

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6169962号
(P6169962)

(45) 発行日 平成29年7月26日(2017.7.26)

(24) 登録日 平成29年7月7日(2017.7.7)

(51) Int.Cl.

F I

G O 8 G 1/09 (2006.01)

G O 8 G 1/09 H

G O 8 G 1/0962 (2006.01)

G O 8 G 1/0962

G O 1 S 19/17 (2010.01)

G O 1 S 19/17

G O 1 S 19/41 (2010.01)

G O 1 S 19/41

G O 1 S 19/46 (2010.01)

G O 1 S 19/46

請求項の数 14 (全 31 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-257243 (P2013-257243)
 (22) 出願日 平成25年12月12日(2013.12.12)
 (65) 公開番号 特開2015-114899 (P2015-114899A)
 (43) 公開日 平成27年6月22日(2015.6.22)
 審査請求日 平成27年11月20日(2015.11.20)

(73) 特許権者 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100095407
 弁理士 木村 満
 (74) 代理人 100131152
 弁理士 八島 耕司
 (74) 代理人 100147924
 弁理士 美恵 英樹
 (72) 発明者 佐藤 友紀
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内
 (72) 発明者 島 岳也
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 測位端末、携帯電話探索システム、携帯電話探索方法、プログラムおよびサーバ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の測位衛星と通信可能であり、移動可能な測位端末であって、

前記測位端末は、

前記測位衛星から測距信号を受信し、前記測距信号から、前記測位衛星に対する擬似距離観測量、搬送波位相観測量、および、航法メッセージを取得する測距信号受信部と、

前記擬似距離観測量、前記搬送波位相観測量および前記航法メッセージを用いて前記測位端末の位置、速度、および、時計誤差を算出する端末位置算出部と、

携帯電話が発する携帯電波を受信する携帯電波受信部と、

前記携帯電波受信部が受信した携帯電波から、前記携帯電話を識別する携帯IDを取得する携帯ID判別部と、

前記端末位置算出部が算出した前記測位端末の時計誤差と前記携帯電波受信部が受信した携帯電波とから、前記測位端末に対する前記携帯電話の携帯電話距離または携帯電話方向を算出する携帯幾何情報算出部と、

前記端末位置算出部が算出した前記測位端末の位置と前記携帯ID判別部が取得した前記携帯IDと前記携帯幾何情報算出部が算出した前記携帯電話距離または前記携帯電話方向とを含む基本情報を生成する基本情報生成部と、

前記基本情報のうち、前記携帯IDが同じ2つ以上の前記基本情報から、前記携帯IDに該当する前記携帯電話の位置を算出し、前記携帯IDと算出した前記携帯電話の位置とを含む携帯位置情報を生成する携帯位置算出部と、

10

20

前記基本情報と前記携帯位置情報との、いずれかまたは両方を用いて、次に携帯電波を受信する地点を算出し、算出した次に携帯電波を受信する地点を目的地として、前記測位端末の位置の最新値から前記測位端末を誘導する移動計画データを生成する端末移動計画部と、

前記移動計画データを出力する端末誘導部と、
を備え、

前記端末移動計画部は、前記携帯IDが同じ2つの前記基本情報が得られて3つめの地点を求める場合、前記測位端末の位置、前記携帯電話距離の差を一定とする双曲線の漸近線および携帯電波の発信時間間隔で前記測位端末が移動可能な距離から次に携帯電波を受信する地点を求め、

前記端末移動計画部は、前記携帯IDが異なる2つ以上の前記基本情報または前記携帯位置情報がある場合、前記携帯IDが同じである前記基本情報が少ない前記携帯IDの前記基本情報または前記携帯位置情報を用いて、次に携帯電波を受信する地点を算出し、算出した次に携帯電波を受信する地点を目的地として、前記測位端末の位置の最新値から前記測位端末を誘導する移動計画データを生成する、
測位端末。

【請求項2】

前記携帯幾何情報算出部は、前記携帯電波受信部が携帯電波を受信した時刻と、前記端末位置算出部が算出した前記測位端末の時計誤差と、携帯電波を復調して得られる前記携帯電話が携帯電波を発信した時刻とから、前記携帯電話距離を算出する請求項1に記載の測位端末。

【請求項3】

前記携帯電波受信部は、携帯電波の発信源方向に対して高い受信電波強度を示すアレー・アンテナ等の指向性アンテナを備え、前記携帯電話から携帯電波を受信した場合に方向毎受信強度を出力し、

前記携帯幾何情報算出部は、前記携帯電波受信部が出力した前記方向毎受信強度から、前記携帯電話方向を算出する請求項1 または2に記載の測位端末。

【請求項4】

自身の測位端末の前記基本情報および前記携帯位置情報を他の測位端末に送信し、前記他の測位端末の前記基本情報および前記携帯位置情報を受信して記憶する通信部をさらに備え、

前記携帯位置算出部は、前記自身の測位端末の前記基本情報および前記他の測位端末から取得した前記基本情報に基づいて、携帯電話位置を算出し、

前記端末移動計画部は、前記自身の測位端末の前記基本情報および前記他の測位端末から取得した前記基本情報と、前記自身の測位端末が算出した前記携帯位置情報および前記他の測位端末から取得した前記携帯位置情報と、のいずれかまたは両方を用いて、次に携帯電波を受信する地点を算出し、算出した次に携帯電波を受信する地点を目的地として、前記測位端末の位置の最新値から前記測位端末を誘導する移動計画データを生成する請求項1 から 3 のいずれか1項に記載の測位端末。

【請求項5】

前記通信部は、前記端末IDと前記測位端末の位置の最新値とを対応付けた最新位置情報を前記他の測位端末に送信し、前記他の測位端末から前記最新位置情報を受信し、

前記端末移動計画部は、前記自身の測位端末の前記基本情報および前記他の測位端末から取得した前記基本情報と、前記自身の測位端末が算出した前記携帯位置情報および前記他の測位端末から取得した前記携帯位置情報と、のいずれかまたは両方を用いて、前記自身の測位端末と前記他の測位端末のそれぞれについて次に携帯電波を受信する地点を算出し、前記端末IDごとの前記移動計画データを生成し、

前記端末誘導部は、前記端末IDごとの移動計画データのうち、前記自身の測位端末の前記端末IDの前記移動計画データを出力する請求項4に記載の測位端末。

【請求項6】

前記通信部は、前記端末移動計画部が生成した前記端末IDごとの前記移動計画データを前記他の測位端末に送信し、前記他の測位端末から前記端末IDごとの前記移動計画データを受信し、

前記端末誘導部は、前記端末移動計画部が生成した前記端末IDごとの前記移動計画データ、または、前記他の測位端末から受信した前記端末IDごとの前記移動計画データのうち、前記自身の測位端末の前記端末IDの前記移動計画データを出力する請求項5に記載の測位端末。

【請求項7】

前記端末誘導部は、少なくとも前記測位端末の位置の最新値と次に携帯電波を受信する地点とを含む前記移動計画データを出力する請求項1から6のいずれか1項に記載の測位端末。

10

【請求項8】

前記端末誘導部は、前記携帯位置情報をさらに含む前記移動計画データを出力する請求項7に記載の測位端末。

【請求項9】

多機能測位衛星から誤差補正情報を受信し、前記測距信号受信部が受信した前記測距信号の誤差を補正する誤差補正情報受信部を備える請求項1から8のいずれか1項に記載の測位端末。

【請求項10】

複数の測位衛星と通信可能であり移動可能な測位端末とサーバとで構成される携帯電話探索システムであって、

20

前記測位端末は、

前記測位衛星から測距信号を受信し、前記測距信号から、前記測位衛星に対する擬似距離観測量、搬送波位相観測量、および、航法メッセージを取得する測距信号受信部と、

前記擬似距離観測量、前記搬送波位相観測量および前記航法メッセージを用いて前記測位端末の位置、速度、および、時計誤差を算出する端末位置算出部と、

携帯電話が発する携帯電波を受信する携帯電波受信部と、

前記携帯電波受信部が受信した携帯電波から、前記携帯電話を識別する携帯IDを取得する携帯ID判別部と、

前記端末位置算出部が算出した前記測位端末の時計誤差と前記携帯電波受信部が受信した携帯電波とから、前記測位端末に対する前記携帯電話の携帯電話距離または携帯電話方向を算出する携帯幾何情報算出部と、

30

前記端末位置算出部が算出した前記測位端末の位置と前記携帯ID判別部が取得した前記携帯IDと前記携帯幾何情報算出部が算出した前記携帯電話距離または前記携帯電話方向とを含む基本情報を生成する基本情報生成部と、

前記基本情報のうち、前記携帯IDが同じ2つ以上の前記基本情報から、前記携帯IDに該当する前記携帯電話の位置を算出し、前記携帯IDと算出した前記携帯電話の位置とを含む携帯位置情報を生成する携帯位置算出部と、

前記基本情報および前記携帯位置情報と、前記測位端末を識別する端末IDおよび前記測位端末の位置の最新値を対応付けた最新位置情報とを前記サーバに送信する第1送信部と、

40

前記サーバから、前記測位端末を誘導する移動計画データを受信する第1受信部と、

前記移動計画データを出力する端末誘導部と、

を備え、

前記サーバは、

前記測位端末から前記基本情報および前記携帯位置情報と、前記最新位置情報とを受信する第2受信部と、

前記第2受信部が受信した、前記基本情報と前記携帯位置情報と、のいずれかまたは両方を用いて、前記測位端末について次に携帯電波を受信する地点を算出し、算出した次に携帯電波を受信する地点を目的地として、前記最新位置情報が示す前記測位端末の位置の

50

最新値から前記測位端末を誘導する、前記端末 I D ごとの前記移動計画データを生成する端末移動計画部と、

前記移動計画データを該当する前記端末 I D の前記測位端末に送信する第 2 送信部と、
を備え、

前記端末移動計画部は、前記携帯 I D が同じ 2 つの前記基本情報が得られて 3 つめの地点を求める場合、前記測位端末の位置、前記携帯電話距離の差を一定とする双曲線の漸近線および携帯電波の発信時間間隔で前記測位端末が移動可能な距離から次に携帯電波を受信する地点を求め、

前記端末移動計画部は、前記携帯 I D が異なる 2 つ以上の前記基本情報または前記携帯位置情報がある場合、前記携帯 I D が同じである前記基本情報が少ない前記携帯 I D の前記基本情報または前記携帯位置情報を用いて、次に携帯電波を受信する地点を算出し、算出した次に携帯電波を受信する地点を目的地として、前記測位端末の位置の最新値から前記測位端末を誘導する移動計画データを生成する、

10

携帯電話探索システム。

【請求項 11】

多機能測位衛星と、

携帯電話を識別する携帯 I D および前記携帯電話の位置を含む携帯位置情報を集約管理するセンタと、

請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の測位端末と、

を備え、

20

前記測位端末は、

前記携帯位置情報を前記多機能測位衛星に伝送する携帯位置情報送信部をさらに備え、

前記多機能測位衛星は、前記測位端末との双方向の通信機能を保有し、前記測位端末から前記携帯位置情報を受信して前記センタに伝送し、

前記センタは、

前記多機能測位衛星から前記携帯位置情報を受信する携帯位置情報受信部と、

前記携帯位置情報受信部が受信した前記携帯位置情報を保存する携帯位置情報記憶部と、

、

を備える携帯電話探索システム。

【請求項 12】

30

複数の測位衛星と通信可能であり移動可能な測位端末が実行する携帯電話探索方法であって、

前記測位衛星から測距信号を受信し、前記測距信号から、前記測位衛星に対する擬似距離観測量、搬送波位相観測量、および、航法メッセージを取得する測距信号受信ステップと、

前記擬似距離観測量、前記搬送波位相観測量および前記航法メッセージを用いて前記測位端末の位置、速度、および、時計誤差を算出する端末位置算出ステップと、

携帯電話が発する携帯電波を受信する携帯電波受信ステップと、

前記携帯電波受信ステップで受信した携帯電波から、前記携帯電話を識別する携帯 I D を取得する携帯 I D 判別ステップと、

40

前記端末位置算出ステップで算出した前記測位端末の時計誤差と前記携帯電波受信ステップで受信した携帯電波とから、前記測位端末に対する前記携帯電話の携帯電話距離または携帯電話方向を算出する携帯幾何情報算出ステップと、

前記端末位置算出ステップで算出した前記測位端末の位置と前記携帯 I D 判別ステップで取得した前記携帯 I D と前記携帯幾何情報算出ステップで算出した前記携帯電話距離または前記携帯電話方向とを含む基本情報を生成する基本情報生成ステップと、

前記基本情報のうち、前記携帯 I D が同じ 2 つ以上の前記基本情報から、前記携帯 I D に該当する前記携帯電話の位置を算出し、前記携帯 I D と算出した前記携帯電話の位置とを含む携帯位置情報を生成する携帯位置算出ステップと、

前記基本情報と前記携帯位置情報との、いずれかまたは両方を用いて、次に携帯電波を

50

受信する地点を算出し、算出した次に携帯電波を受信する地点を目的地として、前記測位端末の位置の最新値から前記測位端末を誘導する移動計画データを生成する端末移動計画ステップと、

前記移動計画データを出力する端末誘導ステップと、
を備え、

前記端末移動計画ステップでは、前記携帯IDが同じ2つの前記基本情報が得られて3つめの地点を求める場合、前記測位端末の位置、前記携帯電話距離の差を一定とする双曲線の漸近線および携帯電波の発信時間間隔で前記測位端末が移動可能な距離から次に携帯電波を受信する地点を求め、

前記端末移動計画ステップでは、前記携帯IDが異なる2つ以上の前記基本情報または前記携帯位置情報がある場合、前記携帯IDが同じである前記基本情報が少ない前記携帯IDの前記基本情報または前記携帯位置情報を用いて、次に携帯電波を受信する地点を算出し、算出した次に携帯電波を受信する地点を目的地として、前記測位端末の位置の最新値から前記測位端末を誘導する移動計画データを生成する、

携帯電話探索方法。

【請求項13】

複数の測位衛星と通信可能であり移動可能なコンピュータを、

前記測位衛星から測距信号を受信し、前記測距信号から、前記測位衛星に対する擬似距離観測量、搬送波位相観測量、および、航法メッセージを取得する測距信号受信部、

前記擬似距離観測量、前記搬送波位相観測量および前記航法メッセージを用いて前記コンピュータの位置、速度、および、時計誤差を算出する端末位置算出部、

携帯電話が発する携帯電波を受信する携帯電波受信部、

前記携帯電波受信部が受信した携帯電波から、前記携帯電話を識別する携帯IDを取得する携帯ID判別部、

前記端末位置算出部が算出した前記コンピュータの時計誤差と前記携帯電波受信部が受信した携帯電波とから、前記コンピュータに対する前記携帯電話の携帯電話距離または携帯電話方向を算出する携帯幾何情報算出部、

前記端末位置算出部が算出した前記コンピュータの位置と前記携帯ID判別部が取得した前記携帯IDと前記携帯幾何情報算出部が算出した前記携帯電話距離または前記携帯電話方向とを含む基本情報を生成する基本情報生成部、

前記基本情報のうち、前記携帯IDが同じ2つ以上の前記基本情報から、前記携帯IDに該当する前記携帯電話の位置を算出し、前記携帯IDと算出した前記携帯電話の位置とを含む携帯位置情報を生成する携帯位置算出部、

前記基本情報と前記携帯位置情報との、いずれかまたは両方を用いて、前記携帯IDが同じ2つの前記基本情報が得られて3つめの地点を求める場合、前記コンピュータの位置、前記携帯電話距離の差を一定とする双曲線の漸近線および携帯電波の発信時間間隔で前記コンピュータが移動可能な距離から次に携帯電波を受信する地点を算出し、前記携帯IDが異なる2つ以上の前記基本情報または前記携帯位置情報がある場合、前記携帯IDが同じである前記基本情報が少ない前記携帯IDの前記基本情報または前記携帯位置情報を用いて、次に携帯電波を受信する地点を算出し、算出した次に携帯電波を受信する地点を目的地として、前記コンピュータの位置の最新値から前記コンピュータを誘導する移動計画データを生成する端末移動計画部、および、

前記移動計画データを出力する端末誘導部、

として機能させるプログラム。

【請求項14】

複数の測位衛星と通信するとともに移動可能な測位端末と通信するサーバであって、

前記測位端末から、前記測位端末の位置、携帯電話を識別する携帯IDおよび前記測位端末に対する前記携帯電話の携帯電話距離または携帯電話方向を含む基本情報、前記携帯IDおよび前記携帯電話の位置を含む携帯位置情報、ならびに、前記基本情報および前記携帯位置情報と前記測位端末を識別する端末IDおよび前記測位端末の位置の最新値とを

10

20

30

40

50

対応付けた最新位置情報、を受信する受信部と、

前記受信部が受信した、前記測位端末の基本情報および前記携帯位置情報のいずれかまたは両方を用いて、前記測位端末について次の携帯電波を受信する地点を算出し、算出した次に携帯電波を受信する地点を目的地として、前記最新位置情報が示す前記測位端末の位置の最新値から前記測位端末を誘導する、前記端末IDごとの前記移動計画データを生成する端末移動計画部と、

前記移動計画データを該当する前記端末IDの前記測位端末に送信する送信部とを備え、

前記端末移動計画部は、前記携帯IDが同じ2つの前記基本情報が得られて3つめの地点を求める場合、前記測位端末の位置、前記携帯電話距離の差を一定とする双曲線の漸近線および携帯電波の発信時間間隔で前記測位端末が移動可能な距離から次に携帯電波を受信する地点を求め、

前記端末移動計画部は、前記携帯IDが異なる2つ以上の前記基本情報または前記携帯位置情報がある場合、前記携帯IDが同じである前記基本情報が少ない前記携帯IDの前記基本情報または前記携帯位置情報を用いて、次に携帯電波を受信する地点を算出し、算出した次に携帯電波を受信する地点を目的地として、前記測位端末の位置の最新値から前記測位端末を誘導する移動計画データを生成する、

サーバ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、携帯電話の位置を特定する測位端末、携帯電話探索システム、携帯電話探索方法、プログラムおよびサーバに関する。

【背景技術】

【0002】

地震等の災害発生時には、災害が発生したエリア内の被災状況の把握と被災者の救助活動を迅速に行うことが重要である。被災者の早期の救助には、個々の被災者の位置情報を迅速かつ正確に収集することが必要であるが、被災者は倒壊した瓦礫の下や、火災が発生した建物の中にいることが少なくない。

【0003】

近年では携帯電話が広く普及しており、第3世代(3G)以降の携帯電話にはGPS(Global Positioning System)モジュールが標準搭載されている。GPSを用いることで位置情報が全地球で数m~10mの精度で得られるため、被災者の携帯電話がGPSで取得した位置情報を何らかの手段で収集することにより、捜索に役立てることができる。ただし先に述べたとおり、被災者はGPS衛星の信号が受信できない瓦礫の下や建物の中にいることが少なくなく、そのような場合にはGPSでは被災者の位置を特定できないという問題がある。

【0004】

このような問題に対しては、GPS衛星の信号が受信可能な屋外にGPSを用いた測位を行う機器を設け、そのような機器がGPSを用いて自己の絶対位置を求め、さらに瓦礫や建物の壁を透過可能な電波を用いて被災者の自己に対する相対位置を求めることで、絶対位置と相対位置から被災者の絶対位置を求めることが考えられる。

【0005】

これに関連する技術として、例えば、特許文献1では、地下に設置した工事対象物の管理を目的として、準天頂衛星とGPS衛星の信号を用いて自己位置を求めると同時に、超音波の地中レーダ等を用いた自己に対する対象物の位置を求めることで、対象物の絶対位置を求めることを特徴とした埋設物探索装置を提案している。

【0006】

非特許文献1には、日本全国でセンチメートル級あるいはサブメートル級の高精度測位を可能にする誤差補正情報を日本全国に一律に配信する準天頂衛星が記載されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 7 】

非特許文献 2 には、アレイ・アンテナによる到来波の方向推定について記載されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 4 - 1 9 8 1 6 9 号公報

【 非特許文献 】

【 0 0 0 9 】

【 非特許文献 1 】 臼井澄夫 他、(2 0 1 0)、準天頂衛星 L E X 帯を利用したセンチメートル測位補強システムと民間利用実証、日本航海学会、GPS / GNSS シンポジウム 2 0 1 0、pp. 2 1 7 - 2 2

10

【 非特許文献 2 】 Minseok Kim (2 0 0 7)、到来方向推定システムの基礎と実装例、Design Wave Magazine 2 0 0 7 年 1 2 月

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 0 】

しかしながら、特許文献 1 のような技術による探索は、どのあたりに埋設物が設置されているかの事前情報に基づいており、また地中レーダ等の有効な距離は数 m である。実際の被災現場ではまず被災者がどこにいるかは事前に分からない上、被災の規模が大きい場合には、事前情報なしで闇雲に探索を行っても被災者の迅速な発見には繋がらないという問題がある。

20

【 0 0 1 1 】

地中レーダの代わりに生体センサを用いても被災者の直接的な位置情報が得られないため、被災者との距離が遠い場合や、生体センサで検出できないほど被災者が衰弱している場合など、被災者生体センサ等の反応値が低い場合には、被災者の存在を見落としてしまう。

【 0 0 1 2 】

また地中レーダの代わりに、被災者が保有している携帯電話が基地局探索のために定期的に発している電波を用い、探索装置に対する被災者の携帯電話の相対位置を求めることが考えられるが、電波の発信には一定の時間間隔があり、闇雲な探索では被災者の携帯電話の位置特定に長時間を要してしまう。

30

【 0 0 1 3 】

さらに災害により地上インフラが破壊されて基地局と繋がらないような場合には、一般に携帯電話の電池の消耗が激しい上、近年のスマートフォン等では多機能化のため電池が 1 日程度しか持たない。被災した時点で電池がフル充電されているとは限らず、被災者の携帯電話の電池が切れる前に被災者の位置を特定できるような、高効率な探索システムが必須である。

【 0 0 1 4 】

特許文献 1 のような技術では、広く普及していて被災者が保有していると考えられる携帯電話の機能を、探索活動に生かし切れないという問題がある。

40

【 0 0 1 5 】

本発明は、地震等の災害が発生した場合に、基地局等の地上インフラが利用できないような場合においても、GPS 信号の届かない建物内や瓦礫の下にいる被災者の位置情報を、被災者が保有する携帯電話の機能を活用して、迅速かつ正確に収集することを可能にすることを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 6 】

上記目的を達成するため、本発明に係る測位端末は、複数の測位衛星と通信可能であり移動可能な測位端末である。測位端末は、測距信号受信部、端末位置算出部、携帯電波受

50

信部、携帯ID判別部、携帯幾何情報算出部、基本情報生成部、携帯位置算出部、端末移動計画部および端末誘導部を備える。測距信号受信部は、測位衛星から測距信号を受信し、測距信号から、測位衛星に対する擬似距離観測量、搬送波位相観測量、および、航法メッセージを取得する。端末位置算出部は、擬似距離観測量、搬送波位相観測量および航法メッセージを用いて測位端末の位置、速度、および、時計誤差を算出する。携帯電波受信部は、携帯電話が発する携帯電波を受信する。携帯ID判別部は、携帯電波受信部が受信した携帯電波から、携帯電話を識別する携帯IDを取得する。携帯幾何情報算出部は、端末位置算出部が算出した測位端末の時計誤差と携帯電波受信部が受信した携帯電波とから、測位端末に対する携帯電話の携帯電話距離または携帯電話方向を算出する。基本情報生成部は、端末位置算出部が算出した測位端末の位置と携帯ID判別部が取得した携帯IDと携帯幾何情報算出部が算出した携帯電話距離または携帯電話方向とを含む基本情報を生成する。携帯位置算出部は、基本情報のうち、携帯IDが同じ2つ以上の基本情報から、携帯IDに該当する携帯電話の位置を算出し、携帯IDと算出した携帯電話の位置とを含む携帯位置情報を生成する。端末移動計画部は、基本情報と携帯位置情報との、いずれかまたは両方を用いて、次に携帯電波を受信する地点を算出し、算出した次に携帯電波を受信する地点を目的地として、測位端末の位置の最新値から測位端末を誘導する移動計画データを生成する。端末誘導部は、端末移動計画部が生成した移動計画データを出力する。端末移動計画部は、携帯IDが同じ2つの基本情報が得られて3つめの地点を求める場合、測位端末の位置、携帯電話距離の差を一定とする双曲線の漸近線および携帯電波の発信時間間隔で測位端末が移動可能な距離から次に携帯電波を受信する地点を求める。端末移動計画部は、携帯IDが異なる2つ以上の基本情報または携帯位置情報がある場合、携帯IDが同じである基本情報が少ない携帯IDの基本情報または携帯位置情報を用いて、次に携帯電波を受信する地点を算出し、算出した次に携帯電波を受信する地点を目的地として、測位端末の位置の最新値から測位端末を誘導する移動計画データを生成する。

10

20

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、被災者の早期の位置特定を可能とする、次に携帯電波を受信する最良の計測点を定める移動計画データを出力することで、地震等の災害が発生した場合に、基地局等の地上インフラが利用できないような場合においても、GPS信号の届かない建物内や瓦礫の下にいる被災者の位置情報を、被災者が保有する携帯電話の機能を活用して、迅速かつ正確に収集することが可能になる。

30

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の実施の形態1に係る救難救助支援システムの構成例を示すブロック図である。

【図2】実施の形態1に係る測位端末の構成例を示すブロック図である。

【図3】実施の形態1に係る双曲面の一例を示す図である。

【図4】実施の形態1に係る計画手法の一例を示す図である。

【図5】実施の形態1に係る移動車両の一例を示す図である。

【図6】実施の形態1に係る表示画面の一例を示す図である。

40

【図7】実施の形態1に係る端末位置算出処理の動作の一例を示すフローチャートである。

【図8】実施の形態1に係る携帯位置算出処理の動作の一例を示すフローチャートである。

【図9】実施の形態1に係る端末誘導処理の動作の一例を示すフローチャートである。

【図10】本発明の実施の形態2に係る測位端末の構成例を示すブロック図である。

【図11】本発明の実施の形態3に係る測位端末の構成例を示すブロック図である。

【図12】本発明の実施の形態4に係る測位端末の構成例を示すブロック図である。

【図13】本発明の実施の形態5に係る測位端末の構成例を示すブロック図である。

【図14】本発明の実施の形態に係る測位端末のハードウェア構成の一例を示すブロック

50

図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下に、本発明を実施するための形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、図中同一または相当する部分には同じ符号を付す。

【0020】

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1に係る救難救助支援システムの構成例を示すブロック図である。実施の形態1の救難救助支援システム100は、測位端末1、測位端末1を搭載した移動車両2、準天頂衛星等の多機能測位衛星3およびGPS衛星等の測位衛星4で構成される。本実施の形態では、携帯電話5は、被災地域において動けない被災者が所持していることを想定しているため、携帯電話5は移動しない。測位端末1は携帯電話5が発する携帯電波を受信する。測位衛星4は、例えばGPS衛星であり、測位端末1は測位衛星4の測距信号を受信する。

【0021】

測位端末1および移動車両2は、代表して1台記載したが、これに限らず2台以上であってもよい。多機能測位衛星3も、代表して1基記載したが、これに限らず2基以上であってもよい。測位衛星4は、実際には4基以上である。また、測位端末1は移動可能であれば、移動車両2に搭載されていなくてもよい。

【0022】

多機能測位衛星3は、例えば非特許文献1に示すような準天頂衛星であり、誤差補正情報を日本全国に一律に配信する。誤差補正情報とは、日本全国の電子基準点網で取得したGPS観測データを処理して得られる測位衛星4の測距信号の誤差を補正する情報であって、管制局を介して多機能測位衛星3に伝送され、日本全国でセンチメートル級あるいはサブメートル級の高精度測位を可能にする。測位端末1は多機能測位衛星3から誤差補正情報を受信する。

【0023】

図2は、実施の形態1に係る測位端末の構成例を示すブロック図である。測位端末1は、測距信号受信部11、誤差補正情報受信部12、端末位置算出部13、携帯電波受信部14、携帯ID判別部15、携帯幾何情報算出部16、基本情報生成部17、記憶部18、携帯位置算出部19、端末移動計画部20および端末誘導部21を備える。

【0024】

測距信号受信部11は、測位衛星4が発信する測距信号を受信し、測位衛星4に対する擬似距離観測量、搬送波位相観測量、および、航法メッセージを取得する。測距信号は複数の測位衛星4から同時に受信し、その受信時刻を記憶する。

【0025】

なお擬似距離とは、衛星から発信された信号が受信機に到達するまでの伝播時間を、信号の搬送波に乗せられた測位用符号列(C/Aコード、P2コードなど)の観測値と、受信機の時計を衛星の時計と同じ基準時刻に同期して生成した同じ測位用符号列の値と、の位相差から計算し、光速を掛けることで求めた衛星 受信機間の距離である。受信機の時計および衛星の時計の基準時刻に対する同期には誤差があり、求めた距離には時計のずれによる誤差が含まれているため、“擬似”距離と呼ばれる。

【0026】

また搬送波位相とは、上記の測位用符号列の観測時に追尾した搬送波の位相と、受信機の時計を衛星の時計と同じ基準時刻に同期して生成した同じ搬送波信号との位相差である。位相差には $2 \times N$ (Nは波数で整数値)のあいまいさ(アンビギュイティ)があり、搬送波位相のみからは一意的に衛星 受信機間の距離を求めることはできないが、搬送波位相は擬似距離よりも距離観測分解能が高く低ノイズであるため、波数Nを正しく決定することができれば、擬似距離観測量よりも高精度な距離観測量として利用することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

また航法メッセージとは、測位端末 1 の位置算出に必要な、測距信号を発信した G P S 衛星等の測位衛星 4 の位置や時計誤差を計算するために必要なパラメータを含むメッセージである。

【 0 0 2 8 】

誤差補正情報受信部 1 2 は、多機能測位衛星 3 から誤差補正情報を受信し、測距信号受信部 1 1 が取得した各測位衛星 4 に対する擬似距離観測量、搬送波位相観測量に含まれる誤差を補正するための擬似距離補正量、搬送波位相補正量を算出する。

【 0 0 2 9 】

各測位衛星 4 に対する観測量の補正量は、例えば誤差補正情報に衛星時計誤差 $C l k [m]$ (m は単位メートルを指す)、軌道誤差 $O r b [m]$ 、対流圏遅延 $T r o p [m]$ 、電離層遅延 $I o n [m]$ 、および、 C / A コード、 $P 2$ コード、 $L 1$ 波搬送波位相、 $L 2$ 波搬送波位相のシグナル間バイアス $B i a s (C / A, P 2, L 1, L 2) [m]$ が含まれている場合、次式により擬似距離補正量と搬送波位相補正量を求めることができる。ただし、次式においては、誤差補正情報に含まれる衛星時計誤差 $C l k [m]$ は、航法メッセージに含まれる衛星時計誤差で観測値を補正後、さらに補正誤差分を補正するために使用することを仮定している。

【 0 0 3 0 】

C / A コードの擬似距離補正量 = $- C l k + O r b + T r o p + (1 2 0 / 1 5 4) I o n + C / A _ B i a s$

$P 2$ コードの擬似距離補正量 = $- C l k + O r b + T r o p + (1 5 4 / 1 2 0) I o n + P 2 _ B i a s$

$L 1$ 波の搬送波位相補正量 = $- C l k + O r b + T r o p - (1 2 0 / 1 5 4) I o n + L 1 _ B i a s$

$L 2$ 波の搬送波位相補正量 = $- C l k + O r b + T r o p - (1 5 4 / 1 2 0) I o n + L 2 _ B i a s$

【 0 0 3 1 】

その他、誤差補正情報の提供者が推奨あるいは仕様にて規定する手法があれば、それらに従い計算するとよい。

【 0 0 3 2 】

端末位置算出部 1 3 は、測距信号受信部 1 1 が取得した 4 基以上の測位衛星 4 に対する擬似距離観測量や搬送波位相観測量を、誤差補正情報受信部 1 2 が算出した測位衛星 4 に対する擬似距離補正量や搬送波位相補正量と、航法メッセージに含まれる衛星時計誤差で補正し、測位衛星 4 に対する補正済擬似距離観測量 $P R$ や補正済搬送波位相観測量 $C P$ を以下のように算出する。

【 0 0 3 3 】

補正済擬似距離観測量 $P R$ = 擬似距離観測量 + 航法メッセージに含まれる衛星時計誤差 + 擬似距離補正量

補正済搬送波位相観測量 $C P$ = 擬似距離観測量 + 航法メッセージに含まれる衛星時計誤差 + 搬送波位相補正量

【 0 0 3 4 】

続いて、端末位置算出部 1 3 は、補正済擬似距離観測量 $P R$ や補正済搬送波位相観測量 $C P$ を用い、測位端末 1 の位置 (以下、測位端末位置という)、速度、および、時計誤差 (以下、測位端末時計誤差という) を推定する。例えば 4 基以上の測位衛星 4 に対する補正済擬似距離観測量のみを用いて、数 1 に示すカルマンフィルタにより、測位端末 1 の位置、速度、および、時計誤差を推定する。位置を $X = \{ x, y, z \}$ 、速度を $V = \{ v_x, v_y, v_z \}$ 、時計誤差を T とする。

【 0 0 3 5 】

位置、速度を表す座標系としては、例えば G P S で汎用的に用いられる W G S 8 4 地球固定座標系を用いる。時刻 $t - 1$ における位置の推定値 $X_{t - 1} | t - 1$ 、速度の推定値

10

20

30

40

50

$V_{t-1|t-1}$ 、時計誤差の推定値 $T_{t-1|t-1}$ 、および、共分散行列 $P_{t-1|t-1}$ から、時刻 t における位置 $X_{t|t-1}$ 、速度 $V_{t|t-1}$ 、時計誤差 $T_{t|t-1}$ および共分散行列 $P_{t|t-1}$ を予測する。 Q はプロセスノイズ行列である。 Δt は時刻 t と時刻 $t-1$ の間隔（秒）である。

【 0 0 3 6 】

【 数 1 】

$$X_{t|t-1} = X_{t-1|t-1} + \Delta t \cdot V_{t-1|t-1}$$

$$V_{t|t-1} = V_{t-1|t-1}$$

10

$$\delta T_{t|t-1} = \delta T_{t-1|t-1}$$

$$P_{t|t-1} = \begin{bmatrix} I_{3 \times 3} & \Delta t \cdot I_{3 \times 3} & 0 \\ 0 & I_{3 \times 3} & 0 \\ 0 & 0 & I_{3 \times 3} \end{bmatrix} P_{t-1|t-1} \begin{bmatrix} I_{3 \times 3} & \Delta t \cdot I_{3 \times 3} & 0 \\ 0 & I_{3 \times 3} & 0 \\ 0 & 0 & I_{3 \times 3} \end{bmatrix}^T + Q$$

【 0 0 3 7 】

20

状態量ベクトルを $Z = \{ X, V, T \}$ とし、数 2 に示す観測残差 e を用いて、時刻 t における位置、速度、時計誤差の推定値と共分散を求め、位置を測位端末位置、時計誤差を測位端末時計誤差とする。

【 0 0 3 8 】

【 数 2 】

$$e = Z_{t|t-1} - h(Z_{t|t-1})$$

$$Z_{t|t} = Z_{t|t-1} + K \cdot e$$

30

$$P_{t|t} = (I - K \cdot \nabla_Z h(Z_{t|t-1})) P_{t|t-1}$$

$$K = P_{t|t-1} \cdot \nabla_Z h(Z_{t|t-1}) \{ R + \nabla_Z h(Z_{t|t-1}) \cdot P_{t|t-1} \cdot \nabla_Z h(Z_{t|t-1}) \}^{-1}$$

【 0 0 3 9 】

数 2 において、 h は観測モデルであり、航法メッセージに含まれるパラメータから算出した各測位衛星 4 の位置 X^{sat1} , X^{sat2} , ... および、位置と時計誤差の推定値から計算する。 h は測位に利用する測位衛星数と同じ行数を持つ行ベクトルである。または $\nabla_Z h$ は、 h の状態量ベクトル Z に関する微分を示す。 R は観測ノイズ行列である。航法暦に含まれるパラメータから測位衛星の位置を算出する手法は、各測位衛星を運用する機関が提供する仕様書に記載されている手順に従うとよい。

40

【 0 0 4 0 】

【数 3】

$$h(Z_{t|t-1}) = \begin{bmatrix} \sqrt{|X^{\text{Sat1}}(t) - X_{t|t-1}|} + c \cdot \delta T_{t|t-1} \\ \sqrt{|X^{\text{Sat2}}(t) - X_{t|t-1}|} + c \cdot \delta T_{t|t-1} \\ \vdots \end{bmatrix} \quad 10$$

【0041】

一般に補正済擬似距離観測のみを用いた測位では、サブメートル級（水平 0.5 ~ 1 m）の精度で位置 X が得られ、10 ns 以下の精度で時計誤差 T が得られる。

【0042】

また、5 基以上の測位衛星 4 に対する補正済擬似距離観測と補正済搬送波位相観測の両方を用い、位置、速度、時計誤差、各衛星の搬送波位相のアンビギュイティを状態変数としたカルマンフィルタと、L A M B D A (The Least Squares Ambiguity Decorrelation Adjustment) 等のアンビギュイティを整数化する手法を組み合わせた測位を行うことが挙げられる。一般に補正済擬似距離観測と補正済搬送波位相観測の両方を用い、アンビギュイティを整数化する測位ではセンチメートル級（水平 6 cm 以下）の精度で位置 X が得られ、1 ns 以下の精度で時計誤差 T が得られる。

20

【0043】

前述の手法で推定した時計誤差 T の値にはアンテナケーブルや電子系統による遅延も含まれているため、それらを事前に測定して補正することが望ましい。現在の電子技術によれば 10 ns 以下の精度で測定可能で、その範囲では安定（温度等による変動は 10 ns 以下）と考えられるため、補正済擬似距離観測のみを用いた場合で 10 ~ 20 ns、補正済擬似距離観測と補正済搬送波位相観測の両方を用いた場合で 10 ns 以下の精度で測位端末 1 の測位端末時計誤差が得られると言える。

30

【0044】

端末位置算出部 13 の処理は繰り返し行い、常に測位端末位置と測位端末時計誤差の値を更新する。その更新周期は例えば 1 秒である。

【0045】

携帯電波受信部 14 は、携帯電話 5 が発する携帯電波を受信する。例えば、携帯電波受信部 14 は、携帯電話 5 が基地局等との通信や基地局の探索等を目的として定期的に発する携帯電波を受信する。

【0046】

40

携帯 ID 判別部 15 は、携帯電波受信部 14 が受信した携帯電波を解析し、電波を復調して得られる携帯電話 5 の端末固有の番号である I M E I (International Mobile Equipment Identity) 等により、携帯電話 5 の携帯 ID を取得する。

【0047】

携帯幾何情報算出部 16 は、端末位置算出部 13 が算出した測位端末時計誤差と携帯電波受信部 14 が受信した携帯電波から、測位端末 1 に対する携帯電話 5 の携帯電話距離または携帯電話方向を算出する。携帯電話距離を算出する場合は、携帯電波受信部 14 で携帯電波を受信した時刻 T_{receive} を記憶しておき、端末位置算出部 13 が算出した測位端末時計誤差で T_{receive} を補正した時刻と、携帯電波を復調して得られる、携帯電話 5 が携帯電波を発信した時刻 T_{transce} [秒] から、次式により携帯電話距

50

離を算出する。

【 0 0 4 8 】

携帯電話距離 [m] = $C \times \{ (T_{r e c e i v e} - T) - T_{t r a n s} \}$

【 0 0 4 9 】

C は光速で例えば 2 9 9 7 9 2 4 5 8 [m / 秒] を用いる。携帯電波が約 1 G H z であり、一般的な C P U の処理速度が数 G H z であることから、瓦礫内でマルチパスの影響を受けても、時刻 $T_{r e c e i v e}$ は数 n s の精度で求められる。ただし携帯電話 5 の時計は、測位端末 1 のように G P S 衛星等の測距信号を用いた時計誤差の補正を行っていない。そのため $T_{t r a n s}$ にバイアスが含まれ、上式で得られる携帯電話距離は実際の距離と大きく異なることが考えられる。携帯電話距離が負の値になる場合も考えられる。この影響は、携帯位置算出部 1 6 の説明に示すように、携帯 I D が同じ 4 つ以上の携帯電話 5 に対する携帯電話距離を用いて携帯電話 5 の時計誤差 $T^{m o b i l e}$ を推定することで、取り除かれる。

10

【 0 0 5 0 】

携帯電話方向を算出する場合は、例えば、非特許文献 2 に示すような技術を用いる。携帯電波受信部 1 4 は、アレイ・アンテナを備え、アレイ・アンテナ用いて指向性ビームによる空間捜査を行うビーム・フォーマ法等を用いて、携帯電話方向を算出する。携帯電話方向は、測位端末 1 の位置において東方向を x 軸、北方向を y 軸、高さ方向を z 軸とした局所水平座標系における方位角 A Z [度] と仰角 E L [度] 等で表現する。

20

【 0 0 5 1 】

基本情報生成部 1 7 は、端末位置算出部 1 3 が算出した測位端末位置と携帯 I D 判別部 1 5 が得た携帯 I D と携帯幾何情報算出部 1 6 が算出した携帯電話距離または携帯電話方向を含む 1 単位の基本情報を生成する。例えば測位端末位置の x , y , z のそれぞれを 1 6 ビットの浮動小数点で表わし、携帯 I D を 3 2 ビットの 2 進数で表わし、携帯電話距離または携帯電話方向の方位角と仰角をそれぞれ 1 6 ビットの浮動小数点で表わす場合、1 単位の基本情報は、それぞれ 9 6 ビット (1 6 × 3 + 3 2 + 1 6) と 1 1 2 ビット (1 6 × 3 + 3 2 + 1 6 × 2) の情報となる。

【 0 0 5 2 】

記憶部 1 8 は、基本情報生成部 1 7 が生成した基本情報を所定のメモリに保存する。メモリは、複数単位の基本情報を保存することができるよう、ハードディスクやフラッシュメモリ等を利用する。

30

【 0 0 5 3 】

携帯位置算出部 1 9 は、記憶部 1 8 に保存されている複数の基本情報のうち、基本情報に含まれる携帯 I D が同じ 2 つ以上の基本情報から、携帯 I D に該当する携帯電話 5 の位置 (以下、携帯電話位置という) を算出する。基本情報に含まれる携帯電話距離を用いる場合、携帯電話距離には携帯電話 5 の時計誤差の影響が含まれているため、3 次元の携帯電話位置に加えて携帯電話 5 の時計誤差も同時に算出するため、携帯 I D が同じ 4 つ以上の基本情報を使用する。

【 0 0 5 4 】

携帯電話距離を用いる場合、例えば数 4 に示すニュートン法により、3 次元の携帯電話位置 $X^{m o b i l e} = \{ x^{m o b i l e}, y^{m o b i l e}, z^{m o b i l e} \}$ と携帯電話 5 の時刻誤差 $T^{m o b i l e}$ を算出する。状態変数を $Z^{m o b i l e} = \{ X^{m o b i l e}, T^{m o b i l e} \}$ とおき、 $Z^{m o b i l e}$ が収束するまでニュートン法による更新を繰り返す。 $T^{m o b i l e}$ を推定パラメータとすることで携帯電話 5 の時計誤差の影響を取り除くことができ、測位端末時計誤差 T および $T_{r e c e i v e}$ の精度に応じた携帯電話位置が得られる。

40

【 0 0 5 5 】

端末位置算出部 1 3 で補正済擬似距離観測量と補正済搬送波位相観測量の両方を用いた場合、測位端末時計誤差 T および $T_{r e c e i v e}$ の誤差は合わせて 1 0 n s 程度であることから、距離換算で 3 m となり、携帯電話位置としては 3 ~ 5 m の精度が期待される

50

。この精度は後述する端末移動計画部 20 の説明で示すとおり、異なる地点からの幾何情報に基づく位置算出を適切に繰り返すことにより、さらに向上（1 m 程度まで）させることができる。

【0056】

収束の目安としては、携帯電話 5 を保有する被災者の位置の特定が可能となるよう、例えばニュートン法の反復前後の位置の差のノルムが 1 m 以下となることを条件とする。

【0057】

【数 4】

$$Z_{i+1}^{\text{mobile}} = Z_i^{\text{mobile}} - \nabla_Z F^{-1}(Z_i^{\text{mobile}}) \cdot F(Z_i^{\text{mobile}}) \quad 10$$

【0058】

F は携帯電話距離、状態変数、測位端末位置で表わされる関数であり、使用する基本情報の数と同じ数の行を持つ行ベクトルである。 $_Z F$ 、F の状態量ベクトル Z に関する微分を示す。

【0059】

【数 5】

$$F = \begin{bmatrix} R_1 - \sqrt{(x_1 - x^{\text{mobile}})^2 + (y_1 - y^{\text{mobile}})^2 + (z_1 - z^{\text{mobile}})^2} - c \cdot \delta T^{\text{mobile}} \\ R_2 - \sqrt{(x_2 - x^{\text{mobile}})^2 + (y_2 - y^{\text{mobile}})^2 + (z_2 - z^{\text{mobile}})^2} - c \cdot \delta T^{\text{mobile}} \\ R_3 - \sqrt{(x_3 - x^{\text{mobile}})^2 + (y_3 - y^{\text{mobile}})^2 + (z_3 - z^{\text{mobile}})^2} - c \cdot \delta T^{\text{mobile}} \\ R_4 - \sqrt{(x_4 - x^{\text{mobile}})^2 + (y_4 - y^{\text{mobile}})^2 + (z_4 - z^{\text{mobile}})^2} - c \cdot \delta T^{\text{mobile}} \\ \vdots \end{bmatrix} \quad 20$$

【0060】

R_i は、使用する基本情報のうち i 番目の基本情報に含まれる携帯電話距離、 x_i , y_i , z_i は、使用する基本情報のうち i 番目の基本情報に含まれる測位端末位置である（ $i = 1, 2, 3, 4 \dots$ ）。携帯電話距離の長さに応じて各基本情報に重みを付け、重み付きのニュートン法を用いてもよい。

【0061】

基本情報に含まれる携帯電話方向を用いる場合は、携帯 ID が同じ 2 つ以上の基本情報を使用する。携帯電話方向を用いる場合、例えば数 6 に示すニュートン法により、3 次元の携帯電話位置 $X^{\text{mobile}} = \{x^{\text{mobile}}, y^{\text{mobile}}, z^{\text{mobile}}\}$ を算出する。状態変数を $Z^{\text{mobile}} = X^{\text{mobile}}$ とおき、 Z^{mobile} が収束するまでニュートン法による更新を繰り返す。収束の目安としては、携帯電話 5 を保有する被災者の位置の特定が可能となるよう、例えばニュートン法の反復前後の位置の差のノルムが 1 m 以下となることを条件とする。

【0062】

【数 6】

$$Z_{i+1}^{\text{mobile}} = Z_i^{\text{mobile}} - \nabla_Z F^{-1}(Z_i^{\text{mobile}}) \cdot F(Z_i^{\text{mobile}}) \quad 40$$

【0063】

F は携帯幾何情報算出部 16 が算出した携帯電話方向を WGS 84 等の地球固定座標系に変換した携帯電話方向、状態変数、測位端末位置で表わされる関数であり、使用する基

本情報の数と同じ数の行を持つ行ベクトルである。

【 0 0 6 4 】

【 数 7 】

$$F = \begin{bmatrix} \sqrt{(x_1 - x^{\text{mobile}})^2 + (y_1 - y^{\text{mobile}})^2 + (z_1 - z^{\text{mobile}})^2} \sin EL_1^{\text{ECEF}} - (z_1 - z^{\text{mobile}}) \\ \sqrt{(x_1 - x^{\text{mobile}})^2 + (y_1 - y^{\text{mobile}})^2} \cos AZ_1^{\text{ECEF}} - (x_1 - x^{\text{mobile}}) \\ \sqrt{(x_2 - x^{\text{mobile}})^2 + (y_2 - y^{\text{mobile}})^2 + (z_2 - z^{\text{mobile}})^2} \sin EL_2^{\text{ECEF}} - (z_2 - z^{\text{mobile}}) \\ \sqrt{(x_2 - x^{\text{mobile}})^2 + (y_2 - y^{\text{mobile}})^2} \cos AZ_2^{\text{ECEF}} - (x_2 - x^{\text{mobile}}) \\ \vdots \end{bmatrix} \quad 10$$

【 0 0 6 5 】

携帯電話方向を、測位端末 1 の位置における局所水平座標系で表わした場合は、 EL_i^{ECEF} と AZ_i^{ECEF} は使用する基本情報のうち i 番目の基本情報に含まれる携帯電話方向の仰角 (EL) と方位角 (AZ) を、局所水平座標系から地球固定座標系から見た方向に変換した方向の仰角と方位角となる ($i = 1, 2, \dots$)。 x_i, y_i, z_i は、使用する基本情報のうち i 番目の基本情報に含まれる測位端末位置である ($i = 1, 2, \dots$)。携帯電話方向に応じて、また携帯幾何情報算出部 16 で同時に携帯電話距離も得られる場合には携帯電話距離の長さに応じて、各基本情報に重みを付け、重み付きのニュートン法を用いてもよい。

20

【 0 0 6 6 】

携帯位置算出部 19 は、携帯 ID と算出した携帯電話位置とを含む、1 単位の携帯位置情報を生成する。

【 0 0 6 7 】

記憶部 18 は、携帯位置算出部 19 が生成した携帯位置情報を所定のメモリに保存する。メモリは、複数単位の携帯位置情報を保存することができるよう、ハードディスクやフラッシュメモリ等を利用する。

【 0 0 6 8 】

端末移動計画部 20 は、記憶部 18 に保存されている基本情報と、携帯位置情報との、いずれかまたは両方を用いて、次に携帯電波を受信する地点を算出する。端末移動計画部 20 は、算出した次に携帯電波を受信する地点を目的地として、測位端末位置の最新値から測位端末 1 を誘導する移動計画データを生成する。

30

【 0 0 6 9 】

まず、基本情報のみを用い、基本情報として携帯 ID が同じ携帯電話 5 の携帯電話距離を用いる場合の、計画指針の例を示す。記憶部 18 に保存されている基本情報が 1 つである場合、携帯電話 5 の位置 (以下、携帯電話位置という) は、基本情報に含まれる測位端末位置を中心とした、半径が携帯電話距離の球面上となる。ただし前述の通り T_{trans} に含まれるバイアスのため、携帯電話距離が実際の距離と大きく異なる場合があり、基本情報 1 つのみでは有意な情報を与えない。そのため基本情報として携帯電話距離を用いる場合は、基本情報が 1 つのみの場合には、次の携帯電波受信の機会までできるだけ遠くまで測位端末 1 を移動させる移動計画データを生成することが考えられる。

40

【 0 0 7 0 】

図 3 は、実施の形態 1 に係る双曲面の一例を示す図である。2 つの基本情報が得られれば、 T_{trans} に依らず 2 つの地点に対する携帯電話距離の差分が計算可能となり、携帯電話位置 AP はその差分が一定の面上となる。図 3 に示すように、2 つの基本情報にそれぞれ含まれる測位端末位置 P1 および P2 に対する距離の差分が一定の面は、双曲面 H をなす。実際には差分に誤差が含まれていることから、より正確には、携帯電話位置 AP は双曲面 H に対し誤差分だけの厚みを考慮した層の中となる。従ってその層の厚みの影響

50

を低減するために、次に携帯電波を受信する3地点目としては、すでに存在する双曲面Hに対して新たに生成される双曲面ができるだけ垂直に交差するような地点を選択することが望ましい。

【0071】

ここで通常は被災地域の水平方向の距離スケールに対して垂直方向のスケールが小さいと考えられることから、垂直方向を無視し、経度と緯度をx軸y軸とした局所的な水平面に双曲面を投影して得られる双曲線を考える。

【0072】

図4は、実施の形態1に係る計画手法の一例を示す図である。3地点目の選択の指針の1つとしては、その水平面での2地点のうち、携帯電話位置APに近い方の地点から、双曲線の漸近線に平行な直線(図中、一点鎖線)を2本引き、そのいずれかの線上の点を選択することが挙げられる(図中、候補点PAまたはPB)。候補点PAおよびPBは、例えば、漸近線に平行な直線上の、次の携帯電波受信の機会までに移動できる地点とする。

【0073】

図4に候補点PAを選んだ場合の双曲面HAおよび候補点PBを選んだ場合の双曲面HBを示す。いずれの候補点を選択した場合も2つの双曲線(従って双曲面も)間の高い垂直度が得られる。特に実際の携帯位置に近い側の直線上の点(候補点PA)を選択した場合は、携帯電話位置APによっては、ほぼ直角に交わる2つの双曲面HおよびHAが得られる。

【0074】

3地点からの携帯電話距離を算出すると、携帯電話位置APは、2つの双曲面の交線に対し距離の誤差分を考慮した厚みのある層の中まで絞り込まれる。4地点目から携帯電話距離を得ることにより、携帯電話位置APの推定値は一点に決まり、携帯電話位置APはその一点に対し誤差分を考慮した領域内に絞り込まれる。

【0075】

ここでその領域の大きさをできるだけ小さくする(すなわち測位精度をできるだけ高める)ような、4地点目の場所を選択する。4地点目の選択の指針の1つとしては、例えば衛星測位で用いる指標であるPDOP(Position Dilution Of Precision)を用いる。PDOPは衛星測位において測位を行う受信機に対する測位衛星4の幾何学的配置の悪さを示す指標であり、値が小さいほどよい。被災者の携帯電話5を受信機、測位端末1を測位衛星に見立てると、携帯電話位置を $X^{mobile} = \{x^{mobile}, y^{mobile}, z^{mobile}\}$ 、携帯電話位置の算出に用いる測位端末1の位置を X^1, X^2, X^3, X^4 ($X^i = x^i, y^i, z^i$)とすると、携帯電話位置の算出におけるPDOPは次式で表わされる。

【0076】

【数8】

$$PDOP = \sqrt{q_{XX} + q_{YY} + q_{ZZ}}$$

【0077】

10

20

30

40

【数 9】

$$Q = (\nabla_Z F^T \cdot \nabla_Z F)^{-1} = \begin{bmatrix} q_{XX} & q_{XY} & q_{XZ} & q_{Xt} \\ q_{XY} & q_{YY} & q_{YZ} & q_{Yt} \\ q_{XZ} & q_{YZ} & q_{ZZ} & q_{Zt} \\ q_{Xt} & q_{Yt} & q_{Zt} & q_{tt} \end{bmatrix} \quad 10$$

【0078】

【数 10】

$$F = \begin{bmatrix} \sqrt{(x_1 - x^{\text{mobile}})^2 + (y_1 - y^{\text{mobile}})^2 + (z_1 - z^{\text{mobile}})^2} + c \cdot \delta T^{\text{mobile}} \\ \sqrt{(x_2 - x^{\text{mobile}})^2 + (y_2 - y^{\text{mobile}})^2 + (z_2 - z^{\text{mobile}})^2} + c \cdot \delta T^{\text{mobile}} \\ \sqrt{(x_3 - x^{\text{mobile}})^2 + (y_3 - y^{\text{mobile}})^2 + (z_3 - z^{\text{mobile}})^2} + c \cdot \delta T^{\text{mobile}} \\ \sqrt{(x_4 - x^{\text{mobile}})^2 + (y_4 - y^{\text{mobile}})^2 + (z_4 - z^{\text{mobile}})^2} + c \cdot \delta T^{\text{mobile}} \end{bmatrix} \quad 20$$

【0079】

一方、携帯電話位置 x^{mobile} は得られていないため、3地点目の選択時と同様に経度と緯度を x 軸 y 軸とした局所的な水平面を考え、その水平面と2つの双曲面の交線との交点を携帯電話位置の概略位置とし、 x^1 、 x^2 、 x^3 はすでに携帯電話距離算出を行った3地点目の座標値（基本情報に測位端末位置として保存されている値）とし、PDOPを最小とする座標値 $x^4 = (x^4, y^4, z^4)$ を求め、これを4地点目とし、次に携帯電波を受信する地点として定める。

30

【0080】

PDOPの代わりに、水平方向の精度を優先する場合にはHDOP (Horizontal Dilution Of Precision) を、垂直方向の精度を優先する場合にはVDOP (Vertical Dilution Of Precision) を指標として用いることも考えられる。ただし、端末移動計画部20は、測位端末1が移動できる範囲に応じて、異なる指標の選択や、地点算出結果に応じた次に携帯電波を受信する地点の決定を行う。

【0081】

PDOPは、記憶部18に保存されている携帯位置情報に基づく移動計画の指標にも使用することができる。すなわちすでに4つ以上の携帯電話距離から携帯電話位置の算出が完了している携帯電話5について、追加で携帯電話距離の観測を行うことで位置精度の向上を行う。4つ以上の携帯電話距離から携帯電話位置の算出が完了した直後の携帯電話位置は、必ずしも幾何学的に良好な地点から計測した携帯電話距離に基づいてはならず、最良の精度が得られていない。そこで4つ以上の携帯電話距離から得られた携帯電話位置を x^{mobile} とし、5地点目からの観測を考慮したPDOPを最小化する $x^5 = (x^5, y^5, z^5)$ を求め、これを5地点目とし、次に携帯電波を受信する地点として定める。この場合、行ベクトル F は次式で表わされる。

40

【0082】

【数 1 1】

$$F = \begin{bmatrix} \sqrt{(x_1 - x^{\text{mobile}})^2 + (y_1 - y^{\text{mobile}})^2 + (z_1 - z^{\text{mobile}})^2} + c \cdot \delta T^{\text{mobile}} \\ \sqrt{(x_2 - x^{\text{mobile}})^2 + (y_2 - y^{\text{mobile}})^2 + (z_2 - z^{\text{mobile}})^2} + c \cdot \delta T^{\text{mobile}} \\ \sqrt{(x_3 - x^{\text{mobile}})^2 + (y_3 - y^{\text{mobile}})^2 + (z_3 - z^{\text{mobile}})^2} + c \cdot \delta T^{\text{mobile}} \\ \sqrt{(x_4 - x^{\text{mobile}})^2 + (y_4 - y^{\text{mobile}})^2 + (z_4 - z^{\text{mobile}})^2} + c \cdot \delta T^{\text{mobile}} \\ \sqrt{(x_5 - x^{\text{mobile}})^2 + (y_5 - y^{\text{mobile}})^2 + (z_5 - z^{\text{mobile}})^2} + c \cdot \delta T^{\text{mobile}} \end{bmatrix} \quad 10$$

【0083】

さらに一般には、位置計測は、計測を複数回繰り返すことにより、精度が向上できることが知られている。個々の携帯電話5について、携帯電話距離に基づく携帯位置計測において、4つの基本情報を1セットとして携帯電話位置を求め、さらに追加で4つの別の基本情報を得てそれらを1セットとして携帯電話位置を求めることが考えられる。この場合、2セットの基本情報から得られた携帯電話位置を、例えばそれらのPDOPの逆数で重みづけを行って平均化することにより、単一のセットで求めた場合よりも位置精度を向上することができる。例えば、単一のセットでは3～5mであった位置精度が2～3セットの繰り返しにより1m程度までに向上することが期待できる。

20

【0084】

すなわち実施の形態1における救難救助支援システムでは、実際には複数の携帯電話5からの携帯電波を受信し、それらから次々に基本情報を生成し、個々の携帯電話5の位置を算出していく。携帯電話5が複数存在する場合には、端末移動計画部20で次に携帯電波を受信する地点を算出する際、例えば個々の携帯電話位置 x^{mobile} から計算したPDOPの重み付き和を最小化することにより、重みに応じて位置算出精度の低い携帯電話5の精度を優先して向上させたい場合や、全ての携帯電話5の位置精度を均一に向上させたい場合に対応することができる。

30

【0085】

また基本情報が不足している携帯電話5を優先（例えば前述の双曲面が1つしかない携帯電話）させたい場合にも対応することができる。計測を繰り返すことで、すでに位置が定まった携帯電話についても、位置精度を向上することができ、その目的に応じて、様々な重み付けによる移動計画データを生成することが可能である。

【0086】

端末誘導部21は、端末移動計画部20から受け取った移動計画データを表示装置等29に出力して、測位端末1を誘導する。

【0087】

例えば、次に携帯電波を受信する地点と最新の測位端末位置と携帯位置情報とを表示する移動計画データを表示装置に表示させることで、移動車両2の運転者は、表示装置に表示された移動計画データに従って、移動車両2を移動させればよいので、搜索効率の向上が期待できる。あるいは、次に携帯電波を受信する地点と、最新の測位端末位置とを含む移動計画データを移動車両2の駆動制御装置に出力し、移動計画データに従って、移動車両2を自動で移動させてもよい。

40

【0088】

移動計画データは、表示を見易くするため、例えばWGS84等の地球固定座標系に対して求めた3次元の測位端末位置から、測位端末位置を原点とした東方向をx軸、北方向をy軸、高さ方向をz軸とした局所水平座標系における次に携帯電波を受信する地点およ

50

び携帯電話位置を表示してもよいし、例えばWGS 84等の地球固定座標系に対して求めた3次元の測位端末位置と携帯電話位置をそれぞれ緯度、経度、高度に変換して表示してもよい。

【0089】

図5は、実施の形態1に係る移動車両の一例を示す図である。移動車両2は、測位端末1を搭載し、測位衛星4が発信する測距信号を受信する測距信号受信アンテナ201と、多機能測位衛星3から誤差補正情報を受信する誤差補正情報受信アンテナ202と、携帯電話5が発する携帯電波を受信する携帯電波受信アンテナ203と、携帯位置情報を表示する表示モニタ204とを備える。表示モニタ204は、測位端末1が備えてもよい。測距信号受信アンテナ201、誤差補正情報受信アンテナ202、携帯電波受信アンテナ203および表示モニタ204と、測位端末1とは接続されている。

10

【0090】

測距信号受信アンテナ201は、受信した測距信号を測距信号受信部11に送る。誤差補正情報受信アンテナ202は、受信した誤差補正情報を誤差補正情報受信部12に送る。携帯電波受信アンテナ203は、受信した携帯電波を携帯電波受信部14に送る。端末誘導部21は、移動計画データを表示モニタ204に出力して、表示させる。

【0091】

また、移動車両2の形態としては、車両の他、ヘリコプタ等の飛行体でもよいし、リモートコントロール可能な車両や飛行体であってもよい。測位端末1は、コンパクトで持ち運び可能な機器として、人間が持ち歩いて使用してもよい。

20

【0092】

図6は、実施の形態1に係る表示画面の一例を示す図である。図6の表示画面は、表示モニタ204に局所水平座標系における現在地点241と次に携帯電波を受信する地点242と携帯電話位置243を含む移動計画データを表示した例である。図6の例では、矢印は進行方向を示している。

【0093】

携帯電話位置243は、記憶部18に保存された全て携帯IDに対応する携帯電話位置をすべて表示してもよいし、測位端末1からの距離が一定以下の携帯電話位置を表示してもよい。また携帯電話5を所持する被災者を救助できた場合には、その被災者が所持する携帯電話位置243の表示を手動で消す等の機能を追加してもよい。

30

【0094】

高精度な測位端末位置と、携帯位置算出部19が算出した携帯電話位置から、移動しながらも現在地に対する、被災者が所持する携帯電話5の位置がリアルタイムに、直感的な表示によって把握することができ、被災者の迅速な救助を可能になる。

【0095】

図7は、実施の形態1に係る端末位置算出処理の動作の一例を示すフローチャートである。図7に示す端末位置算出処理は、例えば測位端末1に電源が投入されると開始する。

【0096】

測位端末1の測距信号受信部11は、測位衛星4が発信する測距信号を受信しない場合(ステップS11; NO)、ステップS11を繰り返し、測距信号の受信を待機する。測距信号を受信した場合(ステップS11; YES)、測距信号受信部11は、測距信号から、測位衛星4に対する擬似距離観測量、搬送波位相観測量、および、航法メッセージを取得する(ステップS12)。また、測距信号は複数のGPS衛星等の測位衛星4から同時に受信し、測距信号受信部11は、その受信時刻を記録する(ステップS13)。

40

【0097】

誤差補正情報受信部12は、多機能測位衛星3から誤差補正情報を受信しない場合(ステップS14; NO)、ステップS14を繰り返し、誤差補正情報の受信を待機する。誤差補正情報を受信した場合(ステップS14; YES)、誤差補正情報受信部12は、誤差補正情報から、測距信号受信部11が取得した各測位衛星4に対する擬似距離観測量や搬送波位相観測量に含まれる誤差を補正するための擬似距離補正量や搬送波位相補正量を

50

算出する（ステップS15）。

【0098】

端末位置算出部13は、測距信号受信部11が取得した4基以上の測位衛星4に対する擬似距離観測量や搬送波位相観測量を、誤差補正情報受信部12が算出した測位衛星に対する擬似距離補正量や搬送波位相補正量と、航法メッセージに含まれる衛星時計誤差で補正し、測位衛星に対する補正済擬似距離観測量PRや補正済搬送波位相観測量CPを算出する（ステップS16）。

【0099】

次に、端末位置算出部13は、補正済擬似距離観測量PRや補正済搬送波位相観測量CPを用い、測位端末1の位置、速度、および、時計誤差を算出する（ステップS17）。 10

【0100】

電源がOFFになっていなければ（ステップS18；NO）、処理はステップS11に戻り、ステップS11～ステップS18を繰り返す。電源がOFFになると（ステップS18；YES）、処理を終了する。

【0101】

図8は、実施の形態1に係る携帯位置算出処理の動作の一例を示すフローチャートである。図8に示す携帯位置算出処理は、例えば測位端末1に電源が投入されると開始する。

【0102】

測位端末1の携帯電波受信部14は、携帯電話5が発する携帯電波を受信しない場合（ステップS21；NO）、ステップS21を繰り返し、携帯電波の受信を待機する。携帯電波を受信した場合（ステップS21；YES）、携帯ID判別部15は、携帯電波受信部14が受信した携帯電波を解析し、携帯電話5の携帯IDを取得する（ステップS22）。 20

【0103】

携帯幾何情報算出部16は、端末位置算出処理で端末位置算出部13が算出した測位端末時計誤差と携帯電波受信部14が受信した携帯電波から、測位端末1に対する携帯電話5の携帯電話距離または携帯電話方向を算出する（ステップS23）。

【0104】

基本情報生成部17は、端末位置算出処理で端末位置算出部13が算出した測位端末位置と携帯ID判別部15が得た携帯IDと携帯幾何情報算出部16が算出した携帯電話距離または携帯電話方向とを含む1単位の基本情報を生成する（ステップS24）。記憶部18は、基本情報生成部17が生成した基本情報を所定のメモリに保存する（ステップS25）。 30

【0105】

携帯位置算出部19は、記憶部18に保存されている複数の基本情報のうち、基本情報に含まれる携帯IDが同じ2つ以上の基本情報から、携帯IDに該当する携帯電話位置を算出する（ステップS26）。携帯位置算出部19は、携帯IDと算出した携帯電話位置とを含む、1単位の携帯位置情報を生成する（ステップS27）。記憶部18は、携帯位置算出部19が生成した携帯電話位置を所定のメモリに保存する（ステップS28）。 40

【0106】

電源がOFFになっていなければ（ステップS29；NO）、処理はステップS21に戻り、ステップS21～ステップS29を繰り返す。電源がOFFになると（ステップS29；YES）、処理を終了する。

【0107】

図9は、実施の形態1に係る端末誘導処理の動作の一例を示すフローチャートである。図9に示す端末誘導処理は、例えば測位端末1に電源が投入されると開始する。

【0108】

端末移動計画部20は、携帯位置算出処理で記憶部18に保存された基本情報と、携帯位置情報との、いずれかまたは両方を用いて、次に携帯電波を受信する地点を算出する（ステップS31）。 50

【 0 1 0 9 】

端末移動計画部 2 0 は、算出した次に携帯電波を受信する地点を目的地として、測位端末位置の最新値から測位端末 1 を誘導する移動計画データを生成する（ステップ S 3 2）。端末誘導部 2 1 は、移動計画データを表示装置等 2 9 に出力して、測位端末 1 を誘導する（ステップ S 3 3）。

【 0 1 1 0 】

電源が O F F になっていなければ（ステップ S 3 4；N O）、処理はステップ S 3 1 に戻り、ステップ S 3 1～ステップ S 3 4 を繰り返す。電源が O F F になると（ステップ S 3 4；Y E S）、処理を終了する。

【 0 1 1 1 】

以上説明したように実施の形態 1 の救難救助支援システム 1 0 0 によれば、被災者の早期の位置特定を可能とする次に携帯電波を受信する最良の計測点を定める移動計画データを出力することで、捜索者が闇雲に被災地域を探索することなく、定期的に発信される携帯電波を有効に用い、短時間で被災者の位置を絞り込むことができる。被災者の衰弱、二次災害の可能性、被災者の携帯電話 5 の電池切れによる通信手段の喪失の可能性等、一刻を争う被災現場において、被災者の早期の救助が実現できる。

【 0 1 1 2 】

また、携帯電話 5 の電波を利用して被災者との距離を計測することで、G P S 信号の届かない建物内や瓦礫の下にいる被災者の位置情報が取得できる。また準天頂衛星等の多機能測位衛星 3 が配信する誤差補正情報を利用することにより、被災者の探索に用いる測位端末位置と測位端末時計誤差がリアルタイム（誤差補正情報の受信開始から 1 分以内）に高精度（位置：センチメートル級、時計：1 0 n s）に得られるため、携帯電話の電波を利用して得られる距離の精度（3 m 程度）に応じた、被災者の位置特定に必要な精度の位置情報が得られる。さらに構成要素には地上インフラが含まれず、測位端末 1 の他は、地上で発生した災害の影響を受けない宇宙インフラである準天頂衛星等の多機能測位衛星 3 のみを含むため、本発明は周辺の地上インフラの被災状況によらず利用可能である。

【 0 1 1 3 】

以上より、地震等の災害発生した場合に、基地局等の周辺の地上インフラが利用できないような場合においても、G P S 信号の届かない建物内や瓦礫の下にいる被災者の位置情報を、被災者が保有する携帯電話 5 の機能を活用して迅速かつ正確に収集することが可能になる。

【 0 1 1 4 】

例えば、この測位端末 1 を自家用車等に搭載することにより、災害発生時に地上インフラに頼ることなく、G P S と準天頂衛星等の多機能測位衛星 3 のみを利用して被災者を捜索するシステムが構築できる。またヘリコプタに搭載することにより、空中からの高効率な捜索が可能である。測位端末 1 を持って被災地域を歩き回ること、被災者の位置情報を収集することも可能である。

【 0 1 1 5 】

（実施の形態 2）

図 1 0 は、本発明の実施の形態 2 に係る測位端末の構成例を示すブロック図である。実施の形態 2 の救難救助支援システム 2 0 0 は、実施の形態 1 の救難救助支援システム 1 0 0 と同様の構成であるが、測位端末 1 の構成が異なる。また、救難救助支援システム 2 0 0 における測位端末 1 は 2 台以上であり、他の測位端末 1 と通信可能である。

【 0 1 1 6 】

実施の形態 2 の測位端末 1 は、実施の形態 1 の測位端末 1 の構成に加え、他の測位端末 1 と通信可能な通信部 2 2 を備える。

【 0 1 1 7 】

通信部 2 2 は、記憶部 1 8 に保存されている基本情報を、無線等を用いて他の測位端末 1 に送信する。通信部 2 2 は、他の測位端末 1 から基本情報を受信すると、記憶部 1 8 に保存する。同様に、通信部 2 2 は、記憶部 1 8 に保存されている携帯位置情報を、無線等

10

20

30

40

50

を用いて他の測位端末 1 に送信する。通信部 2 2 は、他の測位端末 1 から携帯位置情報を受信すると、記憶部 1 8 に保存する。

【 0 1 1 8 】

携帯位置算出部 1 9 は、記憶部 1 8 に保存されている、自身の測位端末 1 の基本情報および他の測位端末 1 から取得した基本情報に基づいて、携帯電話位置を算出する。

【 0 1 1 9 】

端末移動計画部 2 0 は、記憶部 1 8 に保存されている、自身の測位端末 1 の基本情報および他の測位端末 1 から取得した基本情報と、自身の測位端末 1 が算出した携帯位置情報および他の測位端末 1 から取得した携帯位置情報と、のいずれかまたは両方を用いて、次に携帯電波を受信する地点を算出する。

10

【 0 1 2 0 】

実施の形態 2 のその他の構成は、実施の形態 1 と同様である。

【 0 1 2 1 】

実施の形態 2 の救難救助支援システム 2 0 0 によれば、複数の測位端末 1 を利用することにより、幾何学的に異なる方向から携帯電話距離または携帯電話方向を計測するために個々の測位端末 1 が移動しなければならない距離が短くて済み、災害発生により路面状況が悪い場合でも一定の探索効率が確保できる。さらに幾何学的に異なる複数の方向から、携帯電話 5 が同時刻に発した携帯電波を受信して基本情報を生成することにより、携帯電話 5 の時刻誤差の変動の影響が無視でき、携帯電話の時刻誤差の変動が早い場合にも、精度が低下することなく携帯電話位置を算出することができる。

20

【 0 1 2 2 】

(実施の形態 3)

図 1 1 は、本発明の実施の形態 3 に係る測位端末の構成例を示すブロック図である。実施の形態 3 の救難救助支援システム 3 0 0 は、実施の形態 2 の救難救助支援システム 2 0 0 と同様の構成であるが、測位端末 1 の記憶部 1 8 は、自身の測位端末 1 を識別する端末 ID を記憶している。

【 0 1 2 3 】

通信部 2 2 は、記憶部 1 8 に保存されている基本情報および携帯位置情報に加えて、記憶部 1 8 が記憶している端末 ID と、端末位置算出部 1 3 が算出した測位端末位置の最新値とを対応付けた最新位置情報を、無線等を用いて他の測位端末 1 に送信する。通信部 2 2 は、他の測位端末 1 から最新位置情報を受信すると、端末移動計画部 2 0 に送る。

30

【 0 1 2 4 】

端末移動計画部 2 0 は、記憶部 1 8 に保存されている自身の測位端末 1 の基本情報および他の測位端末 1 から取得した基本情報と、自身の測位端末 1 が算出した携帯位置情報および他の測位端末 1 から取得した携帯位置情報と、のいずれかまたは両方を用いて、自身の測位端末 1 と他の測位端末 1 のそれぞれについて次に携帯電波を受信する地点を算出する。

【 0 1 2 5 】

端末移動計画部 2 0 は、実施の形態 1 や実施の形態 2 の場合と異なり、単一の測位端末 1 ではなく、複数台の測位端末 1 を同時に考慮して移動計画データを生成する。一例として、複数の携帯電話 5 に対する重み付きの P D O P に基づいて次に携帯電波を受信する位置を算出する場合を示す。

40

【 0 1 2 6 】

測位端末 1 の台数を M 、携帯電話 5 の台数を K とする。測位端末 $1\ i$ ($i = 1 \dots M$) が次に携帯電波を受信する位置を $X\ i = \{ x\ i, y\ i, z\ i \}$ とし、個々の携帯電話 $5\ k$ ($k = 1 \dots K$) について概略位置を $X\ m o b i l e_k$ 、その携帯電話位置を算出するために既に収集した 1 セットの基本情報に含まれる基本情報の個数を $n\ k$ とすると、 $Z = \{ X\ 1, X\ 2, \dots, X\ M \}$ を変数として、以下に示す評価関数 J を最小化する。

【 0 1 2 7 】

【数 1 2】

$$J = \sum_{k=1}^K w_k \cdot \text{PDOP}_k$$

【0 1 2 8】

【数 1 3】

$$\text{PDOP}_k = \sqrt{Q_{11}^k + Q_{22}^k + Q_{33}^k}$$

10

【0 1 2 9】

【数 1 4】

$$Q^k = (\nabla_Z F_k^T \cdot \nabla_Z F_k)^{-1}$$

【0 1 3 0】

【数 1 5】

$$F_k = \begin{bmatrix} \sqrt{(x_1^k - x^{\text{mobile_}k})^2 + (y_1^k - y^{\text{mobile_}k})^2 + (z_1^k - z^{\text{mobile_}k})^2} + c \cdot \delta T^{\text{mobile_}k} \\ \vdots \\ \sqrt{(x_{n_k}^k - x^{\text{mobile_}k})^2 + (y_{n_k}^k - y^{\text{mobile_}k})^2 + (z_{n_k}^k - z^{\text{mobile_}k})^2} + c \cdot \delta T^{\text{mobile_}k} \\ \sqrt{(x^1 - x^{\text{mobile_}k})^2 + (y^1 - y^{\text{mobile_}k})^2 + (z^1 - z^{\text{mobile_}k})^2} + c \cdot \delta T^{\text{mobile_}k} \\ \vdots \\ \sqrt{(x^M - x^{\text{mobile_}k})^2 + (y^M - y^{\text{mobile_}k})^2 + (z^M - z^{\text{mobile_}k})^2} + c \cdot \delta T^{\text{mobile_}k} \end{bmatrix}$$

20

30

【0 1 3 1】

($j = 1 \dots n_k$) は携帯電話 5 k の位置算出を行う 1 セットの基本情報に含まれる測位端末位置を示す。 w_k は重みである。

【0 1 3 2】

また他の一例として、一部の測位端末 1 は基本情報が不足している携帯電話 5 (例えば前述の双曲面が 1 つしかない携帯電話) を優先し、残りの測位端末 1 はすでに概略位置が求められている携帯電話 5 の位置精度を向上することを優先する、という組み合わせも可能である。

【0 1 3 3】

40

端末移動計画部 2 0 は、各測位端末 1 について、算出した次に携帯電波を受信する地点を目的地として、測位端末位置の最新値から測位端末 1 を誘導する、端末 ID ごとの移動計画データを生成する。

【0 1 3 4】

通信部 2 2 はさらに、端末移動計画部 2 0 が生成した端末 ID ごとの移動計画データを他の測位端末 1 に送信してもよい。この場合、通信部 2 2 は、他の測位端末 1 から端末 ID ごとの移動計画データを受信し、端末誘導部 2 1 に送る。

【0 1 3 5】

端末誘導部 2 1 は、端末移動計画部 2 0 または通信部 2 2 から受け取った端末 ID ごとの移動計画データのうち記憶部 1 8 に記憶している自身の測位端末 1 の端末 ID の移動計

50

画データを表示装置等 29 に出力する。これによれば、自身の測位端末 1 で、移動計画データを生成できなかった場合などに、他の測位端末 1 で生成された移動計画データを利用できる。

【0136】

実施の形態 3 のその他の構成は、実施の形態 2 と同様である。

【0137】

以上説明したように実施の形態 3 の救難救助支援システム 300 によれば、システム全体で取得した基本情報や携帯位置情報、および複数台の測位端末 1 の位置情報を同時に考慮して移動計画データを生成するため、各測位端末 1 で個別に移動計画データを生成する場合と比較して、より良い移動計画データが得られ、短時間の検索でより高精度な被災者の位置算出が期待できる。

10

【0138】

(実施の形態 4)

図 12 は、本発明の実施の形態 4 に係る測位端末の構成例を示すブロック図である。実施の形態 4 の救難救助支援システム 400 は、実施の形態 3 の救難救助支援システム 300 のすべての測位端末 1 の端末移動計画部 20 の機能を別途設けたサーバ 6 が備える構成である。救難救助支援システム 400 の測位端末 1 は、端末移動計画部 20 を備えない。

【0139】

測位端末 1 の通信部 22 は、記憶部 18 に保存されている基本情報および携帯位置情報に加えて、記憶部 18 が記憶している端末 ID と、端末位置算出部 13 が算出した測位端末位置の最新値とを対応付けた最新位置情報とを、無線等を用いてサーバ 6 に送信する。

20

【0140】

サーバ 6 は、通信部 61 と記憶部 62 と端末移動計画部 63 を備える。通信部 61 は、測位端末 1 から基本情報、携帯位置情報および最新位置情報を受信する。記憶部 62 は、通信部 61 が受信した、すべての測位端末 1 の基本情報、携帯位置情報および最新位置情報を所定のメモリに保存する。メモリは、複数単位の基本情報および携帯位置情報を保存することができるよう、ハードディスクやフラッシュメモリ等を利用する。

【0141】

端末移動計画部 63 は、記憶部 62 に保存されている基本情報と携帯位置情報と、のいずれかまたは両方を用いて、それぞれの測位端末 1 について次に携帯電波を受信する地点を算出する。端末移動計画部 63 は、各測位端末 1 について、算出した次に携帯電波を受信する地点を目的地として、測位端末位置の最新値から測位端末 1 を誘導する、端末 ID ごとの移動計画データを生成する。

30

【0142】

通信部 61 は、端末移動計画部 63 が生成した移動計画データを該当する端末 ID の測位端末 1 に送信する。

【0143】

測位端末 1 の通信部 22 は、サーバ 6 から移動計画データを受信し、端末誘導部 21 に送る。端末誘導部 21 は、受け取った移動計画データを表示装置等 29 に出力して、測位端末 1 を誘導する。

40

【0144】

以上説明したように実施の形態 4 の救難救助支援システム 400 によれば、次に携帯電波を受信する地点を算出し、移動計画データの生成する処理をサーバ 6 で行うことにより、移動型高精度測位端末よりも高いスペックの計算環境が期待でき、より計算負荷の高い数学的に優れたアルゴリズムが適用できる。これにより、測位端末 1 で移動計画データを生成する場合よりも、アルゴリズムに応じて良い移動計画データが得られ、短時間の検索でより高精度な被災者の位置算出が期待できる。

【0145】

(実施の形態 5)

図 13 は、本発明の実施の形態 5 に係る測位端末の構成例を示すブロック図である。実

50

施の形態 5 の救難救助支援システム 500 は、実施の形態 1 の救難救助支援システム 100 の構成に加え、センタ 7 を備える。また、救難救助支援システム 500 における測位端末 1 は 2 台以上である。

【0146】

救難救助支援システム 500 の測位端末 1 は、実施の形態 1 の測位端末 1 の構成に加え、多機能測位衛星 3 に情報を伝送可能な携帯位置情報送信部 23 を備える。また、記憶部 18 は、自身の測位端末 1 を識別する端末 ID を記憶している。

【0147】

携帯位置情報送信部 23 は、記憶部 18 が保存している携帯位置情報を多機能測位衛星 3 に伝送する。多機能測位衛星 3 への携帯位置情報の伝送には、多機能測位衛星 3 の双方向通信機能を利用する。例えば 3 次元の携帯位置情報をそれぞれ 16 ビットの浮動小数点、携帯 ID を 32 ビットの 2 進数で表わす場合、多機能測位衛星 3 に伝送される 1 つの携帯位置情報の情報量は 80 ビット ($16 \times 3 + 32$) となる。伝送方法は、準天頂衛星等の多機能測位衛星 3 が指定する所定のメッセージフォーマットや仕様に従うものとする。多機能測位衛星 3 は、測位端末 1 から受信した携帯位置情報をセンタ 7 に伝送する。

【0148】

センタ 7 は、携帯位置情報受信部 71 と携帯位置情報記憶部 72 とを備える。携帯位置情報受信部 71 は、多機能測位衛星 3 から携帯位置情報を受信する。携帯位置情報記憶部 72 は、携帯位置情報受信部 71 が受信した携帯位置情報を所定のメモリに保存する。メモリは、複数単位の携帯位置情報を保存することができるよう、ハードディスクやフラッシュメモリ等を利用する。

【0149】

以上説明したように実施の形態 5 の救難救助支援システム 500 によれば、多機能測位衛星 3 の双方向通信機能を利用して被災地域における多数の被災者の携帯電話 5 の位置情報を集約することができるため、多数の被災者の位置を一括して把握することができ、迅速な救助を行うための救難救助計画を立てることができる。また被災者の携帯電話 5 の位置情報の集約に、宇宙インフラである多機能測位衛星 3 の双方向通信機能を利用するため、災害の発生により基地局等の地上インフラが使用不可となった場合にも、継続的に被災者の位置情報を収集することができる。

【0150】

上記の説明では、実施の形態 5 は実施の形態 1 と組み合わせたが、他の実施の形態と組み合わせてもよい。

【0151】

図 14 は、本発明の実施の形態に係る処理装置のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。測位端末 1 は、図 14 に示すように、制御部 31、主記憶部 32、外部記憶部 33、操作部 34、表示部 35、入出力部 36 および送受信部 37 を備える。主記憶部 32、外部記憶部 33、操作部 34、表示部 35、入出力部 36 および送受信部 37 はいずれも内部バス 30 を介して制御部 31 に接続されている。

【0152】

制御部 31 は CPU (Central Processing Unit) などから構成され、外部記憶部 33 に記憶されている制御プログラム 39 に従って、測位端末 1 の端末位置算出部 13、携帯 ID 判別部 15、携帯幾何情報算出部 16、基本情報生成部 17、携帯位置算出部 19、端末移動計画部 20 および端末誘導部 21 の各処理を実行する。

【0153】

主記憶部 32 は RAM (Random-Access Memory) などから構成され、外部記憶部 33 に記憶されている制御プログラム 39 をロードし、制御部 31 の作業領域として用いられる。

【0154】

外部記憶部 33 は、フラッシュメモリ、ハードディスク、DVD-RAM、DVD-RW などの不揮発性メモリから構成され、測位端末 1 の処理を制御部 31 に行わせるための

10

20

30

40

50

プログラムをあらかじめ記憶し、また、制御部 31 の指示に従って、このプログラムが記憶するデータを制御部 31 に供給し、制御部 31 から供給されたデータを記憶する。記憶部 18 は外部記憶部 33 に構成される。

【0155】

操作部 34 はキーボードおよびマウスなどのポインティングデバイスなどと、キーボードおよびポインティングデバイスなどを内部バス 30 に接続するインタフェース装置から構成されている。ユーザが測位端末 1 に情報を入力する場合は、操作部 34 を介して、入力された情報が制御部 31 に供給される。

【0156】

表示部 35 は、CRT または LCD などから構成されている。ユーザが測位端末 1 に情報を入力する場合は、操作画面を表示する。測位端末 1 が表示モニタ 204 を備える場合には、表示部 35 は表示モニタ 204 として機能する。

10

【0157】

入出力部 36 は、シリアルインタフェースまたはパラレルインタフェースから構成されている。入出力部 36 は測距信号受信アンテナ 201、誤差補正情報受信アンテナ 202、携帯電波受信アンテナ 203 および表示モニタ 204 と接続する。入出力部 36 は、測距信号受信部 11、誤差補正情報受信部 12、携帯電波受信部 14、端末誘導部 21、および、携帯位置情報送信部 23 として機能する。

【0158】

送受信部 37 は、ネットワークに接続する網終端装置または無線通信装置、およびそれらと接続するシリアルインタフェースまたは LAN (Local Area Network) インタフェースから構成されている。測位端末 1 の通信部 22 として機能する。

20

【0159】

図 2、図 10、図 11、図 12 および図 13 に示す測位端末 1 の測距信号受信部 11、誤差補正情報受信部 12、端末位置算出部 13、携帯電波受信部 14、携帯 ID 判別部 15、携帯幾何情報算出部 16、基本情報生成部 17、記憶部 18、携帯位置算出部 19、端末移動計画部 20、端末誘導部 21、通信部 22 および携帯位置情報送信部 23 の処理は、制御プログラム 39 が、制御部 31、主記憶部 32、外部記憶部 33、操作部 34、表示部 35、入出力部 36 および送受信部 37 などを資源として用いて処理することによって実行する。

30

【0160】

その他、前記のハードウェア構成やフローチャートは一例であり、任意に変更および修正が可能である。

【0161】

制御部 31、主記憶部 32、外部記憶部 33、操作部 34、表示部 35、入出力部 36、送受信部 37、内部バス 30 などから構成される測位端末 1 の処理を行う中心となる部分は、専用のシステムによらず、通常のコンピュータシステムを用いて実現可能である。例えば、前記の動作を実行するためのコンピュータプログラムを、コンピュータが読み取り可能な記録媒体（フレキシブルディスク、CD-ROM、DVD-ROM など）に格納して配布し、当該コンピュータプログラムをコンピュータにインストールすることにより、前記の処理を実行する測位端末 1 を構成してもよい。また、インターネットなどの通信ネットワーク上のサーバ装置が有する記憶装置に当該コンピュータプログラムを格納しておき、通常のコンピュータシステムがダウンロードなどすることで測位端末 1 を構成してもよい。

40

【0162】

また、測位端末 1 の機能を、OS（オペレーティングシステム）とアプリケーションプログラムの分担、または OS とアプリケーションプログラムとの協働により実現する場合などには、アプリケーションプログラム部分のみを記録媒体や記憶装置に格納してもよい。

【0163】

50

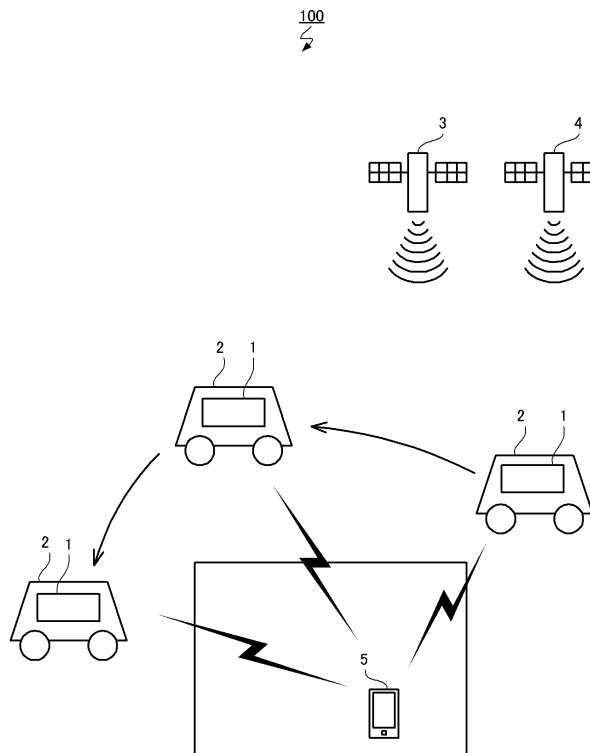
また、搬送波にコンピュータプログラムを重畳し、通信ネットワークを介して提供することも可能である。例えば、通信ネットワーク上の掲示板（BBS，Bulletin Board System）にコンピュータプログラムを掲示し、ネットワークを介してコンピュータプログラムを提供してもよい。そして、このコンピュータプログラムを起動し、OSの制御下で、他のアプリケーションプログラムと同様に実行することにより、測位端末1の処理を実行できるように構成してもよい。

【符号の説明】

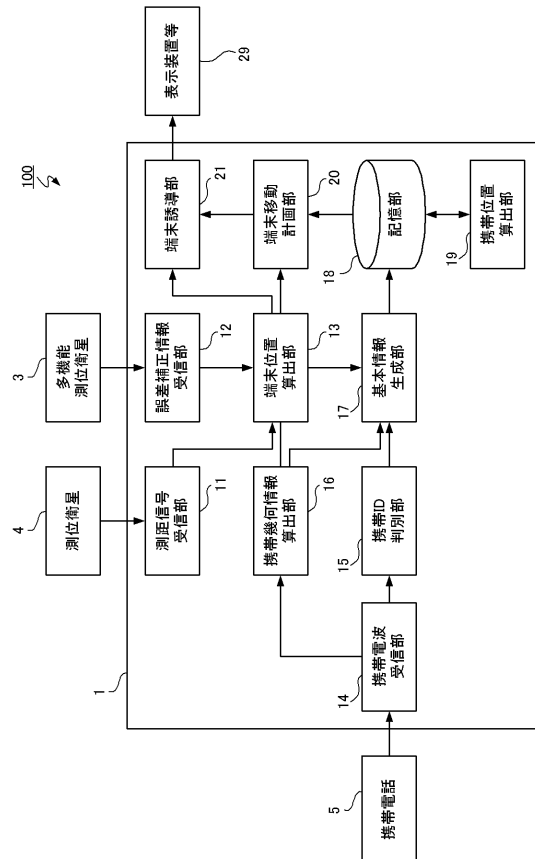
【0164】

1 測位端末、2 移動車両、3 多機能測位衛星、4 測位衛星、5 携帯電話、6 サーバ、7 センタ、11 測距信号受信部、12 誤差補正情報受信部、13 端末位置算出部、14 携帯電波受信部、15 携帯ID判別部、16 携帯幾何情報算出部、17 基本情報生成部、18 記憶部、19 携帯位置算出部、20 端末移動計画部、21 端末誘導部、22 通信部、23 携帯位置情報送信部、29 表示装置等、30 内部バス、31 制御部、32 主記憶部、33 外部記憶部、34 操作部、35 表示部、36 入出力部、37 送受信部、39 制御プログラム、61 通信部、62 記憶部、63 端末移動計画部、71 携帯位置情報受信部、72 携帯位置情報記憶部、100、200、300、400、500 救難救助支援システム、201 測距信号受信アンテナ、202 誤差補正情報受信アンテナ、203 携帯電波受信アンテナ、204 表示モニタ、241 現在地点、242 次に携帯電波を受信する地点、243 携帯電話位置、A P 携帯電話位置、H，H A，H B 双曲面、P 1，P 2 測位端末位置、P A，P B 候補点。

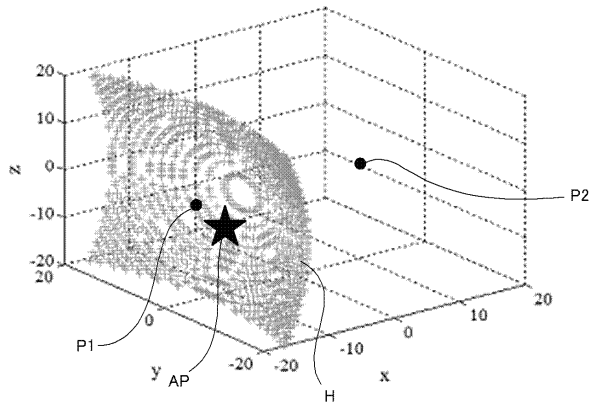
【図1】



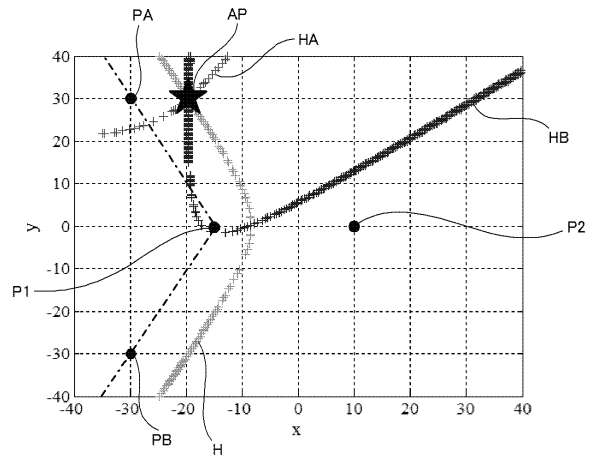
【図2】



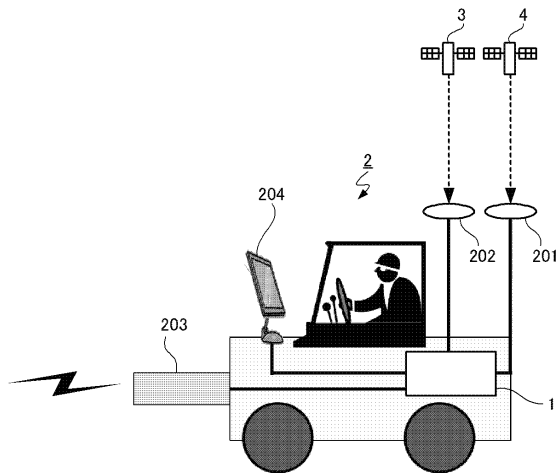
【図 3】



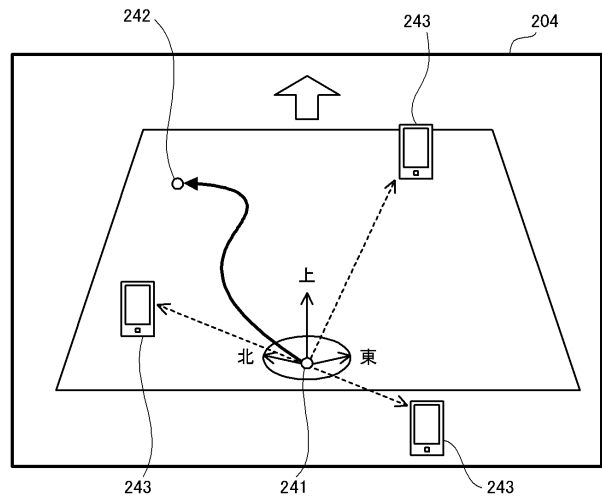
【図 4】



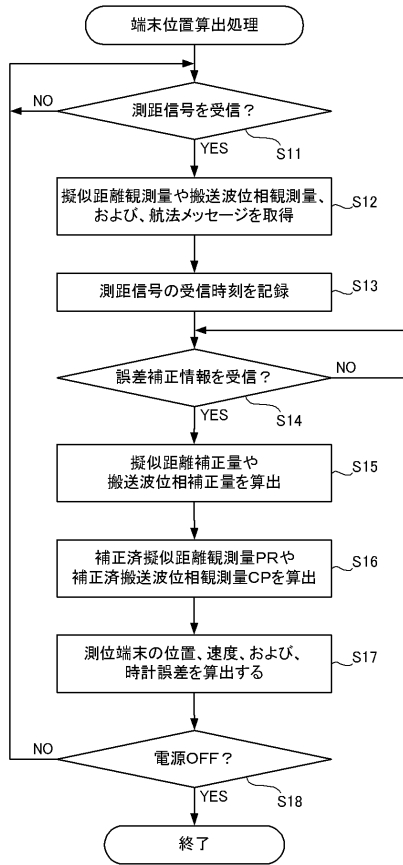
【図 5】



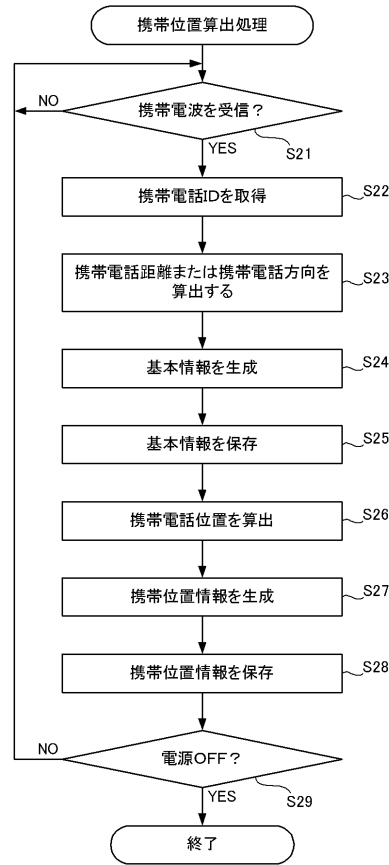
【図 6】



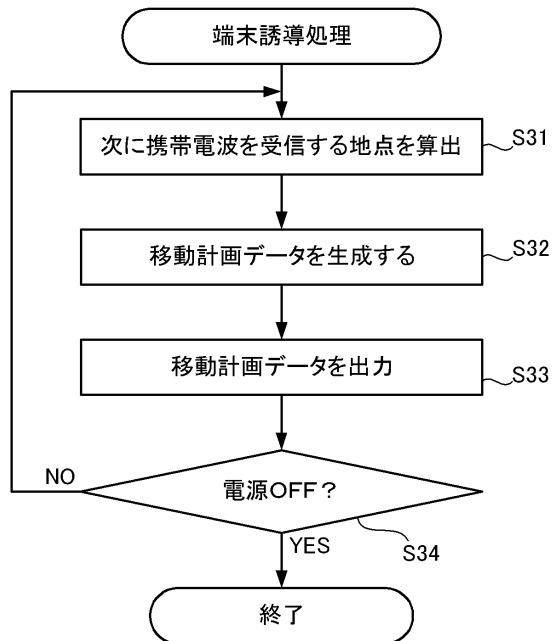
【図 7】



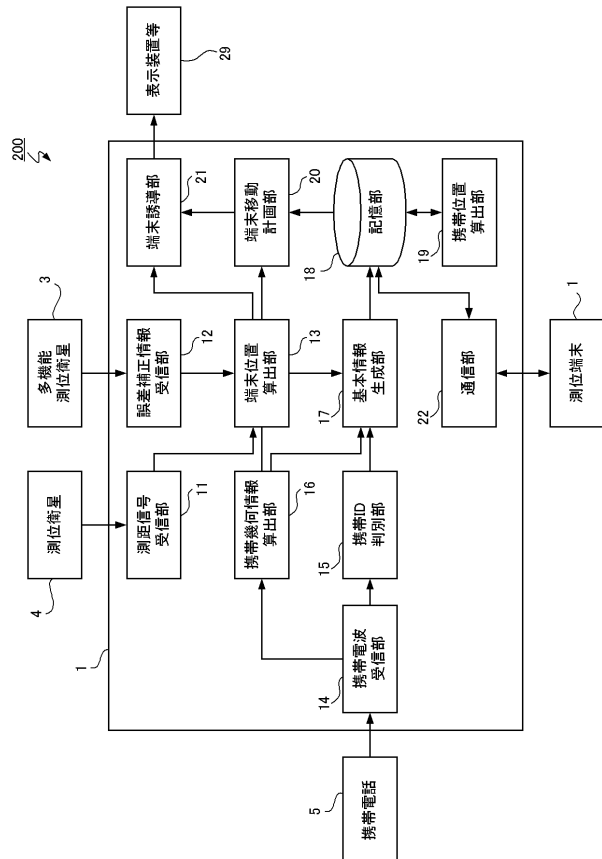
【図 8】



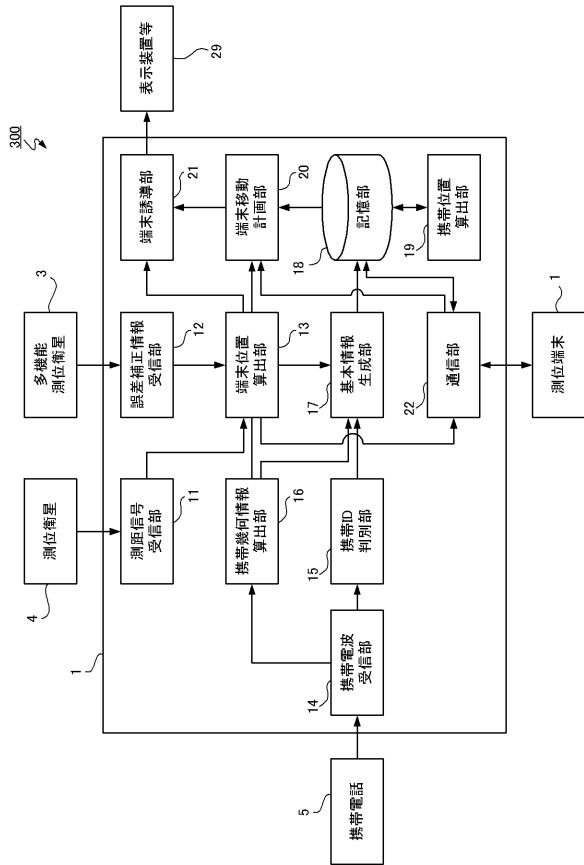
【図 9】



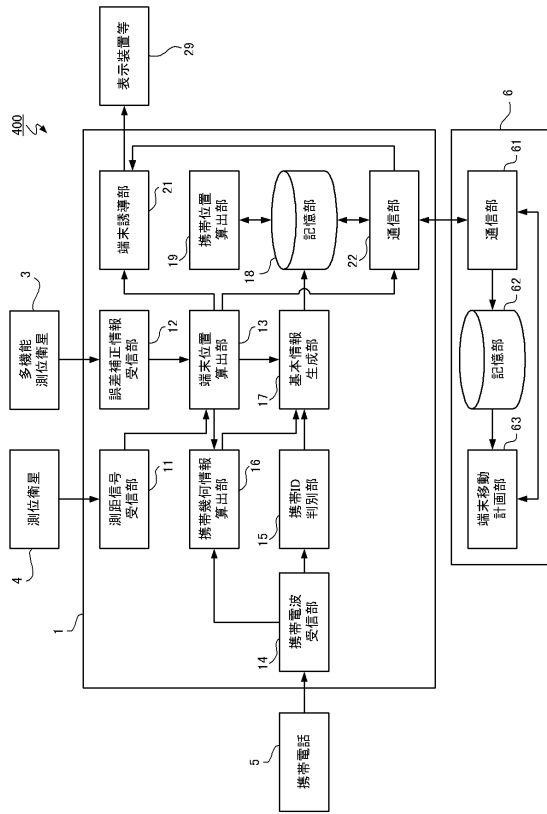
【図 10】



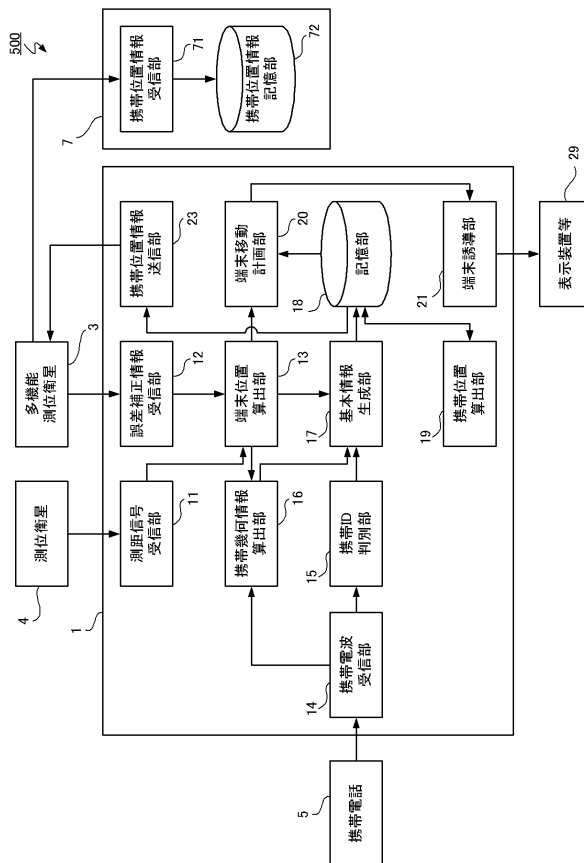
【 図 1 1 】



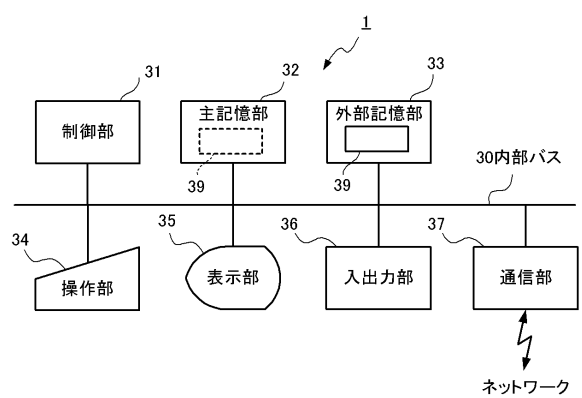
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
<i>H 0 4 W</i>	<i>8/00</i>	<i>(2009.01)</i>	<i>H 0 4 W</i>	<i>8/00</i>	<i>1 1 0</i>
<i>G 0 1 C</i>	<i>21/34</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>G 0 1 C</i>	<i>21/34</i>	
<i>G 0 8 B</i>	<i>25/04</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>G 0 8 B</i>	<i>25/04</i>	<i>K</i>
<i>G 0 8 B</i>	<i>25/10</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>G 0 8 B</i>	<i>25/10</i>	<i>D</i>
<i>G 0 1 S</i>	<i>5/12</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>G 0 1 S</i>	<i>5/12</i>	

(72)発明者 宮 雅一
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 島倉 理

(56)参考文献 特表2010-515052(JP,A)
特開2013-101013(JP,A)
特開2001-330657(JP,A)
特開2005-109530(JP,A)
特開2011-112387(JP,A)
特開平10-213643(JP,A)
特開2004-309364(JP,A)
特開2011-043955(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 8 G *1 / 0 9*
G 0 1 C *2 1 / 3 4*
G 0 1 S *5 / 1 2*
G 0 1 S *1 9 / 1 7*
G 0 1 S *1 9 / 4 1*
G 0 1 S *1 9 / 4 6*
G 0 8 B *2 5 / 0 4*
G 0 8 B *2 5 / 1 0*
G 0 8 G *1 / 0 9 6 2*
H 0 4 W *8 / 0 0*