、ローカル又はワイドエリアネットワークと通信するためのモデムを含む。例えば、ワイ

50

ワイヤレスインターフェイス 632 及びワイヤラインインターフェイス 646 は、S I 情報をデータ集計システム（例えば、図 2 のメインコントローラ 230）へ送信し、及びデータ集計システムからローカル又はワイドエリアネットワークを経て制御情報（例えば、ソフトウェア更新）を受信することができる。ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置には、通信インターフェイスのいずれか又は両方を設けることができる。ワイヤラインインターフェイス 646 は、規範的なワイヤレスセンサ装置 600 が、既存のワイヤライン通信インフラストラクチャー（例えば、ビル内の）、及びワイヤライン通信の大きな送信容量（例えば、光学的ネットワーク、進歩型デジタル加入者ライン技術、等により提供される大きな帯域巾）を利用できるようにする。ワイヤレスインターフェイス 632 は、ブルー투스、W i F i、セルラー、衛星、又は他のワイヤレス通信技術を使用して、種々の位置で種々の時間に S I 情報を配信できるように規範的ワイヤレスセンサ装置 600 の移動性及び融通性を向上させることができる。

10

#### 【0063】

ある実施形態において、ワイヤレスインターフェイス 632 及び R F インターフェイス 612 は、ハードウェア又はソフトウェアコンポーネント（又はその両方）を共有することができる。ある実施形態において、ワイヤレスインターフェイス 632 及び R F インターフェイス 612 は、別々に実施されてもよい。ある実施形態において、R F インターフェイス 612 は、主として、送信ではなく信号受信の役割を果たし、そして R F インターフェイス 612 は、特殊な低電力回路で実施され、従って、ワイヤレスセンサ装置 600 の全体的な電力消費を減少することができる。

20

#### 【0064】

電源管理サブシステム 620 は、ワイヤレスセンサ装置 600 へ電力を供給して管理するための回路及びソフトウェアを備えている。ある実施形態では、電源管理サブシステム 620 は、バッテリインターフェイス及び 1 つ以上のバッテリ（例えば、充電式バッテリ、マイクロプロセッサが埋設されたスマートバッテリ、又は異なるタイプの内部電源）を備えている。バッテリインターフェイスは、ワイヤレスセンサ装置 600 に直流電力を供給する上でバッテリを助成するレギュレータに結合される。従って、ワイヤレスセンサ装置 600 は、自蔵電源を備え、他の外部エネルギー源の必要なく任意の位置に使用することができる。それに加えて又はそれとは別に、電源管理サブシステム 620 は、外部電源（例えば、交流電源、アダプタ、コンバータ、等）から電力を受ける外部電源インターフェイスを備えている。従って、ワイヤレスセンサ装置 600 は、外部エネルギー源にプラグインすることができる。

30

#### 【0065】

ある実施形態において、電源管理サブシステム 620 は、ワイヤレスセンサ装置 600 の電力消費を監督及び管理することができる。例えば、電源管理サブシステム 620 は、R F インターフェイス 612、通信インターフェイス、C P U 640、及びワイヤレスセンサ装置 600 の他のコンポーネントの電力消費を監視し、そしてワイヤレスセンサ装置 600 の電力消費状態を、例えば、中央コントローラへ報告する。ある実施形態では、ワイヤレスセンサ装置 600 は、電力消費を低くするように設計され、そして電源管理サブシステム 620 は、電力消費がスレッショールドを越えた場合に、中央コントローラに警告を送信するか又はワイヤレスセンサ装置 600 の動作に介入するように構成される。電源管理サブシステム 620 は、付加的な又は異なる特徴を含んでもよい。

40

#### 【0066】

C P U 640 は、例えば、ワイヤレスセンサ装置 600 の動作を管理するためにインストラクションを実行できる 1 つ以上のプロセッサ又は別のタイプのデータ処理装置を備えている。C P U 640 は、図 1 から 5 を参照して述べたワイヤレスセンサ装置の 1 つ以上の動作を遂行又は管理する。ある実施形態において、C P U 640 は、S I サブシステム 630 の一部分である。例えば、C P U 640 は、測定されたワイヤレススペクトルデータ（例えば、R F インターフェイス 612 からの）を処理し、計算し、さもなければ、分析することができる。ある場合に、C P U 640 は、メモリ 650 に含まれたソフトウェ

50



処理経路（例えば、「経路１」７３０、・・・「経路Ｍ」７４０）を含む。アンテナ７２２は、マルチポートアンテナ又はシングルポートアンテナである。アンテナ７２２は、無指向性アンテナ、方向性アンテナ、又はその各々の１つ以上の組み合わせを含む。アンテナ７２２は、ＲＦマルチプレクサ７２０に接続される。ある実施形態において、ＲＦインターフェイス７１０は、単入力・単出力（ＳＩＳＯ）、単入力・多出力（ＳＩＭＯ）、多入力・単出力（ＭＩＳＯ）、又は多入力・多出力（ＭＩＭＯ）技術に基づきＲＦ信号を検出するために１つ以上のアンテナ７２２を使用するように構成される。

#### 【００７３】

ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置のローカル環境におけるＲＦ信号は、アンテナ７２２によりピックアップされてＲＦマルチプレクサ７２０へ入力される。分析を必要とするＲＦ信号の周波数に基づいて、ＲＦマルチプレクサ７２０から出力される信号７０２は、処理経路（即ち、「経路１」７３０、・・・「経路Ｍ」７４０）の１つへルーティングされる。ここで、Ｍは整数である。各経路は、個別の周波数帯域を含む。例えば、「経路１」７３０は、１ＧＨｚと１．５ＧＨｚとの間のＲＦ信号に使用され、一方、「経路Ｍ」は、５ＧＨｚと６ＧＨｚとの間のＲＦ信号に使用される。多数の処理経路は、各中心周波数及び帯域巾を有する。多数の処理経路の帯域巾は、同じであっても異なってもよい。２つの隣接する処理経路の周波数帯域は、重畳してもよいし、バラバラでもよい。ある実施形態において、処理経路の周波数帯域は、異なるワイヤレス通信規格（例えば、ＧＳＭ、ＬＴＥ、ＷｉＦｉ、等）の指定周波数帯域に基づいて割り当てられ又は構成される。例えば、各処理経路が特定のワイヤレス通信規格のＲＦ信号を検出する役割を果たすように構成される。例えば、「経路１」７３０は、ＬＴＥ信号を検出するのに使用され、一方、「経路Ｍ」は、ＷｉＦｉ信号を検出するのに使用される。

#### 【００７４】

各処理経路（例えば、「処理経路１」７３０、「処理経路Ｍ」７４０）は、１つ以上のＲＦ受動的及びＲＦ能動的素子を含む。例えば、処理経路は、ＲＦマルチプレクサ、１つ以上のフィルタ、ＲＦデマルチプレクサ、ＲＦ増幅器、及び他のコンポーネントを含む。ある実施形態において、ＲＦマルチプレクサ７２０から出力された信号７０２、７０２<sub>ｍ</sub>は、処理経路のマルチプレクサ（例えば、「ＲＦマルチプレクサ１」７３２、・・・「ＲＦマルチプレクサＭ」７４２）に適用される。例えば、「処理経路１」７３０が信号７０２の処理経路として選択された場合には、信号７０２が「ＲＦマルチプレクサ１」７３２へ供給される。ＲＦマルチプレクサは、第１のＲＦマルチプレクサ７２０から到来する信号７０２、又はスペクトル分析サブシステム７０５により与えられるＲＦ校正（ｃａｌ）トーン７３８の間で選択される。「ＲＦマルチプレクサ１」７３２の出力信号７０４は、Ｎを整数とすれば、フィルタ、即ちフィルタ（１、１）７３４<sub>ａ</sub>、・・・フィルタ（１、Ｎ）７３４<sub>ｎ</sub>のうちの１つに進む。フィルタは、更に、処理経路の周波数帯域を当該狭帯域に分割する。例えば、「フィルタ（１、１）」７３４<sub>ａ</sub>は、信号７０４に適用されて、フィルタされた信号７０６を発生し、そしてそのフィルタされた信号７０６は、「ＲＦデマルチプレクサ１」７３６に適用される。ある場合に、信号７０６は、ＲＦデマルチプレクサにおいて増幅される。増幅された信号７０８は、スペクトル分析サブシステム７０５へ入力される。

#### 【００７５】

同様に、「処理経路Ｍ」７４０が信号７０２<sub>ｍ</sub>の処理経路として選択された場合には、信号７０２<sub>ｍ</sub>が「ＲＦマルチプレクサＭ」７４２へ供給される。ＲＦマルチプレクサは、第１のＲＦマルチプレクサ７２０から到来する信号７０２<sub>ｍ</sub>、又はスペクトル分析サブシステム７０５により与えられるＲＦ校正（ｃａｌ）トーン７４８の間で選択される。「ＲＦマルチプレクサＭ」７４２の出力信号は、Ｎを整数とすれば、フィルタ、即ちフィルタ（Ｍ、１）７４４<sub>ａ</sub>、・・・フィルタ（Ｍ、Ｎ）７４４<sub>ｎ</sub>のうちの１つに進む。ある場合に、フィルタの出力信号は、ＲＦデマルチプレクサ７４６において増幅される。増幅された信号７０８<sub>ｍ</sub>は、スペクトル分析サブシステム７０５へ入力される。

#### 【００７６】

10

20

30

40

50

スペクトル分析サブシステム 705 は、検出された RF 信号をデジタル信号に変換し、そしてデジタル信号処理を遂行して、その検出された RF 信号に基づいて情報を識別するように構成される。スペクトル分析サブシステム 705 は、1 つ以上の SI 無線受信器 (RX) 経路 (例えば、「SI 無線 RX 経路 1」750a、「SI 無線 RX 経路 M」750m)、DSP スペクトル分析エンジン 760、RF 校正 (cal) トーンジェネレータ 770、フロントエンド制御モジュール 780、及び I/O 709 を備えている。スペクトル分析サブシステム 705 は、付加的な又は異なるコンポーネント及び特徴を含む。

#### 【0077】

図示された例では、増幅された信号 708 は、「SI 無線 RX 経路 1」750a へ入力され、これは、信号 708 を基本帯域信号へとダウン変換しそして利得を適用する。ダウン変換された信号は、次いで、アナログ/デジタルコンバータを経てデジタル化される。デジタル化された信号は、DSP スペクトル分析エンジン 760 へ入力される。DSP スペクトル分析エンジン 760 は、例えば、デジタル信号に含まれたパケット及びフレームを識別し、デジタル信号に埋め込まれたプリアンプル、ヘッダ又は他の制御情報を読み取り (例えば、ワイヤレス通信規格の仕様に基いて)、そして 1 つ以上の周波数における又は帯域巾にわたる信号の信号電力及び SNR、チャンネルクオリティ及び容量、トラフィックレベル (例えば、データレート、再送信レート、レイテンシー、パケットドロップレート、等) 又は他のスペクトル使用パラメータを決定する。DSP スペクトル分析エンジン 760 の出力 (例えば、スペクトル使用パラメータ) は、ワイヤレスセンサ装置の 1 つ以上の通信インターフェイスを経てデータ集計システムへスペクトル使用パラメータを送信するために、例えば、I/O 790 に適用されそしてそれに対してフォーマットされる。

#### 【0078】

RF 校正 (cal) トーンジェネレータ 770 は、無線 RX 経路 (例えば、「無線 RX 経路 1」750a、・・・「無線 RX 経路 M」750m) の診断及び校正のための RF 校正 (cal) トーンを発生する。無線 RX 経路は、例えば、直線性及び帯域巾について校正される。

#### 【0079】

図 8 は、ワイヤレスセンサ装置の SI 信号経路 800 の別の規範的实施形態を示すブロック図である。ある場合に、SI 信号経路は、多数の異なるアンテナに接続された多数の RF インターフェイス (無線経路) を含む。図 8 に示す例では、SI 信号経路 800 は、スペクトル分析サブシステム 830 に各々接続された無線経路 A 810 及び無線経路 B 820 を含む。無線経路 A 810 及び無線経路 B 820 は、図 7 の RF インターフェイス又は無線経路 A 710 と同様に構成されてもよいし、或いは別の仕方でも構成されてもよい。無線経路 A 810 及び無線経路 B 820 は、例えば、ワイヤレススペクトル監視及び分析のために同じ又は異なる周波数をカバーする同じ又は異なる構成を有してもよい。

#### 【0080】

図 9 は、規範的ワイヤレスセンサ装置 900 の上面図である。ある場合に、図 1 ないし 5 のワイヤレスセンサ装置は、図 9 に示す規範的ワイヤレスセンサ装置 900 又は別のタイプのワイヤレスセンサ装置として実施することができる。図 9 の規範的ワイヤレスセンサ装置 900 は、図 6 から 7 に示す特徴の幾つか又は全部を含むか、或いは図 9 のワイヤレスセンサ装置 900 は、若干の、付加的な又は異なる特徴を含む。ワイヤレスセンサ装置 900 は、例えば、ワイヤレスセンサ装置 900 のハウジング内の 1 つ以上の RF インターフェイスに接続された 1 つ以上のアンテナを含む。例えば、規範的ワイヤレスセンサ装置 900 のアンテナは、図 6 のアンテナ 622a - c でもよいし、又は図 7 のアンテナ 722 でもよい。

#### 【0081】

アンテナは、RF 信号を受信するためにワイヤレスセンサ装置 900 に戦略的に配列される。図 9 に示す規範的ワイヤレスセンサ装置 900 は、このワイヤレスセンサ装置 900 の中心に対して互いに 90° に配置された 4 つのアンテナ 910a - d を備えている。

ある場合に、アンテナは、例えば、全アンテナ数、アンテナプロファイル、ワイヤレスセンサ装置 900 の位置及び方向、又は他のファクタに基づいて、異なる分離度、方向又は位置で配置される。

【0082】

図10は、図9の規範的ワイヤレスセンサ装置900のアンテナ910a-dの規範的アンテナプロファイルの上面図1000である。図10に示す例では、アンテナ910a-dは、各々、アンテナプロファイル又はパターン920a-dを有する。アンテナプロファイル920a-dは、同じでもよいし、異なるものでもよい。アンテナプロファイル920a-dは、例えば、当該周波数又は周波数帯域、望ましいアンテナ利得、又は他のファクタに基づいて選択され、さもなければ、構成される。

10

【0083】

図11は、別の規範的なワイヤレスセンサ装置1100の上面図である。ある場合に、図1ないし5のワイヤレスセンサ装置は、図11に示す規範的ワイヤレスセンサ装置1100として実施されるか又は別のタイプのワイヤレスセンサ装置として実施される。図11の規範的ワイヤレスセンサ装置1100は、図6ないし10に示す特徴の幾つか又は全部を含むか、又は図11のワイヤレスセンサ装置1100は、若干の、付加的な又は異なる特徴を含む。

【0084】

ワイヤレスセンサ装置1100は、4つのアンテナ1110a-d及び基準方向インジケータ1105を備えている。ある場合に、アンテナ1110a-dは、基準方向インジケータ1105に従って主要な方向又は別の座標系に対して方向付けされ又は構成される。図11に示す例では、基準方向インジケータ1105は、北コンパス方向に沿って方向付けされる。別の基準方向も使用できる。アンテナ1110a-dの方向及び変位を識別することができ、そしてある場合には、基準方向インジケータ1105に対して調整することができる。

20

【0085】

ある実施形態では、ワイヤレスセンサ装置は、ポータブルのモジュラー装置である。例えば、あるワイヤレスセンサ装置は、装置を実質的に解体又は分解する必要なく（例えば、一連の）多数の位置に使用するように移動可能であり又は再構成可能である。ある場合に、ワイヤレスセンサ装置は、ワイヤレスセンサ装置のネットワークを便利にアップグレードし、拡張し、調整し、さもなければ、変更できるように、互いに交換可能である。

30

【0086】

ある場合に、ワイヤレスセンサ装置は、1人以上のオペレータにより、例えば、装置を配置してそれを標準電源及びデータリンクに接続することにより、インストールすることができる。ある場合に、ワイヤレスセンサ装置は、固定具（例えば、スクリュー、ボルト、ラッチ、接着材、等）により位置固定することができ、又はワイヤレスセンサ装置は、（例えば、固定具なしに）自由位置に休止させることができる。ある場合に、ワイヤレスセンサ装置は、種々の位置及び環境で動作することができる。例えば、あるワイヤレスセンサ装置は、乗物（例えば、車、バス、列車、船、等）にインストールすることができ、この場合、ワイヤレスセンサ装置は、移動中にスペクトルを監視しそして分析することができる。他の例では、ワイヤレスセンサ装置は、交通インフラストラクチャー、通信インフラストラクチャー、電源インフラストラクチャー、専用不動産、工業用システム、都市又は商業ビル、住居エリア、及び他のタイプの位置にインストールすることができる。

40

【0087】

図12は、ワイヤレスセンサ装置1210がバス1220にマウントされたワイヤレスセンサ装置1210の規範的用途を示すブロック図1200である。ワイヤレスセンサ装置1210は、その変化する地理的位置を記録し、各位置におけるワイヤレス信号を監視し、そしてバス1220が移動するときにスペクトル検査情報を中央コントローラへ送信する。ある実施形態では、ワイヤレスセンサ装置1210は、バス1220の乗客により使用されるスペクトルを監視及び分析するように構成される。例えば、ワイヤレスセンサ

50

装置 1 2 1 0 は、乗客により使用されるセルラーホンの識別子を検出し、乗客のセルラーホンにより送信及び受信されるセルラー信号又は W i F i 信号を検出し、そしてバス 1 2 2 0 内又はその周囲に生じる R F トラフィックに特有のスペクトル使用パラメータを導出する。ワイヤレスセンサ装置 1 2 1 0 は、別の仕方でも構成することもできる。ある場合に、ワイヤレスセンサ装置 1 2 1 0 は、バス 1 2 2 0 の電力及び通信能力をレバレッジするか、又はワイヤレスセンサ装置 1 2 1 0 は、独立した電力及び通信能力を備えている。

#### 【 0 0 8 8 】

図 1 3 は、セルラー接続装置の位置を識別するための規範的な技術を示すブロック図 1 3 0 0 である。図 1 3 に示すように、ブロック図 1 3 0 0 は、センサネットワーク内の  $n$  番目のセンサ装置を  $n$  とすれば、空間座標  $(x_1, y_1, z_1)$ 、 $(x_2, y_2, z_2)$ 、 $(x_3, y_3, z_3)$  及び  $(x_n, y_n, z_n)$  を有する位置に配置された多数のワイヤレスセンサ装置 1 3 1 0 を含む。又、ブロック図 1 3 0 0 は、 $(x_b, y_b, z_b)$  に位置するベースステーション 1 3 0 2 及び未知の位置  $(x_s, y_s, z_s)$  にあるターゲット移動装置 1 3 0 4 も含む。

#### 【 0 0 8 9 】

図示された例において、ターゲット移動装置 1 3 0 4 及びベースステーション 1 3 0 2 は、同じセルラーネットワークにおいて動作する。セルラーネットワーク規格によれば、ベースステーション 1 3 0 2 は、ブロードキャストチャンネル信号をセル内の 1 つ以上の移動装置へ送信することができる。ターゲット移動装置 1 3 0 4 は、ブロードキャストチャンネル信号を受信し、そしてアクセスチャンネル信号を送信して、ベースステーション 1 3 0 2 と接続し、そしてセルラーネットサービスを得ることができる。ある場合、例えば、セルラーネットワークが L T E ネットワークである場合には、アクセスチャンネル信号がランダムアクセスチャンネル ( R A C H ) 要求である。ある場合には、R A C H 要求を、ターゲット移動装置 1 3 0 4 で受信したブロードキャストチャンネル信号と同期させることができる。例えば、R A C H 要求は、フレーム、例えば、図 1 3 に示すフレーム 1 の縁に時間的に整列させることができる。ある場合に、ベースステーション 1 3 0 2 は、ブロードキャストチャンネル信号が送信された後に、時間  $t_b$  に R A C H を受信することができる。

#### 【 0 0 9 0 】

ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置 1 3 1 0 は、多数の個別のセルラーネットワーク規格のいずれかで動作するセルラーネットワークにおいて送信される信号を受動的に監視することができる。例えば、ワイヤレスセンサ装置 1 3 1 0 は、セルラーネットワークからのサービスを要求せずに且つセルラーネットワークヘデータを送信せずに、セルラーネットワークの信号を監視することができる。ある場合に、ワイヤレスセンサ装置 1 3 1 0 は、セルラーネットワークにより使用されるワイヤレス通信プロトコル及びアップリンク/ダウンリンク周波数を識別することができる。ワイヤレスセンサ装置 1 3 1 0 は、ブロードキャストチャンネル及び R A C H の両方を受信する。ワイヤレスセンサ装置 1 3 1 0 は、図 1 3 に  $t_i$  と示されたそれら 2 つの信号間の時間差を計算し、ここで、 $i$  は、ワイヤレスセンサ装置 1 3 1 0 のインデックスで、 $i = 1, 2, 3, \dots, n$  である。又、ワイヤレスセンサ装置 1 3 1 0 は、ベースステーション 1 3 0 2 の位置を決定する。例えば、ワイヤレスセンサ装置 1 3 1 0 は、ベースステーション 1 3 0 2 の独特の識別子を検出し、そして公然と利用できるデータベースからベースステーション 1 3 0 2 の位置を決定することができる。ワイヤレスセンサ装置 1 3 1 0 は、時間差  $t_i$  をデータ分析システム (例えば、図 2 のメインコントローラ 2 3 0) へ送信することができる。ある場合に、1 つ以上のワイヤレスセンサ装置 1 3 1 0 は、ターゲット移動装置 1 3 0 4 により送信された R A C H 要求に対するベースステーション 1 3 0 2 の応答を受信することができる。この応答は、R A C H 要求の到着とベースステーション 1 3 0 2 のダウンリンクフレーム境界との間の時間オフセット、即ち  $t_b$  を含む。ワイヤレスセンサ装置 1 3 1 0 は、 $t_b$  を付加的な到着時間測定値としてデータ分析システムへ送信して、位置決定の精度を改善することができる。又、ある場合に、ワイヤレスセンサ装置 1 3 1

10

20

30

40

50

0 は、それ自身の位置、ベースステーションの位置、及びその組み合わせをデータ分析システムへ送信することもできる。

【0091】

ある実施形態において、データ分析システムは、ワイヤレスセンサ装置 1310 から受信した時間差  $\tau_i$  に基づいて非線型方程式の系を形成することができる。例えば、ワイヤレスセンサ装置 1310、ベースステーション 1302、及びターゲット移動装置 1304 は、次のベクトルで表わされる。

$$\vec{r}_s = (x_s, y_s, z_s)$$

10

$$\vec{r}_b = (x_b, y_b, z_b)$$

$$\vec{r}_i = (x_i, y_i, z_i)$$

【0092】

非線型方程式の系は、時間差  $\tau_i$  に基づき  $n$  個の方程式を含む。方程式の一例を以下に示す。

$$c\delta\tau_i = [|\vec{r}_s - \vec{r}_b| + |\vec{r}_s - \vec{r}_i|] - |\vec{r}_i - \vec{r}_b|$$

20

但し、 $c$  は、光速である。

【0093】

次いで、データ分析システムは、非線型方程式の系を解き、そしてターゲット移動装置 1304 の位置、即ち、

$$\vec{r}_s$$

を決定する。ある実施形態において、ターゲット移動装置 1304 の位置は、3つ以上のワイヤレスセンサ装置 1310 により発生される到着時間データに基づいて決定することができる。位置決定の精度は、より多くのデータ、例えば、付加的なワイヤレスセンサ装置又は2つ以上のベースステーションからの到着時間データで改善することができる。

30

【0094】

図14は、セルラー装置の位置を識別するための別の規範的な技術を示すブロック図1400である。図14に示すように、ブロック図1400は、センサネットワーク内の  $n$  番目のセンサ装置を  $n$  とすれば、空間座標  $(x_1, y_1, z_1)$ 、 $(x_2, y_2, z_2)$ 、 $(x_3, y_3, z_3)$  及び  $(x_n, y_n, z_n)$  を有する位置に配置された多数のワイヤレスセンサ装置 1410 を含む。又、ブロック図1400は、 $(x_b, y_b, z_b)$  に位置するベースステーション 1402 及び未知の位置  $(x_s, y_s, z_s)$  にあるターゲット移動装置 1404 も含む。

【0095】

図示された例において、ターゲット移動装置 1404 及びベースステーション 1402 は、同じセルラーネットワークにおいて動作する。セルラーネットワーク規格によれば、ベースステーション 1402 は、ブロードキャストチャンネル信号をセル内の1つ以上の移動装置へ送信することができる。ターゲット移動装置 1404 は、ブロードキャストチャンネル信号を受信し、そしてベースステーション 1402 にアップリンク信号を送信する。ある場合に、アップリンク信号は、時間ドメインにおける既知の周期的特性と共に、ターゲット移動装置 1304 により送信することができる。例えば、セルラーネットワーク規格に基づいて、アップリンク信号は、スロット、フレーム、トレーニング又はパイロットシーケンス、又はその組み合わせと整列させることができる。ある場合、例えば、セルラーネットワークがLTEネットワークである場合には、アップリンク信号は、スロットで送信することができる。ある場合に、ターゲット移動装置 1404 は、ベースステーション

40

50

ョン 1 4 0 2 で受信されるアップリンク信号が、ベースステーション 1 4 0 2 で送信されるブロードキャストチャンネルと整列するように、アップリンク信号の送信時間を調整することができる。例えば、図 1 4 に示すように、ターゲット移動装置 1 4 0 4 は、受信ブロードキャストチャンネルフレームのフレーム境界より  $\tau_s$  前に、例えば、フレーム 1 に、アップリンク信号を送信することができる。ある場合には、アップリンク信号が R A C H 要求である。

#### 【 0 0 9 6 】

ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 は、多数の個別のセルラーネットワーク規格のいずれかで動作するセルラーネットワークにおいて送信される信号を受動的に監視することができる。例えば、ワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 は、セルラーネットワークからのサービスを要求せずに且つセルラーネットワークヘデータを送信せずに、セルラーネットワークの信号を監視することができる。ある場合に、ワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 は、セルラーネットワークにより使用されるワイヤレス通信プロトコル及びアップリンク/ダウンリンク周波数を識別することができる。ワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 は、ブロードキャストチャンネル及びアップリンク信号の両方を受信する。ある場合に、1 つ以上のワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 は、アップリンク信号が規定の送信パターンで送信されることを決定できる。ワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 は、その決定をデータ分析システムに報告することができる。ある実施形態において、データ分析システムは、時間差を計算して報告するコマンドをワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 に送信することができる。

#### 【 0 0 9 7 】

ワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 は、図 1 4 に  $\tau_i$  と示された、ブロードキャストチャンネル信号とアップリンク信号との間の時間差を計算し、ここで、 $i$  は、ワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 のインデックスで、 $i = 1, 2, 3, \dots, n$  である。又、ワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 は、ベースステーション 1 4 0 2 の位置を決定する。例えば、ワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 は、ベースステーション 1 4 0 2 の独特の識別子を検出し、そして公然と利用できるデータベースからその位置を決定することができる。ワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 は、時間差  $\tau_i$  をデータ分析システム（例えば、図 2 のメインコントローラ 2 3 0）へ送信することができる。ある場合に、ベースステーション 1 4 0 2 は、 $\tau_s$ 、例えば、LTE ネットワークにおけるタイミング進み値を、ダウンリンクメッセージにおいて、ターゲット移動装置 1 4 0 4 へ送信することができる。1 つ以上のワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 がダウンリンクメッセージを受信し、そして付加的な到着時間測定値としてデータ分析システムへ  $\tau_i$  を送信し、位置決定の精度を改善する。又、ある場合に、ワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 は、それら自身の位置、ベースステーションの位置、及びその組み合わせをデータ分析システムへ送信することができる。

#### 【 0 0 9 8 】

ある実施形態において、データ分析システムは、ワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 から受信した時間差  $\tau_i$  に基づいて非線型方程式の系を形成することができる。例えば、ワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0、ベースステーション 1 4 0 2、及びターゲット移動装置 1 4 0 4 の位置は、次のベクトルで表わされる。

$$\vec{r}_s = (x_s, y_s, z_s)$$

$$\vec{r}_b = (x_b, y_b, z_b)$$

$$\vec{r}_i = (x_i, y_i, z_i)$$

#### 【 0 0 9 9 】

非線型方程式の系は、時間差  $\tau_i$  に基づき  $n$  個の方程式を含む。方程式の一例を以下

10

20

30

40

50

に示す。

$$c\delta\tau_i = [|\vec{r}_s - \vec{r}_b| + |\vec{r}_s - \vec{r}_i|] - |\vec{r}_i - \vec{r}_b|$$

但し、 $c$  は、光速である。

【 0 1 0 0 】

次いで、データ分析システムは、非線型方程式の系を解き、そしてターゲット移動装置 1 4 0 4 の位置、即ち、

$\vec{r}_s$

を決定する。ある実施形態において、ターゲット移動装置 1 4 0 4 の位置は、3 つ以上のワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 により発生される到着時間データに基づいて決定することができる。位置決定の精度は、より多くのデータ、例えば、付加的なワイヤレスセンサ装置又は 2 つ以上のベースステーションからの到着時間データで改善することができる。

【 0 1 0 1 】

ある実施形態において、データ分析システムは、センサネットワークのワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 へコマンドを送信することができる。コマンドは、ワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 に、共通のタイミング同期信号源に同期することを命令する。共通の同期信号源は、同期又はブロードキャストチャンネルを放射するベースステーション、グローバルナビゲーション衛星システム (GNSS) タイミング基準、GNSS 適合のタイミング基準信号を発生する地上ベース送信器、正確なタイミング基準を搬送する他のブロードキャスト RF 信号、又はその組み合わせである。データ分析システムは、ターゲット信号、例えば、ターゲット移動装置 1 4 0 4 によって送信されたアップリンク信号の到着時間を共通のタイミング同期信号源に対して計算するようにワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 に命令することができる。ワイヤレスセンサ装置 1 4 1 0 は、計算値をデータ分析システムへ報告することができる。データ分析システムは、報告された値に基づき前記と同様の方程式のセットを形成し、そしてターゲット移動装置 1 4 0 4 の位置を決定することができる。

【 0 1 0 2 】

図 1 5 は、規範的なワイヤレス信号源ロケータシステム 1 5 0 0 を示すブロック図である。ワイヤレス信号源ロケータシステム 1 5 0 0 は、図 1 のワイヤレススペクトル分析システム 1 0 0、又はワイヤレス信号源の位置を識別できる別のワイヤレススペクトル分析システムを表わす。ワイヤレス信号源ロケータシステム 1 5 0 0 は、多数のワイヤレスセンサ装置 1 5 1 0、IP ネットワーク 1 5 2 0、メインコントローラ 1 5 3 0 及びデータ分析モジュール 1 5 3 2 を備えている。図示されたように、ワイヤレス信号源ロケータシステム 1 5 0 0 は、ベースステーション 1 5 0 2 及びターゲット移動装置 1 5 0 4 も備えている。ワイヤレス信号源ロケータシステム 1 5 0 0 は、付加的な又は異なるコンポーネントを備えてもよい。ある実施形態において、ワイヤレス信号源ロケータシステムは、図 1 5 に示すように構成されてもよいし、又は別の適当な仕方で構成されてもよい。

【 0 1 0 3 】

図 1 5 に示すように、各ワイヤレスセンサ装置 1 5 1 0 は、空間座標 ( $x_i$ 、 $y_i$ 、 $z_i$ ) を有する各物理的位置に配置され、ここで、 $i$  は、1 から  $n$  まで変化する。上述したように、各ワイヤレスセンサ装置 1 5 1 0 は、空間座標 ( $x_b$ 、 $y_b$ 、 $z_b$ ) に位置するベースステーション 1 5 0 2、及び未知の位置 ( $x_s$ 、 $y_s$ 、 $z_s$ ) に位置するターゲット移動装置 1 5 0 4 により送信されるワイヤレス信号を受動的に監視することができる。ワイヤレスセンサ装置 1 5 1 0 は、ベースステーション 1 5 0 2 により送信されるブロードキャストチャンネル信号と、ターゲット移動装置 1 5 0 4 により送信される RACH との間の時間差、図 1 5 に  $\Delta t_i$  と示されている、を計算することができ、ここで、 $i$  は、ワイヤレスセンサ装置 1 5 1 0 のインデックスで、 $i = 1, 2, 3 \dots n$  である。ワイヤレスセンサ装置 1 5 1 0 は、 $\Delta t_i$  をデータ分析システムへ送信することができる。

【 0 1 0 4 】

図15に示すように、データ分析システムは、メインコントローラ1530及びデータ分析モジュール1532を備えている。ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置1510は、IPネットワーク、例えば、IPネットワーク1520を通してデータ分析システムへ時間差値 $\Delta t$ を送信する。ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置1510は、ローカルネットワークを経てIPネットワーク1520に接続される。ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置1510の幾つかは、1つ以上のワイドエリアネットワークを使用してIPネットワーク1520へ直接接続される。

#### 【0105】

規範的なメインコントローラ1530は、図1のデータ集計システム115又は別のバックエンドシステムに含まれる。メインコントローラ1530は、1つ以上のコンピューティング装置又はシステムを含むコンピューティングシステムである。メインコントローラ1530又はそのいずれかのコンポーネントは、データ処理センター、コンピューティングファシリティ又は別の位置に配置される。図示された例では、メインコントローラ1530は、ワイヤレスセンサ装置1510の動作を遠隔制御することができる。例えば、メインコントローラ1530の機能は、ワイヤレスセンサ装置1510の幾つか又は全部からの情報を集計し、ワイヤレスセンサ装置1510のソフトウェアをアップグレードし、そしてワイヤレスセンサ装置1510の状態を監視することを含む。例えば、メインコントローラ1530は、ソフトウェア更新を、幾つかの又は全部のワイヤレスセンサ装置1510へ送信することができる。上述したある実施形態では、メインコントローラ1530は、共通のタイミング同期信号源に同期させるようにワイヤレスセンサ装置1510に命令するコマンドを送信することができる。又、メインコントローラ1530は、共通のタイミング同期信号源に対してターゲット信号の到着時間を計算するようにワイヤレスセンサ装置1510に命令することもできる。

#### 【0106】

ある実施形態において、メインコントローラ1530は、データ分析モジュール1532を含むか、又は図15に示すように、それに結合される。データ分析モジュール1532は、多数のワイヤレスセンサ装置1510からの時間差値 $\Delta t$ を集計し（例えば、アッセンブルし、コンパイルし、さもなければ、管理し）、そしてターゲット移動装置1504の位置を決定することができる。ある実施形態において、データ分析モジュール1532は、リアルタイムデータ、履歴データ又はその両方の組み合わせを分析し、そして地理的領域に対する位置を決定することができる。

#### 【0107】

図13、14及び15に示す例では、ワイヤレスセンサ装置（1310、1410、1510）は、地理的領域にわたって個別の位置に分散され、そしてワイヤレスセンサ装置は、地理的領域におけるワイヤレス通信ネットワーク信号を受動的に監視する。図13、14及び15に示す規範的なワイヤレス通信ネットワーク信号は、移動装置（1304、1404、1504）及びベースステーション（1302、1402、1502）により発生される信号で、セルラーネットワーク規格（例えば、3G、LTE、等）に従ってフォーマットされるが、ワイヤレスセンサ装置は、他のタイプのワイヤレス通信ネットワーク信号を監視することもできる。例えば、ワイヤレスセンサ装置は、別のタイプのワイヤレス通信ネットワークプロトコル（例えば、WiFi、ブルーツース、等）に従ってフォーマットされた信号を監視することもできる。

#### 【0108】

各ワイヤレスセンサ装置（1310、1410、1510）は、地理的領域内の移動装置から装置信号を受信するように構成される。図13、14及び15に示す例では、装置信号は、RACH信号、アップリンク信号、或いはベースステーションへの送信のために移動装置（1304、1404、1504）により発生される別の信号である。又、各ワイヤレスセンサ装置（1310、1410、1510）は、同期信号源からの基準信号を受信するようにも構成される。図13、14及び15に示す例では、基準信号は、ブロードキャストチャネルであるか、又はベースステーション（1302、1402、

1502)により送信される別の信号である。ある場合に、基準信号は別のタイプの同期信号源から受信できる。例えば、基準信号は、メインコントローラ1530、衛星システム、等から受信できる。

#### 【0109】

これら及び他のタイプの装置信号及び基準信号は、ワイヤレスセンサ装置により検出され使用されて、到着時間データを発生する。図13、14及び15に示す例では、到着時間データは、各ワイヤレスセンサ装置により計算される時間差 $\tau_i$ を含む。時間差又は他のタイプの到着時間データは、ワイヤレスセンサ装置により発生されそして(例えば、データ分析システムにより)使用されて、移動装置の位置を識別する。例えば、ワイヤレスセンサ装置は、到着時間データをデータ分析モジュール1532へ送信し、そしてデータ分析モジュール1532は、3つ以上のワイヤレスセンサ装置により発生される到着時間データに基づいて移動装置の位置を識別することができる。

#### 【0110】

図16は、送信信号の構造を前もって知らずにRF信号源の位置を識別するための規範的技術を示す。図16に示すように、ブロック図1600は、センサネットワーク内の $n$ 番目のセンサ装置を $n$ とすれば、空間座標 $(x_1, y_1, z_1)$ 、 $(x_2, y_2, z_2)$ 、 $(x_3, y_3, z_3)$ 及び $(x_n, y_n, z_n)$ を有する位置に配置された多数のワイヤレスセンサ装置1610を含む。又、ブロック図1600は、 $(x_b, y_b, z_b)$ に位置するベースステーション1602、及び空間座標 $(x_s, y_s, z_s)$ を有する未知の位置にあるターゲットRF信号源1604も含む。ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置1610は、ベースステーション1602の位置を決定することができる。例えば、1つ以上のワイヤレスセンサ装置1610は、ベースステーション1602の独特の識別子を検出し、そして公然と利用できるデータベースからベースステーション1602の位置を決定することができる。ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置1610は、ベースステーション1602により送信されるブロードキャストチャンネル信号に同期させることができる。それとは別に、又はそれとの組み合わせで、ワイヤレスセンサ装置1610は、他の共通の同期信号源、例えば、GNSS/GPS信号に同期させることができる。

#### 【0111】

ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置1610は、ターゲットRF信号源1604により送信される未知の構造のRF信号を検出することができる。ワイヤレスセンサ装置1610は、その検出をデータ分析システムへ報告することができる。ある場合に、データ分析システムは、同期信号源及び現在時間基準を報告するようにワイヤレスセンサ装置1610に要求する。データ分析システムは、共通の同期信号源による信号記録の開始時間又は終了時間、例えば、GNSS時間、又はセルラーネットワークフレーム番号を決定することができる。ある場合に、データ分析システムは、信号記録がスタートする前に開始時間及び終了時間をワイヤレスセンサ装置1610に与えることができる。開始時間に、全てのワイヤレスセンサ装置1610がターゲットRF信号源1604からの信号の記録を開始することができる。ここに例示する例では、開始時間とは、ベースステーションのブロードキャストチャンネル信号が共通の同期信号源として使用される場合に、ワイヤレスセンサ装置1610が受信するベースステーションのブロードキャストチャンネル信号のフレーム1の開始である。

#### 【0112】

記録後に、ワイヤレスセンサ装置1610は、 $S_i(t)$ として表わされた記録波形を記憶することができ、ここで、 $i$ は、ワイヤレスセンサ装置1610のインデックスで、 $i = 1, 2, 3 \dots n$ である。ワイヤレスセンサ装置1610は、ロー $S_i(t)$ 波形をデータ分析システムへ送信することができる。

#### 【0113】

データ分析システムは、記録波形を受信し、そしてその各々が互いにシフトされる時間を決定する。ある実施形態において、データ分析システムは、 $S_i(t)$ と $S_j(t)$ との間に相関関数を適用することができ、ここで、 $i$ 及び $j$ は、ワイヤレスセンサ装置161

10

20

30

40

50

0 の各対のインデックスで、 $i \quad j$  である。次の項は、記録信号のクロス相関の例を表わす。

$$(S_1 * S_2)(\tau)$$

$$(S_1 * S_3)(\tau)$$

$$(S_2 * S_3)(\tau)$$

ここで、 $\tau$  は、クロス相関の時間を指示する。クロス相関は、種々のピークをもつ出力を発生することができる。ある場合、例えば、多経路散乱がない場合には、1つのピークが発生される。ある場合、例えば、多数の多経路がある場合には、多数のピークが発生される。

【0114】

図18及び19は、多経路作用の例を示す。図18は、信号の多経路を示すブロック図1800である。このブロック図1800は、RF信号を送信するRF信号源1804、このRF信号源により送信されたRF信号を受信するワイヤレスセンサ装置1810を含む。又、ブロック図1800は、RF信号を反映するオブジェクトA1820及びオブジェクトB1822も含む。RF信号源は、ベースステーション、移動装置、又は別のタイプのRF信号源である。図18に示すように、RF信号は、「経路1」1832をとり、そしてRF信号源1804からワイヤレスセンサ装置1810へ直接進行する。又、RF信号は、RF信号源1804から「経路2」1834及び「経路3」1836を経てワイヤレスセンサ装置1810へも進行し、これは、各々、オブジェクトB1822及びオブジェクトA1820で反射される。

【0115】

図19は、多経路作用の結果として多数のクロス相関ピークを示すチャート1900である。図19に示すように、到着時間 $t_{ij}^1$ 、 $t_{ij}^2$ 、及び $t_{ij}^3$ に対応する多数のピークは、相関計算に基づいて識別することができる。ある実施形態では、1つのピークが識別される。識別されたピークは、最短の経路を表わす最初に検出される信号経路に対応する。又、識別されたピークは、高い信頼性を表わす最強の信号経路に対応する。ある場合には、全ての経路が選択され、これは、多数の値

$\vec{r}_s$

を生じる。

【0116】

図16に戻ると、ここに示す例では、到着時間 $t_{ij}$ に対応する1つのピークを識別することができる。データ分析システムは、 $t_{ij}$ に基づいて非線型方程式の系を形成することができる。例えば、ワイヤレスセンサ装置1610、ベースステーション1602、及びターゲットRF信号源1604の位置は、次のベクトルで表わすことができる。

$$\vec{r}_s = (x_s, y_s, z_s)$$

$$\vec{r}_b = (x_b, y_b, z_b)$$

【0117】

非線型方程式の系は、 $n$ 個の方程式を含む。方程式の一例を以下に示す。

$$c\delta\tau_{ij} = \|\vec{r}_b - \vec{r}_i\| + \|\vec{r}_s - \vec{r}_i\| - \|\vec{r}_b - \vec{r}_j\| + \|\vec{r}_s - \vec{r}_j\|$$

ここで、 $c$  は、光速である。

## 【 0 1 1 8 】

次いで、データ分析システムは、非線型方程式の系を解き、そしてターゲット R F 信号源、即ち、

$\vec{r}_s$

の位置を決定することができる。ある実施形態では、ターゲット R F 信号源 1 6 0 4 の位置は、3つのワイヤレスセンサ装置 1 3 1 0 により発生される記録波形に基づいて決定することができる。位置決定の精度は、より多くのデータ、例えば、付加的なワイヤレスセンサ装置からの記録波形で改善することができる。

## 【 0 1 1 9 】

図 1 7 は、規範的なワイヤレス信号源ロケータシステム 1 7 0 0 を示すブロック図である。規範的なワイヤレス信号源ロケータシステム 1 7 0 0 は、図 1 のワイヤレススペクトル分析システム 1 0 0 又は別のワイヤレススペクトルシステムを表わす。ワイヤレス信号源ロケータシステム 1 7 0 0 は、多数のワイヤレスセンサ装置 1 7 1 0、I P ネットワーク 1 7 2 0、メインコントローラ 1 7 3 0、及びデータ分析モジュール 1 7 3 2 を備えている。図示されたように、ワイヤレス信号源ロケータシステム 1 7 0 0 は、ベースステーション 1 7 0 2 及びターゲット R F 信号源 1 7 0 4 も備えている。ワイヤレス信号源ロケータシステム 1 7 0 0 は、付加的な又は異なるコンポーネントも含む。ある実施形態において、ワイヤレス信号源ロケータシステムは、図 1 7 に示すように構成されてもよいし又は別の適当な仕方で構成されてもよい。

## 【 0 1 2 0 】

図 1 7 に示すように、各ワイヤレスセンサ装置 1 7 1 0 は、空間座標 ( $x_i$ 、 $y_i$ 、 $z_i$ ) を有する各物理的位置に配置され、ここで、 $i$  は、1 から  $n$  まで変化する。上述したように、各ワイヤレスセンサ装置 1 7 1 0 は、空間座標 ( $x_b$ 、 $y_b$ 、 $z_b$ ) に位置するベースステーション 1 7 0 2、及び未知の位置 ( $x_s$ 、 $y_s$ 、 $z_s$ ) に位置するターゲット R F 信号源 1 7 0 4 により送信されるワイヤレス信号を受動的に監視することができる。上述したように、ワイヤレスセンサ装置 1 7 1 0 は、ベースステーション 1 7 0 1 により送信されるブロードキャストチャンネル信号に同期させることができる。又、ワイヤレスセンサ装置 1 7 1 0 は、 $S_i(t)$  として表わされた、ターゲット R F 信号源 1 7 0 4 により送信される R F 信号の波形を記憶することもでき、ここで、 $i$  は、ワイヤレスセンサ装置 1 7 1 0 のインデックスで、 $i = 1, 2, 3 \dots n$  である。ワイヤレスセンサ装置 1 5 1 0 は、 $S_i(t)$  をデータ分析システムへ送信することができる。

## 【 0 1 2 1 】

図 1 7 に示すように、データ分析システムは、メインコントローラ 1 7 3 0 及びデータ分析モジュール 1 7 3 2 を備えている。ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置 1 7 1 0 は、I P ネットワーク、例えば、I P ネットワーク 1 7 2 0 を通してデータ分析システムへ  $S_i(t)$  を送信することができる。

## 【 0 1 2 2 】

規範的なメインコントローラ 1 7 3 0 は、図 1 のデータ集計システム 1 1 5 又は別のバックエンドシステムに含まれる。メインコントローラ 1 7 3 0 は、1つ以上のコンピューティング装置又はシステムを含むコンピューティングシステムである。メインコントローラ 1 7 3 0 又はそのいずれかのコンポーネントは、データ処理センター、コンピューティングファシリティ又は別の位置に配置することができる。図示された例では、メインコントローラ 1 7 3 0 は、ワイヤレスセンサ装置 1 7 1 0 の動作を遠隔制御することができる。メインコントローラ 1 7 3 0 の機能は、例えば、ワイヤレスセンサ装置 1 7 1 0 の幾つか又は全部からの情報の集計、ワイヤレスセンサ装置 1 7 1 0 のソフトウェアのアップグレード、及びワイヤレスセンサ装置 1 7 1 0 の状態の監視を含む。ある実施形態において、上述したように、メインコントローラ 1 7 3 0 は、共通のタイミング同期信号源に同期させるようにワイヤレスセンサ装置 1 7 1 0 に命令するコマンドを送信する。又、メインコントローラ 1 7 3 0 は、ワイヤレスセンサ装置 1 7 1 0 に信号記録の開始及び終了時間

を指示することができる。

【0123】

ある実施形態において、メインコントローラ1730は、データ分析モジュール1732を含むか、又は図17に示すように、それに結合される。データ分析モジュール1732は、記録波形のクロス相関を遂行し、そして識別されたピークに基づき到着時間情報を識別することができる。データ分析モジュール1732は、到着時間情報に基づいてターゲットRF信号源1704の位置を決定することができる。ある実施形態において、データ分析モジュール1732は、リアルタイムデータ、経歴データ、又はその両方の組み合わせを分析し、そして地理的領域に対する位置を決定することができる。

【0124】

図20は、多数のセルにおけるワイヤレスセンサ装置の規範的分布を示すブロック図2000である。図20に示すように、ブロック図2000は、空間座標 $(x_1, y_1, z_1)$ 、 $(x_2, y_2, z_2)$ 及び $(x_3, y_3, z_3)$ を有する位置に配置された多数のワイヤレスセンサ装置2010を備えている。又、ブロック図2000は、 $(x_b, y_b, z_b)$ に位置するベースステーション2002、及び未知の位置 $(x_s, y_s, z_s)$ にあるターゲットRF信号源2004も含む。ワイヤレスセンサ装置2010は、異なるセルに配置できる。ここに示す例では、ワイヤレスセンサ装置2010の1つがベースステーション2002と同じセルに配置され、一方、他のワイヤレスセンサ装置2010は、異なるセルに配置される。ある場合に、異なるセルに配置されたワイヤレスセンサ装置2010は、ターゲットRF信号源2004の位置を決定するように一緒に機能することができる。例えば、これらワイヤレスセンサ装置2010は、ターゲットRF信号源2004により送信されるターゲット信号に基づき時間差を計算するか、又はターゲットRF信号源2004の受信波形を記録することができる。これらのワイヤレスセンサ装置2010は、ターゲットRF信号源2004の位置を決定するためにデータ分析システムへデータを送信することができる。

【0125】

ある実施形態において、ワイヤレスセンサ装置2010は、他のセルにおいて送信された信号を共通の同期信号源として使用することができる。例えば、図20のワイヤレスセンサ装置2010の幾つか又は全部が、ベースステーション2002により送信されたブロードキャストチャンネル信号を共通の同期信号源として使用することができる。ある場合に、ワイヤレスセンサ装置2010は、他の信号源、例えば、GNSS/GPS信号を共通の同期信号源として使用することができる。

【0126】

図21は、衛星信号に基づく規範的な共通同期信号源を示すブロック図2100である。図21に示すように、ブロック図2100は、センサネットワーク内のn番目のセンサ装置をnとすれば、空間座標 $(x_1, y_1, z_1)$ 、 $(x_2, y_2, z_2)$ 、 $(x_3, y_3, z_3)$ 及び $(x_n, y_n, z_n)$ を有する位置に配置された多数のワイヤレスセンサ装置2110を備えている。又、ブロック図2100は、衛星2106、及び未知の位置 $(x_s, y_s, z_s)$ にあるターゲットRF信号源2104も含む。ある実施形態において、上述したように、共通の同期信号源は、ターゲットRF信号源2104を位置決めする際にワイヤレスセンサ装置2110の同期信号を発生することができる。ある場合に、同期信号は、ベースステーションにより送信される信号、例えば、同期又はブロードキャストチャンネルである。ある場合に、同期信号は、正確なタイミング基準を搬送する他のブロードキャストRF信号でよい。ある場合に、図21に示すように、同期信号は、衛星2106により送信される信号でよい。例えば、同期信号は、GNSS信号又はGPS信号でよい。

【0127】

本明細書は、多数の細部を含むが、それらは、特許請求の範囲における限定と解釈してはならず、むしろ、特定実施例に特有の特徴の記述であると解釈されたい。本明細書において別々の実施形態の文脈に述べられた幾つの特徴は、結合することも可能である。逆に、1つの実施形態の文脈に述べられた種々の特徴は、多数の実施形態において別々に、

10

20

30

40

50

又は適当な副次的結合で実施することもできる。

【 0 1 2 8 】

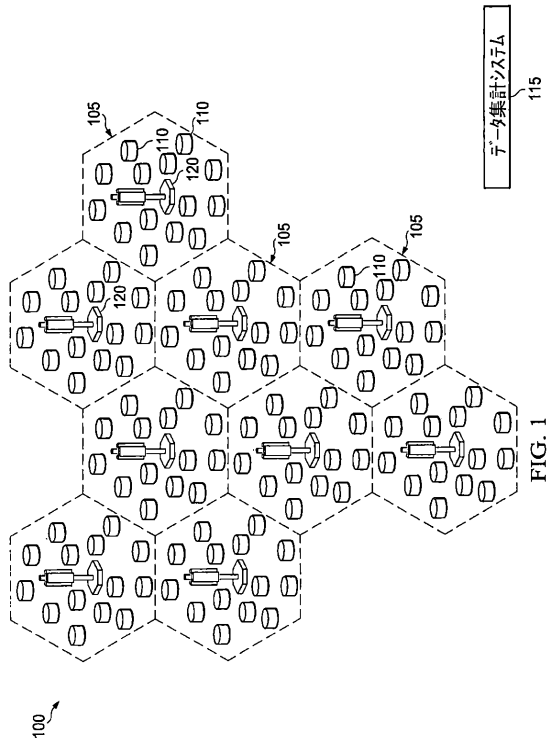
多数の実施例について説明した。それでも、種々の変更がなされ得ることを理解されたい。従って、他の実施形態も、特許請求の範囲内に包含される。

【符号の説明】

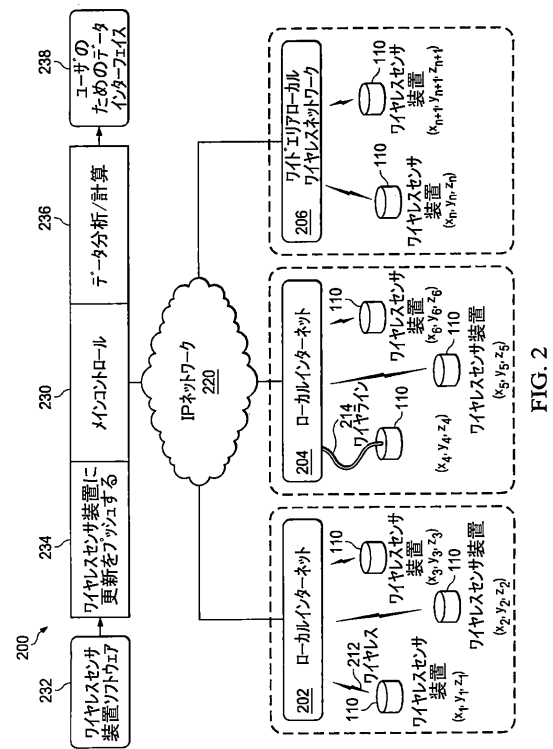
【 0 1 2 9 】

1 0 0 : ワイヤレススペクトル分析システム	
1 0 5 : セル	
1 1 0 : ワイヤレスセンサ装置	
1 1 5 : データ集計システム	10
1 2 0 : ベースステーション	
2 0 2 : ローカルインターネット	
2 0 4 : ローカルインターネット	
2 0 6 : ワイドエリアローカルワイヤレスネットワーク	
2 2 0 : I P ネットワーク	
2 3 0 : メインコントローラ	
2 3 2 : ワイヤレスセンサ装置ソフトウェア	
6 0 0 : ワイヤレスセンサ装置	
6 1 0 : ハウジング	
6 1 2 : R F インターフェイス	20
6 2 0 : 電力管理サブシステム	
6 2 2 a : アンテナ	
6 2 4 : R F 受動的素子	
6 2 6 : R F 能動的素子	
6 2 8 : 受動的素子	
6 3 2 : ワイヤレスインターフェイス	
6 4 0 : C P U	
6 4 2 : I / O	
6 4 4 : 3 D 方向センサ	
6 4 6 : ワイヤライン	30
6 4 8 : G P S	
6 5 0 : メモリ	
7 0 0 : スペクトル検査 ( S I ) 信号経路	
7 0 2 : 信号	
7 0 5 : スペクトル分析サブシステム	
7 1 0 : R F インターフェイス	
7 2 0 : R F マルチプレクサ	
7 2 2 : アンテナ	
7 3 0 : 信号経路 1	
7 4 0 : 信号経路 M	40
7 6 0 : D S P スペクトル分析エンジン	
7 7 0 : R F 校正 ( c a l ) トーンジェネレータ	
7 8 0 : フロントエンド制御モジュール	
7 9 0 : I / O	
8 0 0 : S I 信号経路	
8 1 0 : 無線経路 A	
8 2 0 : 無線経路 B	
9 0 0 、 1 1 0 0 、 1 2 1 0 : ワイヤレスセンサ装置	
1 2 2 0 : バス	

【図 1】



【図 2】



【図 3】

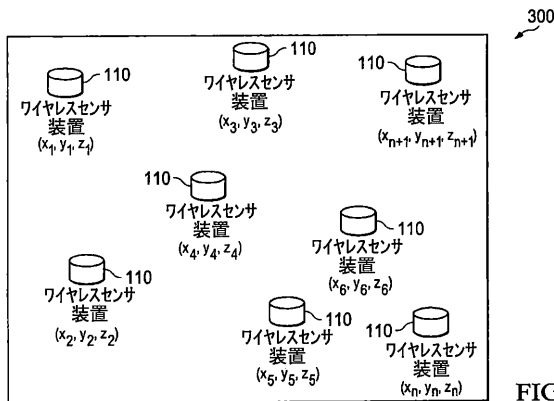


FIG. 3

【図 5】

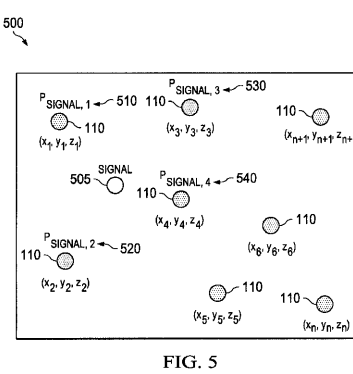


FIG. 5

【図 4】

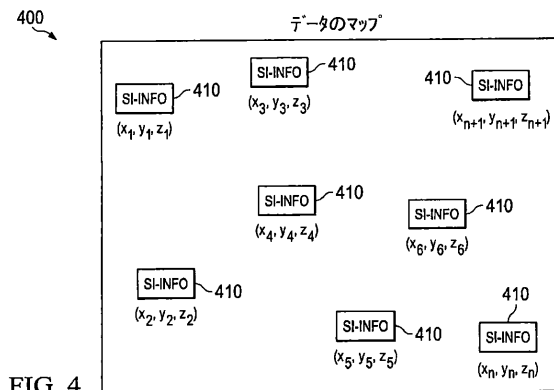


FIG. 4

【図 6】

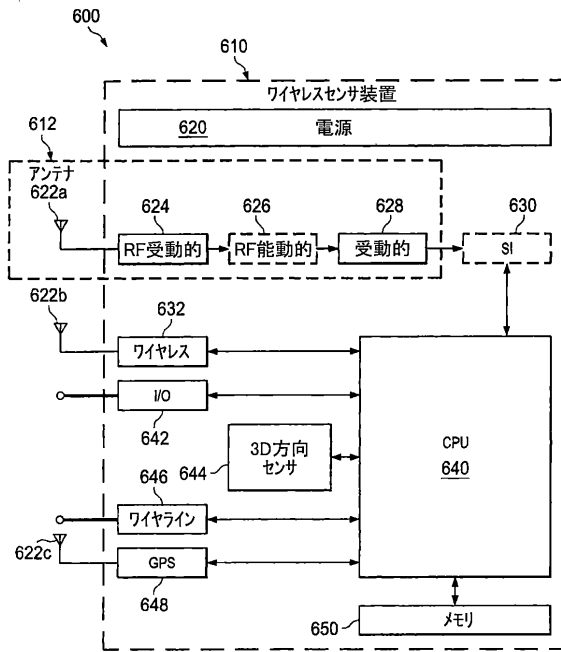


FIG. 6

【図 7】

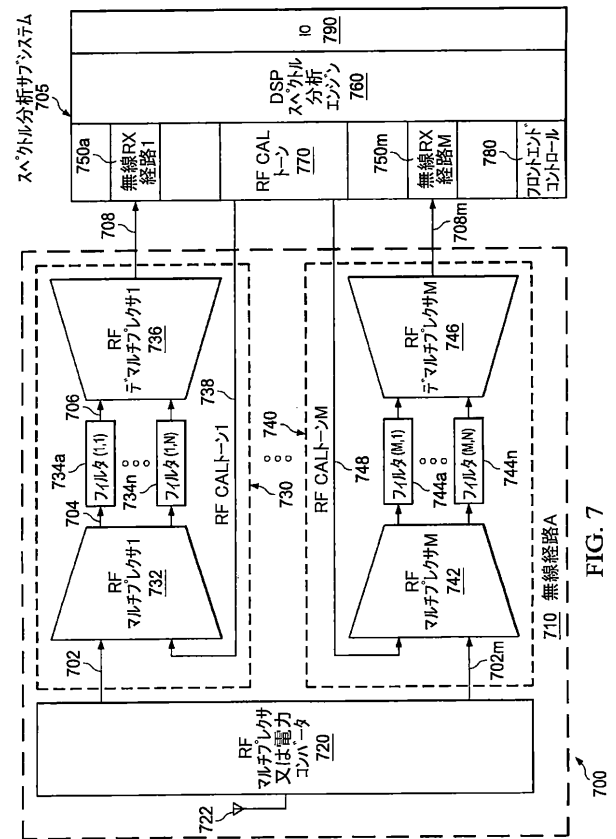


FIG. 7

【図 8】

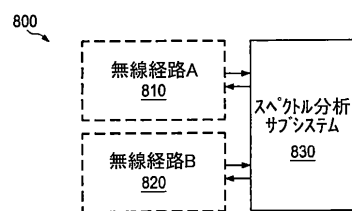


FIG. 8

【図 9】

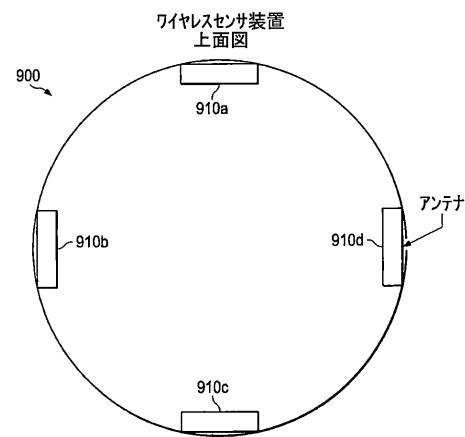


FIG. 9

【図 10】

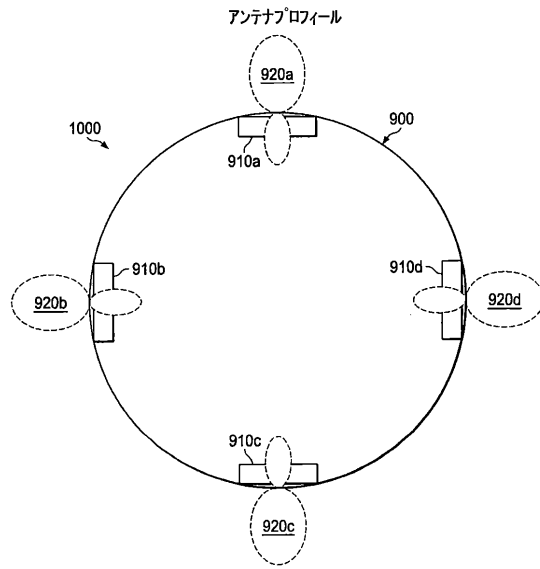
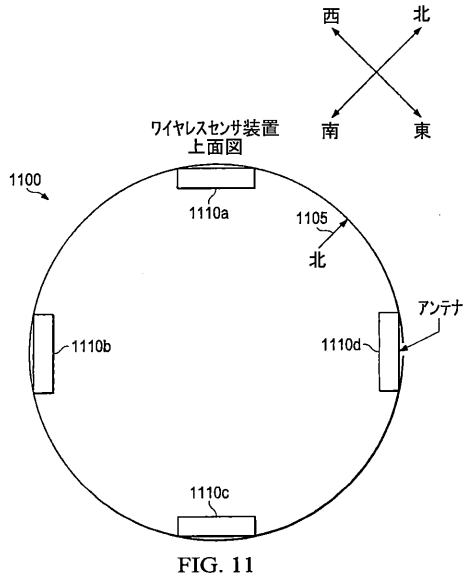
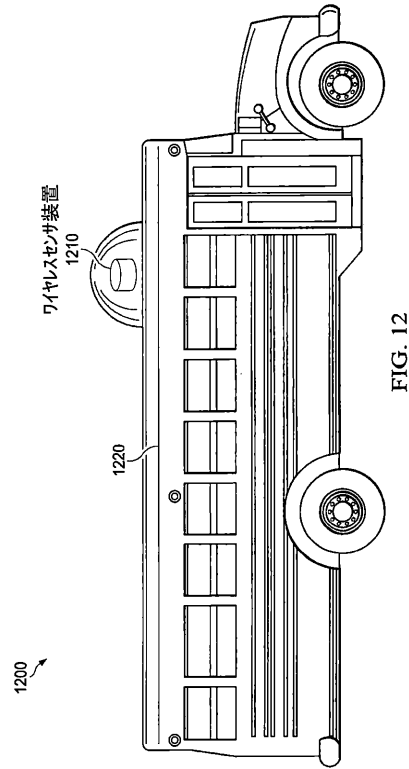


FIG. 10

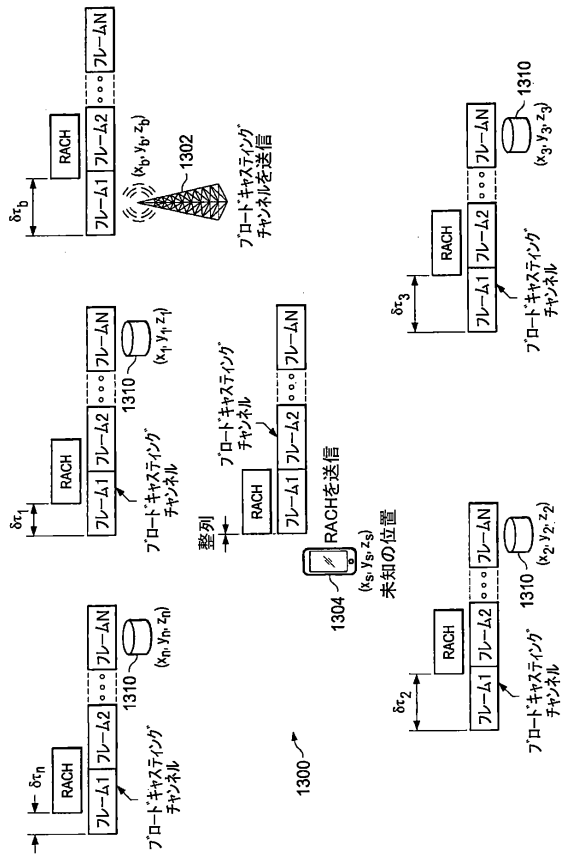
【図 1 1】



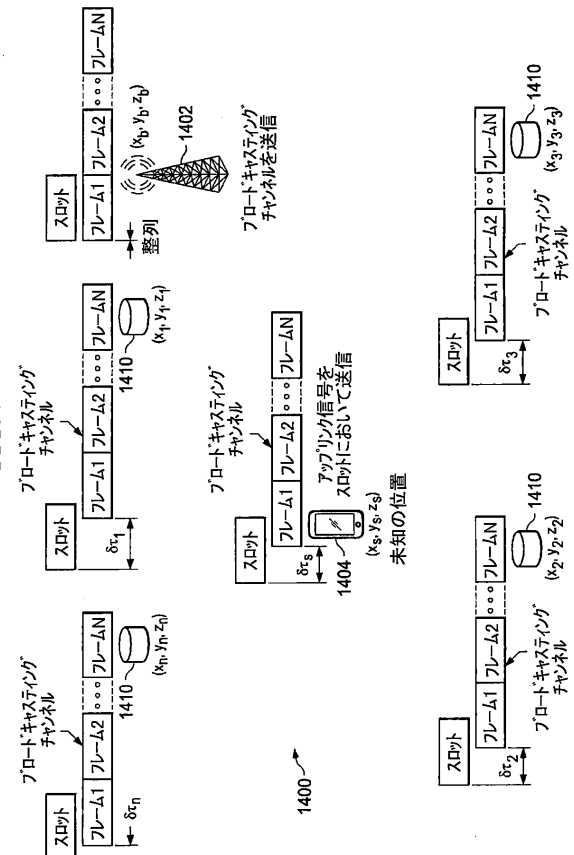
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】

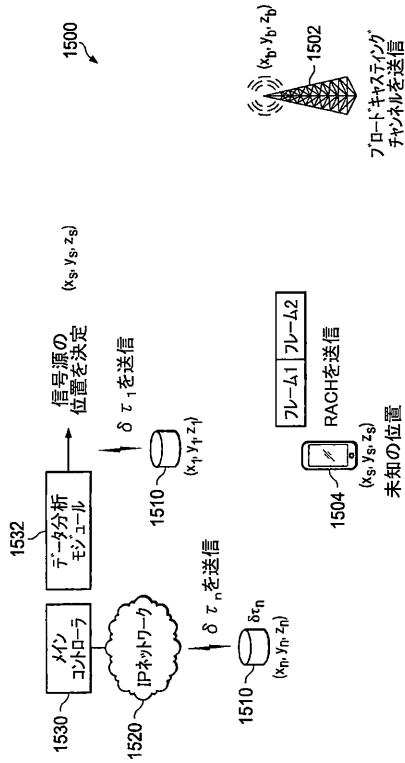


FIG. 15

【図 16】

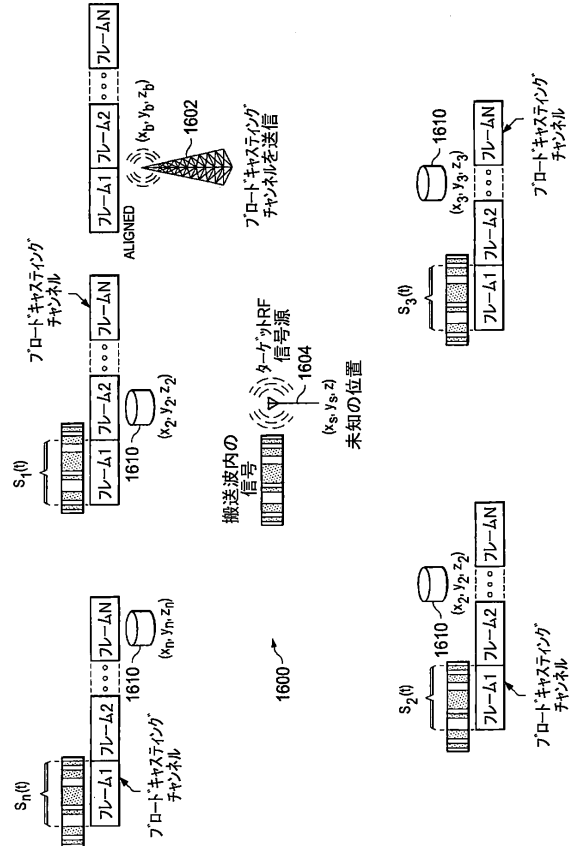


FIG. 16

【図 17】

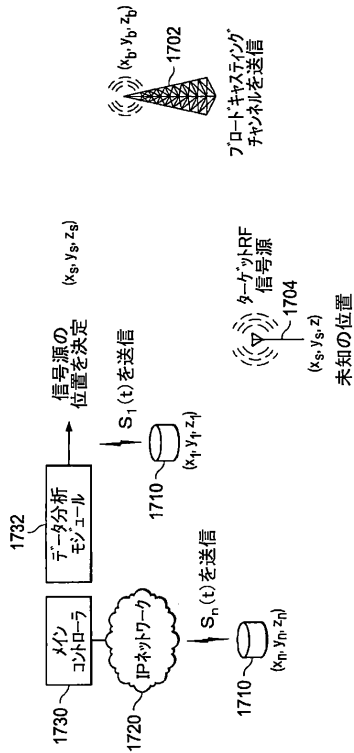


FIG. 17

【図 18】

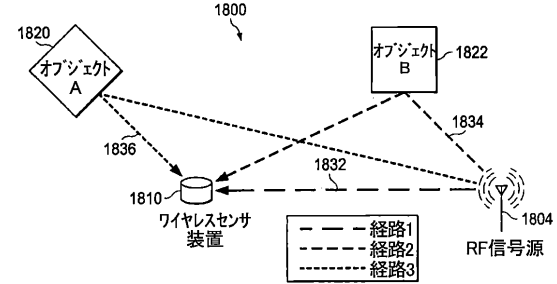
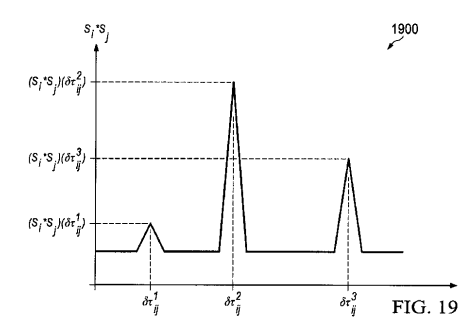


FIG. 18

【図 19】



【図 20】

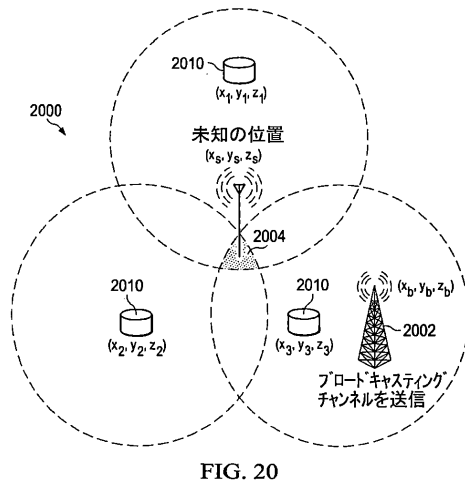


FIG. 20

【図 21】

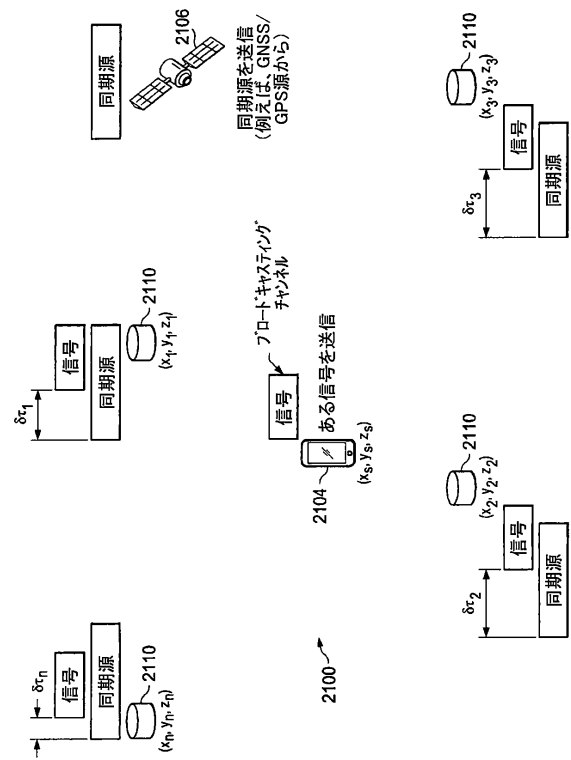


FIG. 21

## フロントページの続き

(74)代理人 100086771

弁理士 西島 孝喜

(74)代理人 100109335

弁理士 上杉 浩

(74)代理人 100120525

弁理士 近藤 直樹

(74)代理人 100139712

弁理士 那須 威夫

(72)発明者 クラヴェツ オレクシー

カナダ オンタリオ エヌ２エル ０エイ９ ウォータールー ウェストマウント ロード ノース ５６０

(72)発明者 シェラット コリン ジョン

カナダ オンタリオ エヌ２エル ０エイ９ ウォータールー ウェストマウント ロード ノース ５６０

審査官 渡辺 慶人

(56)参考文献 国際公開第２０１３／１１９８７８（ＷＯ，Ａ１）

特表２００８－５４４６０８（ＪＰ，Ａ）

特開２００８－０３９７３８（ＪＰ，Ａ）

特開２００８－１９３３６７（ＪＰ，Ａ）

特開２００４－３５４１２１（ＪＰ，Ａ）

国際公開第２００６／１３５５４２（ＷＯ，Ａ２）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

Ｇ０１Ｓ ５／００ - ５／１４

７／００ - ７／４２

１３／００ - １３／９５

１９／００ - １９／５５

Ｈ０４Ｂ ７／２４ - ７／２６

Ｈ０４Ｗ ４／００ - ９９／００