

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号
特表2016-511403
(P2016-511403A)

(43) 公表日 平成28年4月14日(2016.4.14)

(51) Int.Cl.
GO 1 S 3/14 (2006.01)
GO 1 S 11/06 (2006.01)

F I
GO 1 S 3/14
GO 1 S 11/06

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2015-558583 (P2015-558583)	(71) 出願人	590000248 コーニンクレッカ フィリップス エヌ ヴェ KONINKLIJKE PHILIPS N. V. オランダ国 5656 アーエー アイン ドーフエン ハイテック キャンパス 5 High Tech Campus 5, NL-5656 AE Eindhoven
(86) (22) 出願日	平成26年2月20日 (2014. 2. 20)	(74) 代理人	110001690 特許業務法人M&Sパートナーズ
(85) 翻訳文提出日	平成27年8月21日 (2015. 8. 21)		
(86) 国際出願番号	PCT/IB2014/059105		
(87) 国際公開番号	W02014/128627		
(87) 国際公開日	平成26年8月28日 (2014. 8. 28)		
(31) 優先権主張番号	61/768, 605		
(32) 優先日	平成25年2月25日 (2013. 2. 25)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微分到来角を用いた自律的方向探知

(57) 【要約】

追跡装置 1 4 を追跡するためのシステム 1 0 及び方法 1 5 0 である。無線周波 (R F) 受信機 5 2 が、追跡装置 1 4 において生じる周期的ビーコン信号を受信するように構成される。周期的ビーコン信号は、或る期間にわたり複数の方角において指向性アンテナ 3 6 を用いて受信される。推定器 7 0 は、周期的ビーコン信号の飛行時間 (T o F) が最も低い、複数の方角のうちの方角として追跡装置 1 4 への方角を推定するように構成される。 R F 受信機 5 2 は、複数の方角のうちの方角において、指向性アンテナ 3 6 を用いて周期的ビーコン信号の複数のインスタンスを同時に受信するように更に構成され得る。かかる例では、 R F 受信機 5 2 が、インスタンスを相関させてインスタンスのどれが最も低い T o F を有するのかを明らかにするように更に構成される。

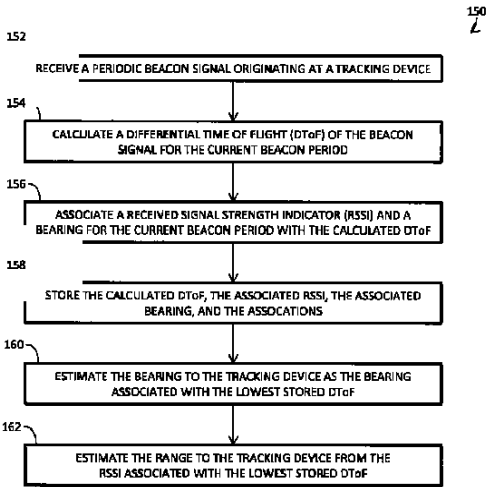


FIGURE 9

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

追跡装置を追跡するためのシステムであって、前記システムは、

前記追跡装置において生じる周期的ビーコン信号を受信する無線周波（R F）受信機であって、前記周期的ビーコン信号は或る期間にわたり複数の方角において指向性アンテナを用いて受信される、R F 受信機と、

前記周期的ビーコン信号の飛行時間（T o F）が最も低い、前記複数の方角のうちの方角として前記追跡装置への前記方角を推定する推定器とを含む、システム。

【請求項 2】

前記 R F 受信機が更に、

前記複数の方角のうちの方角において前記指向性アンテナを用いて前記周期的ビーコン信号の複数のインスタンスを同時に受信し、

前記インスタンスを相関させて、前記インスタンスのどれが最も低い T o F を有するのかを明らかにし、前記最も低い T o F は、前記複数のインスタンスの前記方角における前記周期的ビーコン信号の前記 T o F である、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

各インスタンスが、異なる伝送経路によって前記受信機に到達する、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記推定器が更に、

推定された前記方角における前記周期的ビーコン信号の受信信号強度インジケータ（R S S I）から前記追跡装置までの距離を推定し、前記インスタンスの前記方角における前記周期的ビーコン信号の前記 R S S I は、前記インスタンスの最も高い R S S I である、請求項 2 又は 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記ビーコン信号が、電力を拡散させることにより、より高い等価等方放射電力（E I R P）を可能にするスプレッドスペクトル技法を使用して受信される、請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載のシステム。

【請求項 6】

前記ビーコン信号がデータペイロードを含み、前記データペイロードは前記追跡装置に最後に関連付けられた全地球測位システム（G P S）座標を含む、請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載のシステム。

【請求項 7】

前記アンテナの前記複数の方角を求める電子コンパスを更に含む、請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載のシステム。

【請求項 8】

前記周期的ビーコン信号の前記 T o F が微分 T o F（D T o F）であり、前記推定方角が D T o F から求められる、請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載のシステム。

【請求項 9】

前記推定器が更に、

前記ビーコン信号のパケットの到達時間（T o A）と、対応するビーコン期間の推定される始まりとの差として前記周期的ビーコン信号の前記 T o F を計算する、請求項 1 乃至 8 の何れか一項に記載のシステム。

【請求項 10】

前記周期的ビーコン信号の前記 T o F を計算するために使用されるタイムスタンプを生成する、温度補償水晶発振器（T C X O）を更に含む、請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載のシステム。

【請求項 11】

追跡装置を追跡するための方法であって、

前記追跡装置において生じる周期的ビーコン信号を、或る期間にわたり複数の方角において指向性アンテナを用いて受信するステップと、

前記周期的ビーコン信号の飛行時間 (T o F) が最も低い、前記複数の方角のうちの方角として前記追跡装置への前記方角を推定するステップとを含む、方法。

【請求項 1 2】

前記複数の方角のうちの方角において前記指向性アンテナを用いて前記周期的ビーコン信号の複数のインスタンスを同時に受信するステップと、

前記インスタンスを相関させて、前記インスタンスのどれが最も低い T o F を有するのかを明らかにするステップであって、前記最も低い T o F は、前記複数のインスタンスの前記方角における前記周期的ビーコン信号の前記 T o F である、ステップとを更に含む、請求項 1 1 に記載の方法。

10

【請求項 1 3】

異なる伝送経路に沿って前記インスタンスを同時に受信するステップを更に含む、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 4】

推定された前記方角における前記周期的ビーコン信号の受信信号強度インジケータ (R S S I) から前記追跡装置までの距離を推定するステップであって、前記インスタンスの前記方角における前記周期的ビーコン信号の前記 R S S I は、前記インスタンスの最も高い R S S I である、ステップを更に含む、請求項 1 2 又は 1 3 に記載の方法。

20

【請求項 1 5】

前記周期的ビーコン信号を相関受信機によって受信するステップを更に含む、請求項 1 1 乃至 1 4 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記アンテナの前記複数の方角を電子コンパスから求めるステップを更に含む、請求項 1 1 乃至 1 5 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記複数の方角における前記周期的ビーコン信号の前記飛行時間 (T o F) を微分 T o F (D T o F) として計算するステップであって、推定された前記方角は D T o F から求められる、ステップを更に含む、請求項 1 1 乃至 1 6 の何れか一項に記載の方法。

30

【請求項 1 8】

前記ビーコン信号のパケットの到達時間 (T o A) と、対応するビーコン期間の推定される始まりとの差として前記周期的ビーコン信号の前記 T o F を計算するステップを更に含む、請求項 1 1 乃至 1 7 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 1 9】

追跡装置を追跡するためのシステムであって、前記システムは、

前記追跡装置において生じる周期的ビーコン信号を受信する相関無線周波 (R F) 受信機であって、前記周期的ビーコン信号は或る期間にわたり複数の方角に向けられる指向性アンテナを用いて受信され、前記周期的ビーコン信号の複数のインスタンスが前記アンテナの方角のうちの 1 つにおいて同時に受信される、相関無線周波受信機と、

40

前記周期的ビーコン信号の最も低い飛行時間 (T o F) に関連する前記複数の方角のうちの方角を選択するプロセッサであって、前記インスタンスの前記方角における前記周期的ビーコン信号の前記 T o F が前記インスタンスの最も低い T o F である、プロセッサと、

前記追跡装置の方向を示すために、選択された前記方角を表示する表示装置とを含む、システム。

【請求項 2 0】

前記プロセッサが更に、

前記複数のインスタンスをタイムシフトして前記複数のインスタンスを時間的に整列さ

50

せ、前記複数のインスタンスを結合信号へと結合し、
前記結合信号の強度から前記追跡装置までの距離を求め、
前記表示装置を制御して求められた前記距離を表示する、
請求項 19 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、概して追跡（トラッキング）に関する。本願では、アルツハイマー患者に関連した特定用途が見られ、特にその用途に関して説明される。但し本願は、品物、商品、材料、車両の追跡等の他の使用シナリオにも応用例が見られ、必ずしも上記の用途に限定されないことを理解すべきである。

10

【背景技術】

【0002】

徘徊するアルツハイマー患者用の在宅介護追跡システムは、患者が自身の定められた安全区域又は地理的囲いの外に出たとき、その患者を見つけることを可能にする。患者が対応する安全区域又は地理的囲いを離れると、警報信号及び／又は追跡サービスが有効にされる。警報信号は、例えば介護者、又はパーソナルレスポンスアシスタント（PRA:personal response assistant）が緊急事態を管理するリモートコールセンタに対して、セルラ警告等の警告をトリガすることができる。追跡サービスは、例えばセルラ、全地球測位システム（GPS:global positioning system）、又はWi-Fi追跡に基づくことができる。場合によっては、追跡サービスが使用できない場合がある。例えば、患者がセルラ又はWi-Fiのカバレッジエリア外にいる場合があり、又は患者の位置を正確に突き止めることができない低カバレッジエリア内に患者がいることもある。

20

【0003】

そのような例では、介護者がアルツハイマー患者の位置を自律的に突き止めることを可能にする手持ち型の方向探知（DF:direction finding）装置が有利である。しかし、知られているどの在宅介護追跡システムも、現在DF装置を含まない。それでも、DF装置は他の目的で知られている。DF装置は、典型的には対象への方角の推定値を利用者に与える。既存のDF装置は、指向性アンテナ又はアンテナアレイを使用して、及び受信信号強度インジケータ（RSSI:received signal strength indicator）又はドップラー偏

30

【0004】

RSSI及びドップラー偏移に基づくDF装置は、最小限のマルチパス効果があるオープンフィールド環境内で効果的だが、建物内や建物周囲等のマルチパス環境内では低い働きをする。マルチパスとは、無線信号が2つ以上の経路によって受信機に到達する現象である。マルチパスは、例えば水塊（湖等）及び山や建物等の地物からの信号の屈折及び反射によって引き起こされ得る。マルチパス効果は、信号の建設的干渉及び相殺的干渉並びに移相を含む。従って、RSSI及びドップラー偏移に基づくDF装置は、マルチパス環境内で間違った方角及び距離推定値をもたらす。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

飛行時間（ToF:time of flight）、到達時間（ToA:time of arrival）、微分ToF（DTToF:differential ToF）、及び到来角（AoA:angle of arrival）に基づく、（レーダー等の）既存のDF装置も知られている。しかし、これらのDF装置には幾つかの欠点がある。例えば、追加の送信機又はトランスポンダが必要であり得る。別の例として、複雑且つ／又はかさばるアンテナ（高利得指向性アンテナ等）が必要とされる場合がある。更に別の例として、複雑な同期を必要とする双方向通信プロトコルが必要とされる場合がある。

50

【 0 0 0 6 】

本願は、これらの問題及び他の問題を克服する新規の及び改善されたシステム及び方法を提供する。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

一態様によれば、追跡装置を追跡するためのシステムが提供される。このシステムは、追跡装置において生じる周期的ビーコン信号を受信するように構成される無線周波 (R F :radio frequency) 受信機を含む。周期的ビーコン信号は、或る期間にわたり複数の方角において指向性アンテナを用いて受信される。このシステムは、周期的ビーコン信号の飛行時間 (T o F) が最も低い、複数の方角のうちの方角として追跡装置への方角を推定するように構成される推定器を更に含む。

10

【 0 0 0 8 】

ビーコン信号は、周波数変調プリアンプル、同期ワード、及び一意識別子 (I D) を含むパケットを運ぶことができる。パケットに更なるフィールドが追加されても良い。例えばパケットは、最近に知られている位置の第 1 の概算として遠隔計測データを含み得る、データペイロードを含むことができる。遠隔計測データは、高度、G P S 座標、W i F i 媒体アクセス制御 (M A C :media access control) アドレス、及び時間を含み得る。W i F i M A C アドレスは、ルータの位置を特定し、座標を生成するために位置情報サービスによって使用され得る。遠隔計測データは、徘徊する人物の速度に基づいて最大誤差を推定することにより、探索時間の大幅な短縮をもたらすことができる。

20

【 0 0 0 9 】

別の態様によれば、追跡装置を追跡するための方法が提供される。この方法は、追跡装置において生じる周期的ビーコン信号を、或る期間にわたり複数の方角において指向性アンテナを用いて受信するステップを含む。この方法は、周期的ビーコン信号の飛行時間 (T o F) が最も低い、複数の方角のうちの方角として追跡装置への方角を推定するステップを更に含む。

【 0 0 1 0 】

別の態様によれば、追跡装置を追跡するためのシステムが提供される。このシステムは、追跡装置において生じる周期的ビーコン信号を受信するように構成される相関無線周波 (R F) 受信機を含む。周期的ビーコン信号は、或る期間にわたって複数の方角に向けられる指向性アンテナを用いて受信される。更に、周期的ビーコン信号の複数のインスタンスがアンテナの方角のうち 1 つにおいて同時に受信される。このシステムは、周期的ビーコン信号の最も低い飛行時間 (T o F) に関連する複数の方角のうちの方角を選択するように構成されるプロセッサを更に含む。インスタンスの方角における周期的ビーコン信号の T o F は、インスタンスのうち最も低い T o F である。更にこのシステムは、追跡装置の方向を示すために、選択された方角を表示するように構成される表示装置を含む。

30

【 0 0 1 1 】

1 つの利点は、マルチパス環境内で間違ったビーコン信号に従う可能性を減らすことにある。

【 0 0 1 2 】

別の利点は、マルチパス環境内で距離及び方角をより効果的に推定することにある。

40

【 0 0 1 3 】

別の利点は、改善された距離にある。

【 0 0 1 4 】

別の利点は、最大許容全放射電力 (T R P :total radiated power) にある。

【 0 0 1 5 】

別の利点は、より大きな伝送等価等方放射電力 (E I R P :equivalent isotropically radiated power) を認める規制を有する国内の特典を生かすために、デジタルスプレッドイング又はスプレッドスペクトルを使用することにより、広帯域幅にわたって信号を拡散させることにある。

50

【 0 0 1 6 】

別の利点は、より単純なアンテナデザインにある。

【 0 0 1 7 】

別の利点は、単方向通信プロトコルにある。

【 0 0 1 8 】

別の利点は、短期間の反復信号を使用することにより、消費電流が減ることにある。

【 0 0 1 9 】

以下の詳細な説明を読んで理解すれば、本発明の更なる利点が当業者によって理解される。

【 0 0 2 0 】

10

本発明は、様々な構成要素及び構成要素のアレンジメント、並びに様々なステップ及びステップのアレンジメントをもって具体化することができる。図面は好ましい実施形態を示すためのものに過ぎず、本発明を限定するものとして解釈されるべきではない。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 1 】

【図 1】追跡装置及び方向探知（D F）装置を含む、単方向追跡システムを示す。

【図 2】追跡装置から D F 装置に伝送されるビーコン信号を示す。

【図 3】追跡装置を図面によって示す。

【図 4】D F 装置を図面によって示す。

【図 5】D F 装置のより詳細な図面を示す。

20

【図 6】D F 装置から追跡装置までの距離及び方角を推定するための技法を示す。

【図 7】マルチパス環境における D F 装置の動作を示す。

【図 8】別のマルチパス環境における D F 装置の動作を示す。

【図 9】単方向ビーコンを使用して追跡装置を追跡するための方法を示す。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

自律的な方向探知において方向及び距離を分解するために、本願は、追跡しようとする対象上の無線周波（R F）ビーコン送信機の使用を方向探知（D F）装置と組み合わせる、単方向追跡システムについて説明する。D F 装置は、微分飛行時間（D T o F）、受信信号強度インジケータ（R S S I）、電子コンパス、及び指向性アンテナを使用し、対象までの距離及び方向の推定を行う。この追跡システムは、最短の飛行時間（T o F）、従って最小の反射を有する信号から方角を求めることにより、マルチパス環境によって引き起こされる追跡の問題を減らす。これにより、対象までの最短経路に関する最も優れた推定値がもたらされ、双方向通信の必要がなくなる。このことは、D F 装置が最大のリンクバジェットを実現することを可能にし、双方向通信が不可能な距離において D F 装置が動作することを可能にする。

30

【 0 0 2 3 】

一実施形態では、この追跡システムが、定められた安全区域又は地理的囲いの外側を徘徊するアルツハイマー患者を追跡する際に使用される。安全区域とは、患者が警報を発生させることなしに移動することを許可された領域である。この追跡システムは、アルツハイマー患者を追跡する特定の応用例を見出すが、任意の対象又は人物を追跡するためのより広範な応用範囲を有する。例えばこの追跡システムは、品物、商品、材料、又は車両を追跡するために使用されても良い。別の例として、この追跡システムは、実時間位置決定システム（R T L S : real-time locating system）として使用されても良い。更に別の例として、この追跡システムは、建物内の救急サービスを探し出すために使用されても良い。これは消防士等の緊急作業員にとって便利である。

40

【 0 0 2 4 】

図 1 を参照すると、本願による追跡システム 1 0 が示されている。システム 1 0 は、オープンフィールド、都市、峡谷、屋内環境等の任意の環境 1 2 内で使用され得る。但し、システム 1 0 は、全地球測位システム（G P S）、W i F i、及びセルラ追跡が使用でき

50

ない特定用途を見出す。

【 0 0 2 5 】

システム 1 0 は、定められた安全区域又は地理的囲いの外にあるときに周期的な R F ビーコン信号を伝送する追跡装置 1 4 を含む。例えばビーコン信号は、G P S、W i F i、又はセルラ追跡が使用できないときに伝送され得る。追跡装置 1 4 は、典型的にはアルツハイマー患者等の追跡される利用者の手首に装着されるが、他の方法で利用者の位置に関連付けられても良い。例えば、追跡装置 1 4 は利用者のポケットの中に入れられても良い。システム 1 0 は、追跡装置 1 4 からビーコン信号を受信し、追跡装置 1 4 の方角及び距離を推定する D F 装置 1 6 を更に含む。

【 0 0 2 6 】

図 2 を参照すると、ビーコン信号は持続波 (C W : continuous wave) バースト、又は図示のように周波数変調プリアンプル、同期ワード、及び一意識別子 (I D) を含むパケットとすることができる。プリアンプルは、D F 装置 1 6 の受信機のビット / バイト境界をビーコン信号に同期させるために使用される。同期ワードは、不所望のメッセージから所望のメッセージをフィルタし、受信機のビット / バイト境界をビーコン信号に同期させるために使用される。一意 I D は、利用者を一意に識別するために使用される幾つかの文字である。一実施形態では、一意 I D が 6 バイトだが、利用者が少ない環境内では 1 バイト程度の少なさでも良い。一部の例では、フレーム長 (即ちパケットサイズ) を増やすために、プリアンプル、同期ワード、及び一意 I D の 1 つ又は複数が更に使用され、このことは D T o F の精度を有利には改善する。

【 0 0 2 7 】

パケットに更なるフィールドが追加されても良い。例えばパケットは、最近に知られている位置の第 1 の概算として遠隔計測データを含み得る、データペイロードを含むことができる。遠隔計測データは、高度、G P S 座標、W i F i 媒体アクセス制御 (M A C) アドレス、及び時間を含み得る。W i F i M A C アドレスは、ルータの位置を特定し、座標を生成するために位置情報サービスによって使用され得る。遠隔計測データは、徘徊する人物の速度に基づいて最大誤差を推定することにより、探索時間の大幅な短縮をもたらすことができる。別の例として、パケットは巡回冗長検査 (C R C : cyclic redundancy check) を含み得る。有利には、更なるフィールドがパケット長を伸ばし、このことは D T o F の精度を改善する。

【 0 0 2 8 】

一部の例では、一意 I D 及び / 又はデータペイロードがデータホワイトニングと組み合わせられる。データホワイトニングは、一意 I D 及び / 又はデータペイロードを無作為化して、任意の直流 (D C) オフセットを除去し、占有周波数帯幅にわたって電力を均等に分配するために使用される。データホワイトニングは、無相関化変換をデータに適用して代表的信号内の自己相関を最小限にすることによって行われる。更に、一部の例では、一意 I D を使用する代わりにゴールド符号を用いて利用者を一意に識別する。そのゴールド符号は、組の幾つかのゴールド符号のうちの 1 つである。組のゴールド符号は、様々な利用者に割り当てられ、有界の小さい相互相関を有するバイナリシーケンス (例えば直交シーケンス) である。ゴールド符号は 4 相位相変調 (Q P S K : quadrature phase-shift keying) 等の変調方式と組み合わせて使用され、送信装置間の干渉を減らすことにより、複数の利用者が同じチャネルを同時に占有することを可能にする。しかし、送信装置間の同期を必要とするので、このことは複雑さをもたらす。

【 0 0 2 9 】

図 3 を参照すると、追跡装置 1 4 は、追跡されるアルツハイマー患者等の患者によって典型的には腕時計、バンド、又はブレスレットのように装着される。追跡装置 1 4 は、概して充電式電池である電池 1 8 によって給電され、活性化回路 2 0 によって生成される活性化信号によって活性化される。活性化回路 2 0 は、追跡装置 1 4 のスイッチ又はボタンを患者がトリガすることに応答して活性化信号を生成することができる。更に活性化回路 2 0 は、追跡装置 1 4 が規定の安全区域又は地理的囲いを離れることに応答して活性化信

10

20

30

40

50

号を生成することができる。これは、例えばセルラネットワークやW i F i ネットワーク等のネットワークと通信するセンサ又はネットワークコントローラによって決定され得る。或いはこれは、G P S 座標及びタイムスタンプに基づいて決定されても良い。安全区域の境界は、追跡装置 1 4 をスリープモードから起こす送信機を含むことができ、ゴールド符号は、送信装置間の干渉を減らすことにより、複数の利用者が同じチャネルを同時に占有することを可能にする。

【 0 0 3 0 】

活性化後、マイクロコントローラ等のコントローラ 2 2 は、アンテナ 2 6 に接続される送信機 2 4 を使用して周期的な R F ビーコン信号を D F 装置 1 6 に伝送する。送信機 2 4 は、例えば産業、科学、医療 (I S M : Industrial, Scientific and Medical) 帯域内で伝送することができる。アンテナ 2 6 は、追跡装置 1 4 のエンクロージャ寸法内で概して全方向性の性能を提供する任意の適切な平面構造又は三次元構造である。ビーコン信号は、プリアンプル、同期ワード、一意 I D、任意選択的なデータペイロード、及び任意選択的な C R C から成るパケットを繰り返し示す。一部の例では、追跡装置 1 4 が、圧力差、従って高度差の計算を可能にする圧力センサ 2 8 を更に含む。この追加データは、パケットのデータペイロード内で送信され得る。最後の W i F i M A C アドレス又は最後の G P S 座標等、データペイロード内には他のデータが含まれても良い。

【 0 0 3 1 】

時間を保つために、コントローラ 2 2 が発振器 3 0 から基準信号又はクロック信号を受け取る。発振器 3 0 は、適切には摂氏 1 0 度 () 当たり約 0 . 1 p p m (百万分の一 : parts per million) の周波数 / 温度特性を有する高安定温度補償水晶発振器 (T C X O : temperature-compensated crystal oscillator) である。或いは、基準信号又はクロック信号が、G P S 信号又は W W V 信号から受け取られても良い。

【 0 0 3 2 】

図 4 を参照すると、D F 装置 1 6 は典型的には手持ち型である。更に、D F 装置 1 6 は、典型的には充電式電池等の電池 3 2 によって給電され、活性化回路 3 4 によって活性化される。活性化回路 3 4 は、D F 装置 1 6 のスイッチ又はボタンを介護者がトリガすることに応答して D F 装置 1 6 を活性化することができる。指向性アンテナ 3 6 がダウンコンバータ 3 8 に接続され、ダウンコンバータ 3 8 は、アナログ - デジタル (A / D) 変換器 4 2 を介して中間周波 (I F) 信号をソフトウェア無線 (S D R : software defined radio) 4 0 に与える。S D R 4 0 は、典型的には書替え可能ゲートアレイ (F P G A : field-programmable gate array) 又はデジタル信号プロセッサ (D S P : digital signal processor) によって実装される。

【 0 0 3 3 】

D F 装置 1 6 が活性化されると、S D R 4 0 は、A / D 変換器 4 2 から変調データを受け取ると共に、電子コンパス 4 4 から方角データを受け取る。更に S D R 4 0 は、時間を保つために発振器 4 6 から基準信号を受け取る。追跡装置 1 4 と同様に、発振器 4 6 は、適切には 1 0 当たり約 0 . 1 p p m の周波数 / 温度特性を有する高安定 T C X O である。別の例では、より優れたタイミング精度を得るための基準信号を生成するために、G P S 信号又は W W V 信号が使用されても良い。このデータを使用し、S D R 4 0 は、追跡装置 1 4 への方角及び距離を推定し、表示装置 4 8 上に推定値を表示する。

【 0 0 3 4 】

利用者が D F 装置 1 6 を前後にスワイプするとき、方角及び距離がビーコンレートで継続的に推定される。ビーコン期間の最初に、D F 装置 1 6 の方角が電子コンパス 4 4 から読み取られる。更に、ビーコン期間にわたるビーコンパケットの最初のインスタンスが選択され、最も大きい R S S I を有するビーコンパケットのインスタンスが選択される。(例えば反射及び屈折により) 複数の異なる伝送経路を介してビーコン信号が D F 装置 1 6 に到達するとき、ビーコンパケットの複数のインスタンスが受け取られ得る。次いで、最初のインスタンスについて D T o F が計算される。次いで、方角、D T o F、及び最大 R S S I を含むビーコン記録が S D R 4 0 のメモリ 5 0 内に記憶され、メモリ 5 0 のビーコ

ン記録は周期的にクリアされる。或いは、インスタンスの最大RSSIの代わりに、複合ビーコン信号のRSSIが使用されても良い。

【0035】

典型的には、メモリ50をビーコン記録で更新することに応答し、追跡装置14までの距離及び方角推定値が更新され、表示される。その際、最も低いDTOFを有するメモリ50のビーコン記録が選択される。次いで、選択されたビーコン記録の方角が追跡装置14への推定値として使用される。更に、追跡装置14までの距離推定値が選択されたビーコン記録のRSSIから計算される。次いで、これらの推定値が表示装置48上に表示される。

【0036】

図5を参照すると、図4の実施形態を更に詳しく示す、DF装置16のより詳細な図面が示されている。動作中、方角を推定し、従って表示装置48上でDF装置16によって表示される追跡装置14の大まかな方向を突き止めるのに十分なデータが取得されるまで、DF装置16の利用者はDF装置16を左右にスweepする。最初に、DF装置16が追跡装置14の大まかな方向を表示できるようになるまで、利用者は円を描くようにDF装置を360度スweepしなければならない場合がある。信号が取得されない場合、他の位置から探索し続ける必要がある。

【0037】

利用者がDF装置16をスweepすると、指向性アンテナ36がビーコン信号等の信号を選択的に受信する。選択は、利用者が指向性アンテナ36を向ける方向に基づいて行われる。マルチパス環境では、信号が複数の伝送経路に沿って伝わることにより、ビーコン信号等の信号の複数のインスタンスが概して異なる時間に受信される。ダウンコンバータ38が、受信信号をベースバンドへの直接変換に適した低周波信号（しばしばゼロIF信号と呼ばれる）にダウンコンバートする。ダウンコンバートされた信号はA/D変換器42によってサンプルされ、データ $r_{m.o.d}(t)$ が少なくとも1つの相関受信機52に伝えられる。 $r_{m.o.d}(t)$ は、時間 t の関数としてのサンプルされた信号の値を表す。典型的には、少なくとも1つの相関受信機52はSDR40の一部である。更に、少なくとも1つの相関受信機52は、概してレーク受信機に似ている。但し、図示のように、個々の数字計算からの出力は、最大比合成（maximum combining ration）を使用して結合されるだけでなく、TOF及びRSSIを求めるためにもそれぞれ使用される。

【0038】

少なくとも1つの相関受信機52は、受信信号を復調して所望のビーコン信号を識別する。所望のビーコン信号は、典型的にはメモリ50内に記憶される追跡装置14の一意ID及び同期ワード54によって識別される。次いで、現在のビーコン期間のビーコン信号の各インスタンスが、フィンガ（即ち副受信機）に割り当てられ、フィンガは割り当てられたインスタンスを独立に復号する。その後、様々な伝送経路の様々な伝送特性を利用するために、全てのフィンガの出力が結合される。有利には、最も低いTOFを有するビーコン信号のインスタンス、及び最も高いRSSIを有するビーコン信号のインスタンスを識別するために全てのフィンガの出力が使用される。更に、複合ビーコン信号は、ビーコン信号のどの個別のインスタンスよりも、（対象が識別されていることを示すための）優れた信号対雑音比（SNR:signal to noise ratio）及び優れた動作範囲を実現することができる。更に、複数のフィンガを使用することの代替策として、相関受信機は、スライディングタイムウィンドウにわたり信号を相関させ、相関の最早時間を探すことにより、最早到達時間を見つけることもできる。

【0039】

一部の例では、少なくとも1つの相関受信機52が、復調器56、フィンガマネージャ58、チャネル推定器60、及び最大比合成器62を使って上記の内容を実行する。復調器56が、ダウンコンバートされた変調データを受け取り、復調する。次いで、復調器の出力 $r_{d.e.m.o.d}(t)$ がフィンガマネージャ58に伝わり、所望のビーコン信号を選択し、現在のビーコン期間にわたるビーコン信号の各インスタンス $r(t - F_i)$ をフィン

10

20

30

40

50

ガに割り当てる。 $r_{d e m o d}(t)$ は時間 t の関数としての復調データを表し、 $r(t - F_i)$ はインスタンス i に関する時間 t の関数としての復調データを表す。 F_i は、ビーコン期間の始まり又は最初のインスタンスからビーコン信号のインスタンス i までの時間的オフセットであり、 i は1から n に及び、 n はインスタンスの数である。

【0040】

ビーコン信号の様々なインスタンス及び対応する時間的オフセットを明らかにするために、フィンガマネージャ58は、ビーコン信号のインスタンスを相関させるための、図示の整合フィルタ等の相関器64を含む。相関器は、テンプレート信号（即ち知られている信号）を未知の信号と相関させて未知の信号内のテンプレート信号の有無を検出する。例えば未知の信号は、知られている信号と1列に並んでタイムシフトされる。典型的には、フィンガマネージャ58によって検出されるビーコン信号の最初のインスタンスが、知られている信号として使用される。

【0041】

その後、チャンネル推定器60が、タイムスタンプ T_s 及び振幅 A を各フィンガに割り当てる。タイミングがTCXO等の発振器46から得られ、発振器46は、100メガヘルツ(MHz)のシステムクロック等のシステムクロックを生成するために、典型的にはSDR40のシステムクロック発振器66によって使用される基準信号を生成する。或いは、基準信号は、GPS信号又はWV信号から得られても良い。基準信号及びシステムクロックは、ダウンコンバータ38及びA/D変換器42のそれぞれによって使用される。更に、システムクロックは、ローリングタイムスタンプを生成するために、典型的にはSDR40のタイムスタンプ生成器68によって使用される。概して、タイムスタンプは32ビット長である。タイムスタンプが、900MHz搬送周波数における約3メートル(m)の精度に相当する10ナノ秒(ns)の分解能を有すると仮定し、32ビット長は42秒の範囲を与える（即ち $1E-8 \times 2^{32}$ ）。従って、タイムスタンプの分解能は、DF装置16のスイープよりも桁違いに優れている。

【0042】

最大比合成器62は、最大比合成(MRC:maximal-ratio combining)を使用してチャンネル推定器60の出力を結合し、最良のSNRを有する複合ビーコン信号 $r(t)_{MCR}$ を与える。MRCは、典型的には、1)ビーコン信号の全インスタンスを合計すること、2)利得を二乗平均平方根(RMS:root mean square)信号レベルに比例させ、インスタンスの平均二乗雑音レベルに反比例させるように、各インスタンスの利得を調節すること、及び3)インスタンスごとに異なる比例定数を使用することを含む。例えば高度やGPS座標等の遠隔計測データを含むデータペイロードの使用を可能にするように、複合ビーコン信号が出力され得る。更に、送信装置14が複合ビーコン信号から検出されたかどうかを示す信号が表示装置48上に表示されても良い。

【0043】

図6を更に参照すると、典型的にはSDR40の距離及び方角推定器70が、ビーコン信号の個々のインスタンス、並びにそれらのインスタンスに割り当てられたタイムスタンプ及び振幅を少なくとも1つの相関受信機52から受け取る。次いで、距離及び方角推定器70は、追跡装置14までの距離及び方角を推定する。最も早いビーコンパケットを有するインスタンスが選択され(72)、最も高いRSSI値を有するインスタンスが選択される(74)。最も低いToFを有するインスタンスが、追跡装置14までの最短経路の最良推定であり、最も高いRSSIを有するインスタンスが、追跡装置14までの距離の最良推定である。次いで、現在のビーコン期間の開始を示すビーコン同期パルスの時間から、最も早いビーコンパケットのタイムスタンプ T_s を引くことによりDTofが計算される(76)。

【0044】

シンクロナイザ78が、境界及び長さを含むビーコン期間の推定値を動的に更新すること(80)によってビーコン同期パルスを生成する。境界が初期化の時点から初期化の時点に所定長を加えた時点に及んだ状態で、推定値が100ミリ秒(ms)等の所定長に初

10

20

30

40

50

期化される(82)。概して推定値は、時間的オフセット、振幅、タイムスタンプ等、ビーコン信号のインスタンスの測定値を用いて更新される。更新は、測定値に基づいてビーコンレートで行われ得る。更に、更新は、ビーコン期間の統計的推定を与えるカルマンフィルタに入力されるインスタンス間の時間差を用いて行われても良い。推定されるビーコン期間の開始時に、更新された推定値からビーコン同期パルスが生成される(84)。

【0045】

観測されているビーコンレート及びビーコン期間は、追跡装置14によって定められる。ビーコンレート及びビーコン期間は、例えば温度により経時変化し得るので、測定値からビーコン期間を推定する必要がある。追跡装置14によって使用されるビーコン期間及びビーコンレートは、ビーコン信号の最大経路長を横断する時間にビーコンパケットの長さを伝送する時間を加えた時間が、ビーコン期間の半分未満であるように選択される。別の言い方をすれば、追跡装置14によって使用されるビーコン期間及びビーコンレートは、ビーコン信号の最大T o Fがビーコン期間の半分未満であるように選択される。このような方法でビーコン期間及びビーコンレートを選択することは、ビーコン信号のインスタンスが連続したビーコン期間の境界を横断して分散される可能性を有利には最小限にする。

10

【0046】

ビーコン同期パルスの時点におけるD F装置16の方角が読み取られる(86)。D F装置16の方角(例えば0度から360度に及ぶ値)は、磁気計等の電子コンパス44から適切に求められ、ビーコンレートで相関ビーコンパケットと同期的に読み取られる。次いで、典型的にはメモリ50内に記憶されるビーコンインデックス(B I N)90を選択的に更新する(88)ために、現在のビーコン期間のビーコンデータが使用される。ビーコンデータは、方角、最も早いパケットのD T o F、及び最も高いR S S Iを含む。B I N 90は、複数のセクタに基づいて索引を付けられた様々なビーコン期間のビーコンデータを記憶する。セクタとは、重複しておらず、同じような大きさの方角の範囲であり、集合的にあり得る方角の範囲に及ぶ。例えばセクタは、30度の増分で0度から360度に及び得る。

20

【0047】

B I N 90を更新するかどうかを判定する際、その方角が属するセクタに関するB I N 90内のビーコンデータが選択される(92)。例えば、方角が25度だと仮定し、0度から30度に及ぶセクタのビーコンデータが選択される。次いで、決定されたビーコンデータのD T o Fが現在のD T o Fを上回るかどうかに関する判定が行われ(94)、及び/又は選択されたビーコンデータのR S S Iが現在のR S S Iを下回るかどうかに関する判定が行われる(96)。現在のR S S Iが上回り、且つ/又は現在のD T o Fが下回る場合、更新が行われ(88)、B I N 90内で現在のビーコンデータが選択されたビーコンデータを置換する。上記の例を続けると、この例は、0度から30度に及ぶセクタのビーコンデータを現在のビーコンデータで上書きすることを必然的に伴う。現在のR S S Iが下回り、且つ/又は現在のD T o Fが上回る場合、更新(88)は行われない。

30

【0048】

典型的には、古いビーコンデータを除去するために、B I N 90が10秒等の所定のリフレッシュレートで空にされる(98)。但し、古いビーコンデータを除去するために他の手法が使用されても良い。例えば、セクタごとにローリングウィンドウが使用されても良い。つまり、セクタを最後に更新してから10秒等の所定のリフレッシュ期間にセクタごとのビーコンデータが除去される。これは他のセクタとは独立に行われ、セクタが更新される度に所定の期間に関するカウンタがリセットされるという点で繰り返しである。理解されるように、タイムスタンプの分解能は、リフレッシュレートよりも桁違いに優れている。

40

【0049】

D F装置16の利用者が歩いてD F装置16をスワイプするとき、上記の方法でB I N 90が継続的に更新される。このことは、追跡装置14又はD F装置16の位置が変化する

50

ることに有利には対処する。BIN90を使用して追跡装置14の方角及び距離が推定され、表示装置48上で利用者に表示される。更に、一部の例では、電子コンパス44から読み取られる現在の方角及び/又は移動平均方角が更に表示される。移動平均方角は、最後の所定数の方角読取值102の平均として移動平均計算器100によって生成される。例えば、移動平均方角は、最後の5個の読取值にわたる平均方角とすることができる。追跡装置14への推定方角と共に現在の方角を表示することにより、利用者は知的に歩き、DF装置16を追跡装置14に向けてスイープすることができる。

【0050】

追跡装置14までの距離及び方角の推定及び表示を完了するために、最も低いDTOFを有するセクタのビーコンデータがBIN90から選択される(104)。次いで、選択されたビーコンデータの方角が表示される。更に、選択されたビーコンデータのRSSIから距離が推定され(106)、表示される。利用者が追跡装置14に近づくにつれ、推定距離が連続的に短くなるが、正確な距離が必須である真正な測距システムに見られるような絶対値を与えることはない。有利には、このような方法で方角及び距離を求めることで最も長い伝送経路を排除する。更に、誤った伝送経路が排除され、距離の精度が改善される。

10

【0051】

一部の例では、最初のインスタンスのDTOFと、RSSIが対応するインスタンスのDTOFとの間の分かっている時間差を用いて距離推定値を洗練させることができる。かかる例では、各セクタのビーコンデータは、RSSIが対応するインスタンスのこの追加のDTOFを更に含む。有利には、このような方法で距離を洗練させることでより正確な推定が可能になる。更に一部の例では、BIN90のビーコンデータが、データパイロード内に含まれる追跡データの現在のGPS位置を含む。パイロードデータは、例えば複合ビーコン信号から抽出され得る。かかる例では、BIN90のビーコンデータに対する統計的解析を使用してこれまでの誤った伝送経路を排除し、それにより方角及び距離推定値を改善することができる。

20

【0052】

様々なDTOFを区別するDF装置16の能力は、区別要因の数によって決まる。区別要因は、1)電子コンパス44の精度、典型的には+/-15度、2)受信機における所望のビーコンのSNR、3)所要の精度の範囲内でビーコン信号を周期的に繰り返す追跡装置14の送信機24の精度、及び4)指向性アンテナ36の前と後ろとの間の電力利得の比率、並びにビームの帯域幅及び指向性アンテナ36の利得を含む。指向性アンテナ36の前と後ろとの間の電力利得の比率が高いことは、180度の方角誤りを引き起こす、アンテナ36の後ろからの間違った信号受信の可能性を減らす。更に、システムの距離はより大きいアンテナ利得と共に改善し、最適なビーム幅は、所望のスイープレート、方角の精度、及び所要の利得の関数である。

30

【0053】

区別要因は、少なくとも1つの相関受信機52内で相関される受信ビーコン伝送ごとに相対的なタイムスタンプを得るために使用される発振器46の精度を更に含む。スイープ内の2つの異なる方角間の4秒の上限、及び1ギガヘルツ(GHz)の搬送周波数を仮定されたい。温度変化による最大許容誤差が10メートルである(例えば追跡装置にごく近接している)場合、発振器30、46の安定度による最大システム誤差は1周期当たり1.2E-16m程度である。更に、ドリフトによる6m以下の誤差が望ましい場合、その4秒内の最大温度差が計算され得る。伝播時間が20ナノ秒(ns)であるため、温度は4秒のうちに2よりも多く変化することはない。

40

【0054】

別々の構成要素として図示されているが、システムクロック発振器66、タイムスタンプ生成器68、少なくとも1つの相関受信機52、シンクロナイザ78、距離及び方角推定器70、並びに移動平均計算器100のうちの1つ又は複数をSDR40の構成要素とすることができることを理解すべきである。例えば一部の例では、少なくとも1つの相関

50

受信機 5 2 が S D R 4 0 と共に含められ、ソフトウェアによって又は F P G A を用いてハードウェア内に符号化されてデジタル信号処理技法を使用して実装される。

【 0 0 5 5 】

更に、B I N 9 0 は電子コンパス 4 4 から読み取られた方角を記憶したが、微分到来角 (D A o A : differential angles of arrival) が代わりに使用されても良いことを理解すべきである。D A o A は、D T o A を方角と組み合わせることによって計算され得る。従って、B I N 9 0 内に方角を記憶し、B I N 9 0 のセクタ境界を定めるために方角を使用し、表示装置 4 8 上に方角を表示する代わりに、D A o A が、B I N 9 0 内に記憶され、B I N 9 0 のセクタ境界を定めるために使用され、方角推定値として表示装置 4 8 上に表示される。

10

【 0 0 5 6 】

図 7 を参照すると、マルチパス環境の一例が D F 装置 1 6 の動作を示す。患者の手首に装着されて図示されている追跡装置 1 4 がビーコン信号を伝送する。更に、指向性アンテナ 3 6 の極座標プロットによって表わされる D F 装置 1 6 が、3 0 0 度から開始して時計回りにスイープされビーコン信号の 3 つのインスタンスを観測し、そのうちの 1 つが入射信号であり、2 つがマルチパス信号である。入射信号は、マルチパス信号と比較して最も短い T o F 及び最も高い R S S I の両方を有するものとして識別される。従って、追跡装置 1 4 までの距離及び方角の両方を求めるために入射信号が使用される。上記のように、ビーコン信号のインスタンスが連続したビーコン期間の境界を横断して分散される可能性を最小限にするために、T o F がビーコン期間の半分未満でなければならない。

20

【 0 0 5 7 】

図 8 を参照すると、マルチパス環境の別の例が D F 装置 1 6 の動作を示す。追跡装置 1 4 がビーコン信号を伝送する。次いで、指向性アンテナ 3 6 の極座標プロットによって表わされる D F 装置 1 6 が、3 5 0 度から開始して時計回りにスイープされビーコン信号の 2 つのインスタンスを観測し、そのうちの 1 つが入射信号であり、もう 1 つがマルチパス信号である。入射信号は低い R S S I を有し、例えば群衆によって減衰される。マルチパス信号は高い R S S I を有し、例えば追跡装置 1 4 の背後の建物によって反射される。入射信号は最も短い T o F を有するものとして識別され、マルチパス信号は最も高い R S S I を有するものとして識別される。典型的には、入射信号は少なくとも 1 つの相関受信機 5 2 の第 1 のフィンガを占有し、マルチパス信号は反射の追加の遅延に対応するフィンガを占有する。次いで、D T o F が入射信号から計算され、追跡装置 1 4 の位置を特定する際に従う方角を求めるときに使用される。更に、追跡装置 1 4 までの距離を推定するために、最も高い R S S I を有するマルチパス信号が使用される。

30

【 0 0 5 8 】

図 7 のマルチパス環境では、入射信号が最も短い T o F 及び最も高い R S S I の両方を有したので従来の受信機が使用されている可能性がある。しかし、図 8 のマルチパス環境では、入射信号が最も短い T o F を有するが最も高い R S S I は有さないもので、従来の受信機では追跡装置 1 4 の位置を特定する際に問題を引き起こすことになる。従って図 8 は、従来の受信機よりも相関受信機が好ましい事例を示す。図 8 の事例は、多数の異なる信号伝送経路があると考えられる屋内用途に良くある。

40

【 0 0 5 9 】

システム 1 0 の距離精度が、クラメール - ラオの下限 (C R B : Cramer-Rao Lower Bound) を使用して定められ得る。つまり、S N R と帯域幅との間の結び付きを得て測距性能の範囲を与えるために C R B が使用され得る。例えば、距離推定値

【 数 1 】

\hat{r}

の変動に関する下限が

【数 2】

$$\sigma_f^2 \geq \frac{c^2}{(2\pi B)^2 (E_s/N_0)} \left(1 + \frac{1}{E_s/N_0}\right)$$

として計算されても良く、但し

【数 3】

$$\sigma_f^2$$

は距離推定値の変動であり、 c は光の速さであり、 B はヘルツ単位の占有信号帯域幅であり、 E_s/N_0 は、信号エネルギー対雑音密度比である。 E_s/N_0 は、次式

10

【数 4】

$$\frac{E_s}{N_0} = t_s B \cdot SNR$$

の通り SNR に関係し、但し t_s は帯域幅 B が占有される信号持続時間である。

【0060】

理解されるように、 CRB 内の変数の数は、国際的に使用可能な周波数スペクトル及び距離の要件を満たすのに必要な感度によって定められる。更に、少なくとも1つの相関受信機52の入力における SNR が高いか低いかに応じて、 N_0 及び t_s が変化し得ることを理解すべきである。説明のために、米国 (US) (連邦通信委員会 (FCC: Federal Communications Commission) パート 15.249) の 900 MHz 帯域が使用されると仮定されたい。DF装置16が追跡装置14の近くにある場合の少なくとも1つの相関受信機52の入力における高い SNR では、クラメル-ラオの二乗平均平方根 (RMS) の精度が 0.6 メートル (m) だと推定される。システム10が追跡装置14とDF装置16との間の最大距離にある場合、 SNR は、変調搬送波信号の出力割る受信機雑音である。最大距離は、数千メートル程度であると予期される。これらの条件下では、クラメル-ラオの RMS の精度は 74.2 m であると推定される。従って、利用者が追跡装置14に近づくにつれ、DTofの精度が最大距離における 74.2 m から 0.6 m まで改善する。

20

30

【0061】

測距精度を改善するためにビーコンパケットのサイズが大きくされても良く、その理由は、大きくすることが t_s を長くするからである。例えば、ビーコンパケットを大きくするために、同期ワード及び/又はペイロードデータが使用され得る。しかし、国際的なデューティサイクルの制約によって t_s が制限され得る。更に、パケットサイズを大きくすることは消費電力を増やす。追跡装置14は携帯型なので、精度と電池寿命との間の釣合がとられなければならない。

【0062】

上記の解説は、追跡装置14とDF装置16との間の単方向通信に関した。しかし、一部の例では、単方向Tofと共に又は単方向Tofを除外して双方向通信が使用され得る。かかる例では、DF装置16がDF装置16の一意IDを使用してビーコン信号を送送する。更に、TDが、追跡装置14に割り当てられた一意IDと共に受信ビーコン信号を送り返すトランスポンダとして働く。DF装置16が送り返されたビーコン信号を受信し、DTofの代わりに絶対Tofを使用して上記のプロセスを実行し、方角及びTofでBIN90にデータ投入する。もはやRSSIは考慮される必要がない。次いで、追跡装置14の距離及び方角を推定するためにBIN90が解析される。追跡装置14の推定方角は、BIN90内の最短Tofに対応する方角である。BIN90内の最短Tofから追跡装置14の推定距離が計算される。双方向通信を使用することは、絶対的な距離及び方角の推定をもたらす。しかし、この絶対的な距離及び方角の推定は、より短距離且つ複雑なシステムという代償によって得られる。

40

50

【 0 0 6 3 】

図 9 を参照すると、追跡装置 1 4 の距離及び方角を推定するための方法 1 5 0 が示されている。方法 1 5 0 は、D F 装置 1 6、典型的には D F 装置 1 6 の S D R 4 0 によって実行され、或る期間にわたって複数の方角に向けられる指向性アンテナ 3 6 を使い、追跡装置 1 4 から伝送される（即ち追跡装置 1 4 において生じる）周期的ビーコン信号を受信するステップ 1 5 2 を含む。指向性アンテナ 3 6 は、指向性アンテナ 3 6 を左右にスイープすることにより、或る期間にわたり複数の方角に適切に向けられる。このスイープは、自動化されても D F 装置 1 6 の利用者によって手動で行われても良い。

【 0 0 6 4 】

推定されるビーコンレートで、現在のビーコン期間中のビーコン信号の D T o F が計算される（1 5 4）。上記のように、受信ビーコン信号を観測することにより、シンクロナイザ 7 8 がビーコン期間及びビーコンレートを推定する。D T o F は、現在のビーコン期間のビーコンパケットの到達時間（T o A）と、現在のビーコン期間の推定される始まりとの差として計算される。本明細書では D T o F が説明されているが、上記でより詳細に説明されたように、絶対 T o F が使用されても良いことが理解されるべきである。

【 0 0 6 5 】

更に、典型的には現在のビーコン期間の推定開始時において、推定されるビーコンレートで、計算済みの D T o F が現在のビーコン期間中のビーコン信号の R S S I、及び現在のビーコン期間中に電子コンパス 4 4 から読み取られる指向性アンテナ 3 6 の方角に関連付けられる（1 5 6）。次いで、D T o F、関連する方角、関連する R S S I、及び関連付けが B I N 9 0 内に記憶される（1 5 8）。B I N 9 0 は周期的にクリアされ得る。上記のように、一部の例では記憶するステップが選択的でも良い。例えば、関連する R S S I が、関連する方角に対応する B I N 9 0 のセクタにおける R S S I を上回る場合にのみ、記憶するステップが行われても良い。別の例として、計算済みの D T o F が、関連する方角に対応する B I N 9 0 のセクタにおける D T o F を下回る場合にのみ、記憶するステップが行われても良い。

【 0 0 6 6 】

B I N 9 0 を使用し、典型的には推定されるビーコンレートで、又は B I N 9 0 の更新に応答して、追跡装置 1 4 までの距離及び方角が推定される（1 6 0、1 6 2）。追跡装置 1 4 への方角が、B I N 9 0 内の最も低い D T o F に関連する方角として推定される（1 6 0）。追跡装置 1 4 までの距離が、B I N 9 0 内の最も低い D T o F に関連する R S S I から推定される（1 6 2）。

【 0 0 6 7 】

マルチパス環境内等の一部の例では、現在のビーコン期間中にビーコン信号の複数のインスタンスが同時に受信される（1 5 2）。インスタンスのそれぞれは、異なる伝送経路に対応する。上記のように、複数の伝送経路は、例えば地物からのビーコン信号の反射及び屈折によって生じ得る。例えば、或るインスタンスは入射信号に相当することができ、別のインスタンスは建物から反射されるマルチパス信号に相当することができる。

【 0 0 6 8 】

複数のインスタンスが受信されるとき、上記の措置は以下を除いて同じである。最初に受信されるインスタンスを識別するために、レーク受信機と同様の少なくとも 1 つの相関受信機 5 2 によってインスタンスが相関される。更に、現在のビーコン期間中に受信される最初のインスタンスから D T o F が計算される（1 5 4）。また更に、D T o F がインスタンスの最も高い R S S I に関連付けられる（1 5 6）。このことは、図 8 に記載したのと同様のマルチパス環境内での D F 装置 1 6 の改善された動作を有利には可能にする。

【 0 0 6 9 】

上記に鑑みて、R S S I 及び / 又はドップラー偏移を使用する既知の追跡システムに関連し、本願の追跡システム 1 0 は、入射信号とマルチパス信号とを区別するのが困難なマルチパス環境内で間違ったビーコン信号に従う可能性を減らす。これは、受信される最も強い R S S I に基づいて距離を推定することによって、及び方角を提供する信号とは独立

10

20

30

40

50

に達成される。更に、レーク受信機と同様の相関器型の受信機が、マルチパス環境内で方角及び距離をより効果的に推定する。

【 0 0 7 0 】

更に、本願の追跡システム 1 0 は、T o F の絶対測定を使用する既知の追跡システムに比べ、より単純且つ電力効率の良い設計を提供し、D F 装置 1 6 が信号源を提供し、T D 1 4 がトランスポンダの役割を果たす。本願の追跡システム 1 0 とは対照的に、これらの既知の追跡システムは、1) 受信消費電流を最小限にするために T D 1 4 を D F 装置 1 6 と同期する必要があること、及び 2) 受信されるビーコンと伝送される応答との間の同期を可能にする必要があることにより、より複雑である。

【 0 0 7 1 】

また更に、本願の追跡システム 1 0 は、指向性アンテナ 3 6 を有する D F 装置 1 6 を使用することにより、低利得の全方向性型アンテナを使用する実時間位置情報管理システム (R T L S : real-time locating system) と比較して距離を改善する。主に単一の全方向性アンテナ、又は任意選択的に追加の全方向性ダイバシティアンテナで補完される全方向性アンテナは、最大限の全放射電力 (T R P : total radiated power) 、従って改善された距離を可能にする。更に、指向性アンテナ 3 6 は D F 装置 1 6 の設計を単純化する。既知のシステムは、(例えばレーダーのような) 複雑な回転アンテナ又は切換型アンテナアレイ (例えばドップラー偏移システム) を必要とする。

【 0 0 7 2 】

更に、T o F の絶対測定、並びに非対称の順方向及び逆方向リンクバジェット (即ち T D 1 4 上の非効率な受信アンテナ) を有する双方向通信プロトコルを使用する既知のシステムに関連し、本願の追跡システム 1 0 は、単方向通信プロトコルを使用することによって距離を改善する。

【 0 0 7 3 】

本明細書で使用されるとき、メモリは、ランダムアクセスメモリ (R A M) や読取専用メモリ (R O M) 等、データを記憶する任意の装置又はシステムを含む。更に、本明細書で使用されるとき、プロセッサは、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、グラフィック処理装置 (G P U) 、特定用途向け集積回路 (A S I C) 、F P G A 等、出力データを生成するために入力装置を処理する任意の装置又はシステムを含み、コントローラは、別の装置又はシステムを制御する任意の装置又はシステムを含み、典型的には少なくとも 1 個のプロセッサを含み、ユーザ入力装置は、ユーザ入力装置の利用者が別の装置又はシステムに入力を与えることを可能にするマウスやキーボード等の任意の装置を含み、表示装置は、液晶ディスプレイ (L C D) や発光ダイオード (L E D) ディスプレイ等、データを表示するための任意の装置を含む。

【 0 0 7 4 】

本発明が好ましい実施形態に関して説明されてきた。上記の詳細な説明を読んで理解すれば、修正形態及び改変形態が見出される場合がある。添付の特許請求の範囲又はその均等物の範囲に含まれる限りにおいて、本発明はそのような全ての修正形態及び改変形態を含むものと解釈されることが意図される。

10

20

30

【図 1】

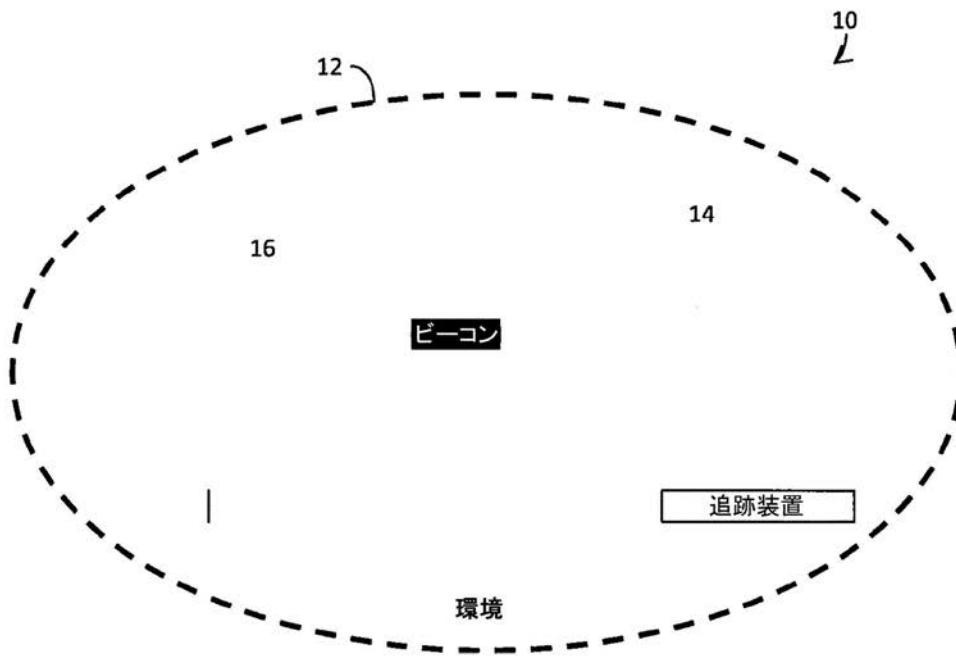


図 1

【図 2】

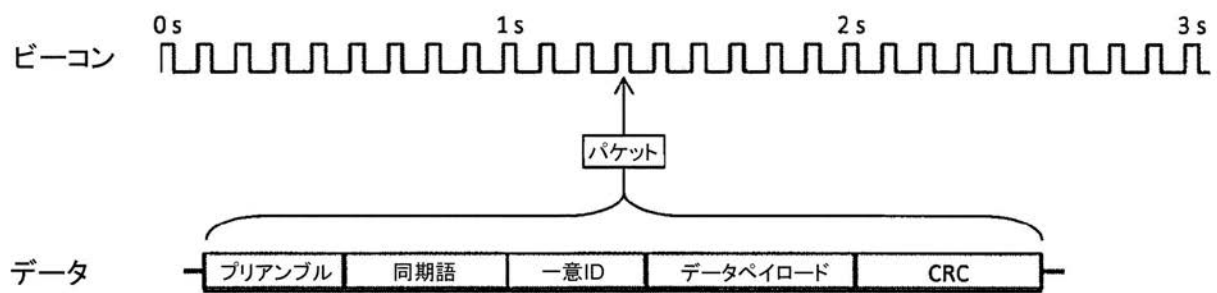


図 2

【図 3】

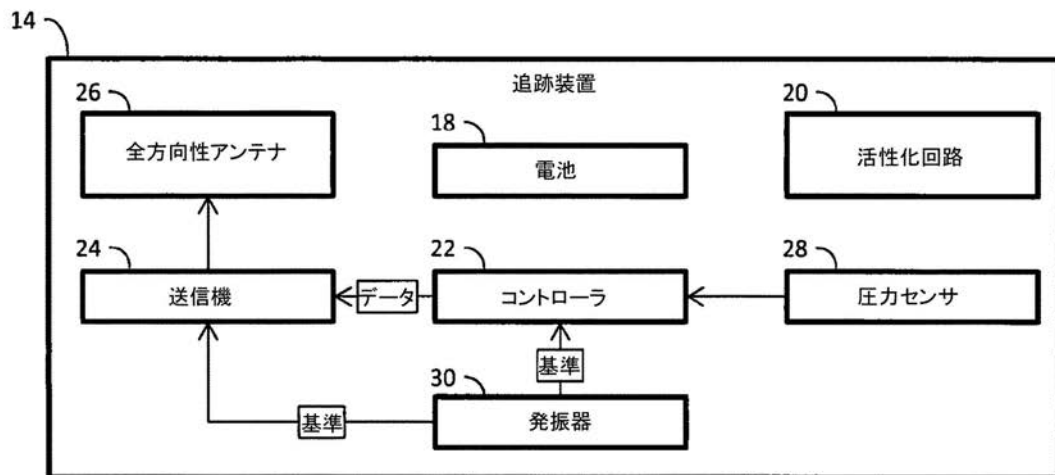


図 3

【図 4】

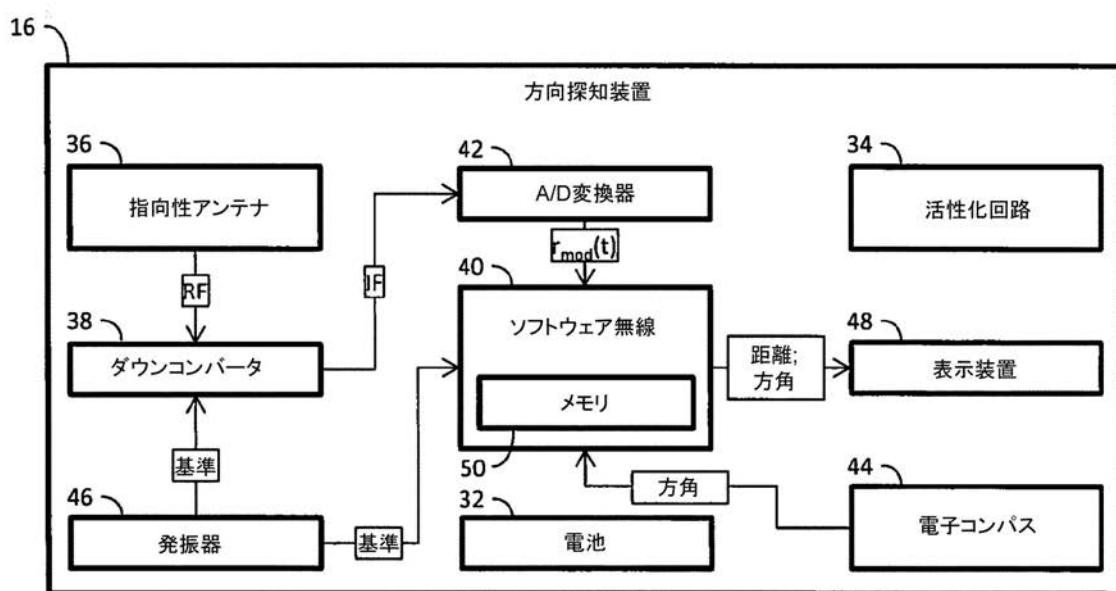


図 4

【図5】

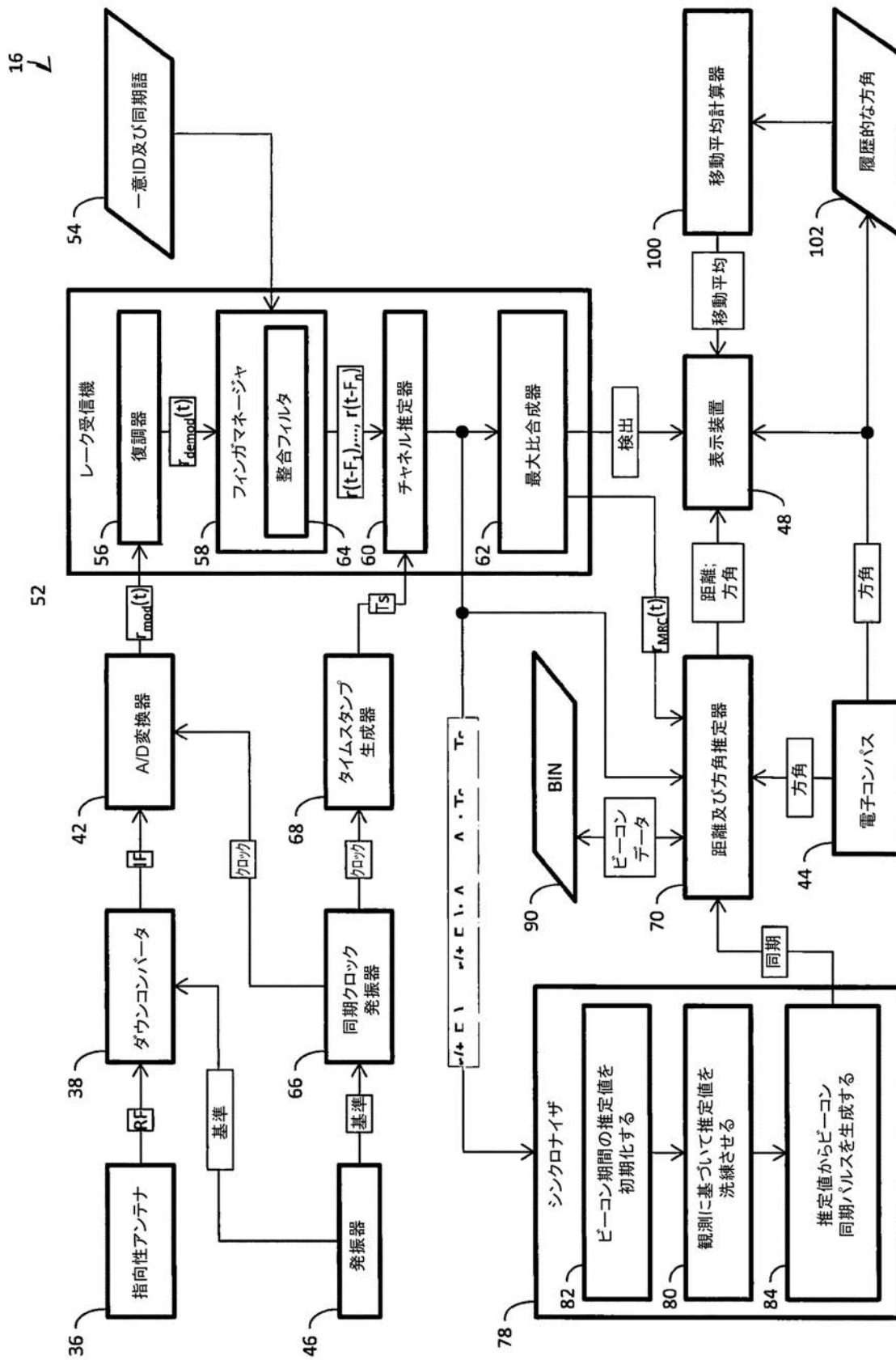


図5

【図 7】

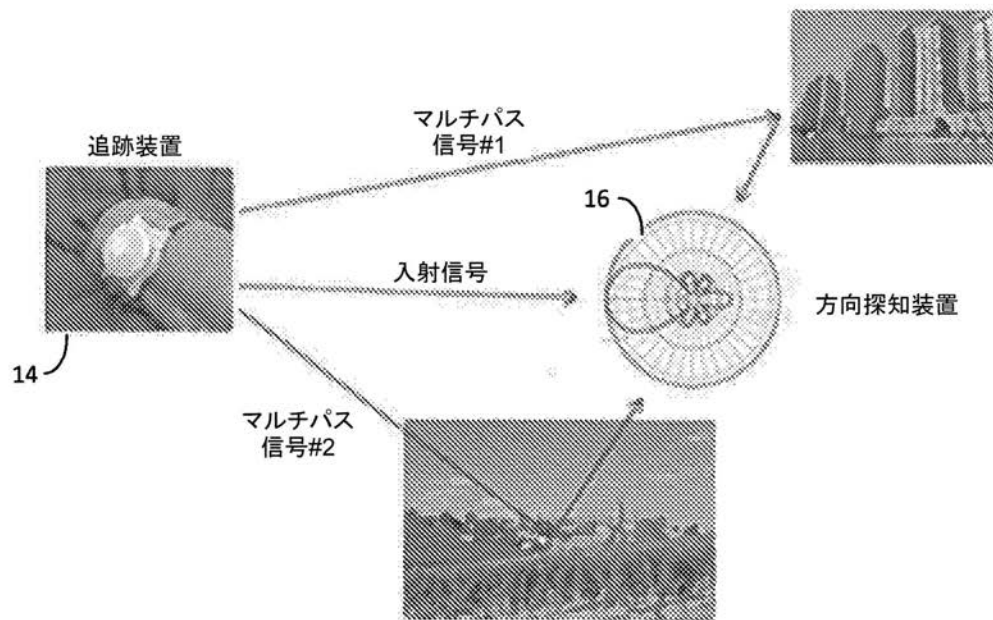


図 7

【図 8】

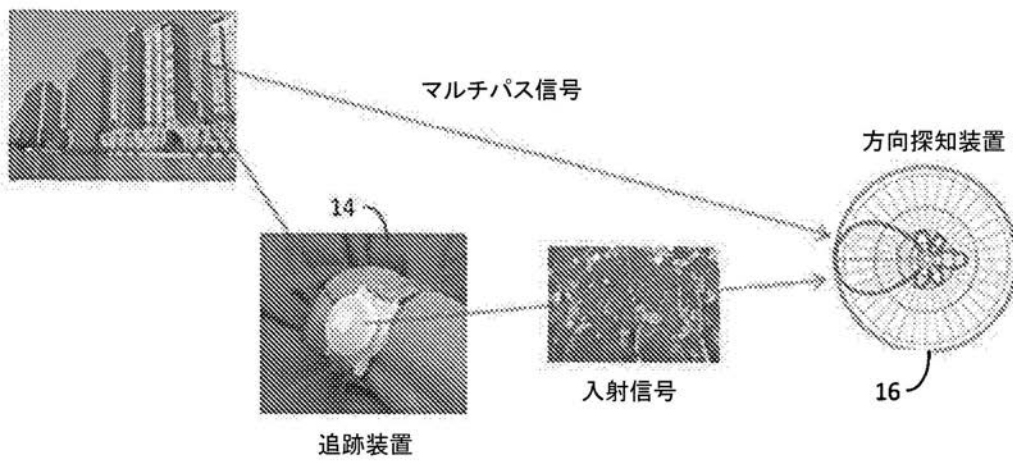


図 8

【図 9】

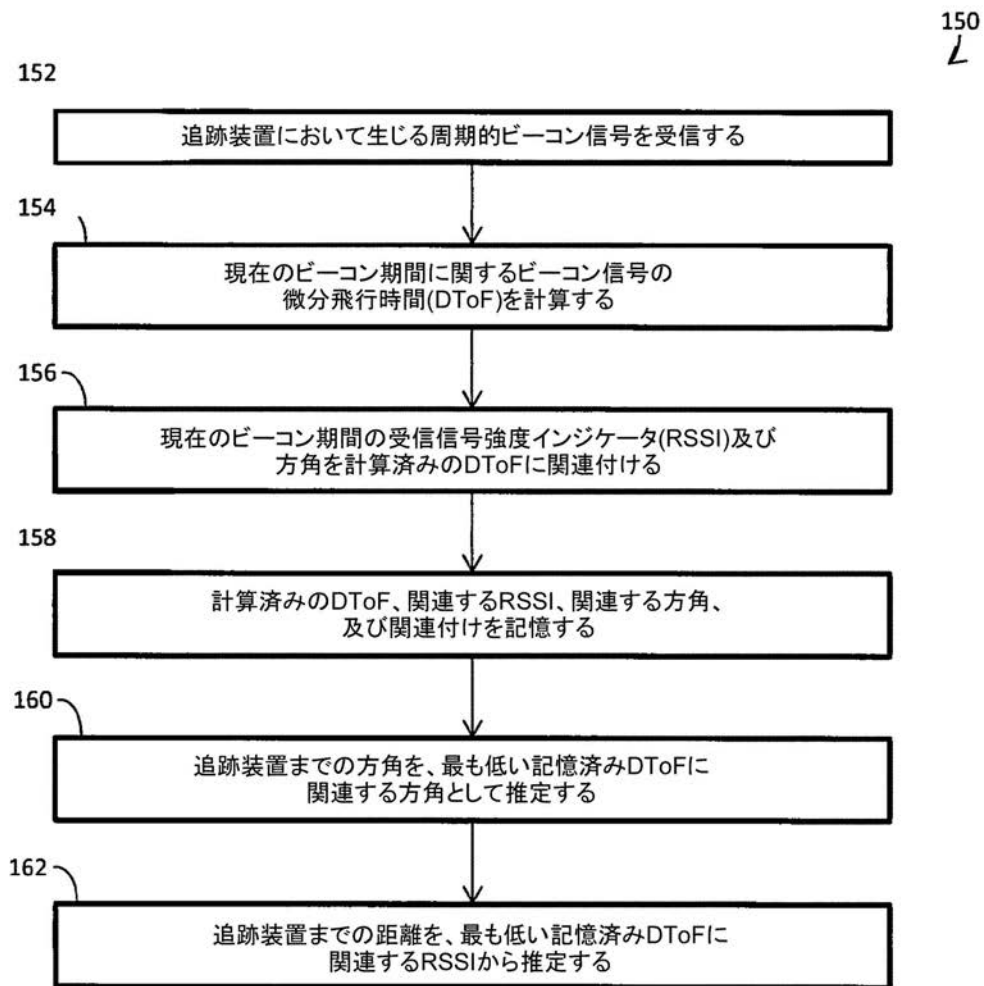


図 9

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/IB2014/059105

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01S3/38 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01S		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 278 351 A1 (TRACKER OY [FI] RADIO SYSTEMS CORP [US]) 26 January 2011 (2011-01-26)	2-10, 12-18,20
Y	paragraphs [0002], [0003], [0016], [0017], [0044], [0045], [0006]; figures 1,2,3a	1,11,19
Y	----- US 2005/287956 A1 (GOLDEN STUART A [US] ET AL) 29 December 2005 (2005-12-29)	1,11,19
A	paragraphs [0065], [0074], [0075]	2-10, 12-18,20
Y	----- US 2007/135054 A1 (BELCEA JOHN M [US]) 14 June 2007 (2007-06-14)	1,11,19
A	paragraph [0002]; claim 1	2-10, 12-18,20

<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (see specification) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 29 April 2014		Date of mailing of the international search report 09/05/2014
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax (+31-70) 340-3016		Authorized officer Metz, Carsten

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2014/059105

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2278351	A1	26-01-2011	EP 2278351 A1 26-01-2011
			ES 2410781 T3 03-07-2013
			US 2011018708 A1 27-01-2011

US 2005287956	A1	29-12-2005	EP 1767045 A1 28-03-2007
			TW 1305276 B 11-01-2009
			US 2005287956 A1 29-12-2005
			WO 2006007282 A1 19-01-2006

US 2007135054	A1	14-06-2007	NONE

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 レディングハム ステファン

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
5

(72)発明者 ワイブランズ クラス コーネリス ジャン

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
5

(72)発明者 レディ パヴァン コラン

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング
5