

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5470516号  
(P5470516)

(45) 発行日 平成26年4月16日 (2014. 4. 16)

(24) 登録日 平成26年2月14日 (2014. 2. 14)

(51) Int. Cl.

F I

H O 4 W 36/00 (2009. 01)

H O 4 W 36/00 1 1 0

H O 4 W 84/12 (2009. 01)

H O 4 W 84/12

請求項の数 11 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2010-212990 (P2010-212990)  
 (22) 出願日 平成22年9月24日 (2010. 9. 24)  
 (65) 公開番号 特開2012-70202 (P2012-70202A)  
 (43) 公開日 平成24年4月5日 (2012. 4. 5)  
 審査請求日 平成25年8月8日 (2013. 8. 8)

(出願人による申告) 平成21年6月19日付け、支出  
 負担行為担当官 総務省大臣官房会計課企画官、研究テ  
 ーマ「高齢者・障がい者（チャレンジド）のためのユビ  
 キタスネットワークロボット技術の研究開発」に関する  
 委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特  
 許出願

(73) 特許権者 393031586  
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所  
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2  
 (74) 代理人 100090181  
 弁理士 山田 義人  
 (72) 発明者 塚本 悟司  
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2  
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内  
 (72) 発明者 大島 浩嗣  
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2  
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内  
 (72) 発明者 宮坂 朋宏  
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2  
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 移動体操作用無線通信装置および通信制御プログラムならびに移動体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の無線基地局のいずれか1つを介して移動体を操作するための移動体用無線通信装置であって、

前記複数の無線基地局のいずれか1つと無線通信を行うための第1アンテナ、

前記移動体の移動方向を向いた指向性を有する第2アンテナ、

前記複数の無線基地局のうち前記移動体の移動方向沿いに位置する無線基地局からの信号を前記第2アンテナによって検出する検出手段、

前記検出手段によって検出された信号に基づく情報を登録する登録手段、および

前記第1アンテナによる通信品質が閾値を下回った場合に、前記登録手段の登録情報に基づいて前記第1アンテナの通信相手を切替える切替え手段を備える、無線通信装置。 10

【請求項 2】

前記第1アンテナは可変指向性である、請求項1記載の無線通信装置。

【請求項 3】

前記第2アンテナは、前記移動体の移動方向沿いに位置する無線基地局から送信され環境で反射された微弱信号を捉える、請求項1記載の無線通信装置。

【請求項 4】

前記登録手段は、前記検出手段によって検出された信号の送信元を識別する識別情報を登録する、請求項1記載の無線通信装置。

【請求項 5】

前記検出手段によって検出された信号から当該信号の送信元への接続情報を抽出する抽出手段をさらに備え、

前記登録手段は、前記抽出手段によって抽出された接続情報をさらに登録する、請求項4記載の無線通信装置。

【請求項6】

前記登録手段は、前記検出手段によって検出された信号に基づく情報を登録する際に当該信号の検出時刻を添付し、

前記登録手段による登録情報のうち、添付された検出時刻からの経過時間が所定の期限を過ぎた登録情報を抹消する抹消手段をさらに備える、請求項1記載の無線通信装置。

【請求項7】

前記第1アンテナによる通信品質が閾値を下回っている状態で、前記登録手段による登録情報が存在しない場合には前記移動体の移動を強制的に停止させる一方、前記登録手段による登録情報が存在する場合には前記移動体の移動を容認する、停止制御手段をさらに備える、請求項1または6記載の無線通信装置。

【請求項8】

前記第1アンテナによる通信品質が閾値を下回っている状態の継続時間を計測する計測手段をさらに備え、

前記強制停止手段はさらに、前記計測手段の計測結果が所定の時間に達した時点で前記移動体の移動を強制的に停止させる、請求項7記載の無線通信装置。

【請求項9】

複数の無線基地局のいずれか1つを介して移動体を操作するための移動体用無線通信装置であって、前記複数の無線基地局のいずれか1つと無線通信を行うための第1アンテナ、および前記移動体の移動方向を向いた指向性を有する第2アンテナを備える、移動体用無線通信装置のプロセッサを、

前記複数の無線基地局のうち前記移動体自身の移動方向沿いに位置する無線基地局からの信号を前記第2アンテナによって検出する検出手段、

前記検出手段によって検出された信号に基づく情報を登録する登録手段、および

前記第1アンテナによる通信品質が閾値を下回った場合に、前記登録手段の登録情報に基づいて前記第1アンテナの通信相手を切替える切替え手段として機能させる、通信制御プログラム。

【請求項10】

複数の無線基地局のいずれか1つを介して操作される移動体であって、

前記複数の無線基地局のいずれか1つと無線通信を行うための第1アンテナ、

前記移動体自身の移動方向を向いた指向性を有する第2アンテナ、

前記複数の無線基地局のうち前記移動体自身の移動方向沿いに位置する無線基地局からの信号を前記第2アンテナによって検出する検出手段、

前記検出手段によって検出された信号に基づく情報を登録する登録手段、および

前記第1アンテナによる通信品質が閾値を下回った場合に、前記登録手段の登録情報に基づいて前記第1アンテナの通信相手を切替える切替え手段を備える、移動体。

【請求項11】

前記移動体自身を移動させる移動手段、および

前記第1アンテナによる通信品質が閾値を下回っている状態で、前記登録手段による登録情報が存在しない場合には前記移動手段を制御して前記移動体自身の移動を強制的に停止させる一方、前記登録手段による登録情報が存在する場合には前記移動体の移動を容認する、停止制御手段をさらに備える、請求項10記載の移動体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、移動体操作用無線通信装置および通信制御プログラムならびに移動体に関し、特にたとえば、移動ロボット操作用無線通信装置および通信制御プログラムならびに

10

20

30

40

50

移動ロボットに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、ロボットや無人搬送機、電動カートなどの移動体を遠隔操作する場合、オペレータによって操作される遠隔操作装置と移動体との間で常に接続状態を維持していないと、安全な遠隔操作は困難となる。無線リンクを通じた遠隔操作では、一定以上の通信品質、すなわち低遅延かつ低エラー率で要求されたスループートを上回る常時接続を維持し続けることが求められる。

【0003】

一方、移動体の移動範囲を広げるために、ネットワークに複数のアクセスポイント（ＡＰ）を設けて通信可能な範囲を拡張する方法が一般的にとられている。しかし、この方法では、移動によって現在通信を行なっているＡＰの通信可能領域を離れ、隣接する別のＡＰに再接続を行なうハンドオーバー時に、一時的に遅延やエラーが増加して常時接続を維持し続けることが困難になる状況がしばしば発生する。特に、入り組んだ構造となっている屋内を一定の速度で移動する場合、通常は受信信号強度を基にハンドオーバーを行うため、ハンドオーバーが終了しないうちに急激な受信状況の悪化が起こることで、元のＡＰとの接続が切れてしまう例が多い。

【0004】

これを防ぐ方法としては、移動によりハンドオーバーが必要となったときに備えて、周辺のＡＰの制御情報、たとえば接続に必要なパラメータや高速な再接続を可能にする送信タイミングなどの情報（隣接ＡＰへの接続情報）を、事前に移動体に通知しておく方法が従来から知られている。たとえば、特許文献１には、携帯電話システムにおいて、携帯電話に対し、現在接続中のＡＰ（基地局）から隣接ＡＰ（セル）の制御情報を送っておく方法が開示されている。

【特許文献１】特表２００２－５３３０３２号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、無線ＬＡＮなどの自律分散的なシステムでは一般に、隣接ＡＰの制御情報を一元的に収集、管理および通知する機能は実装されていない場合が多い。また、特許文献１のシステムでも、電波を通しにくい壁で仕切られた屋内環境や、屋外でも建物が林立する場所では、セルが複雑にオーバーラップしており、地理的な位置関係からだけでは、隣接セルを容易に特定することができない。また、セル間に十分なオーバーラップが存在しないこともある。

【0006】

それゆえに、この発明の主たる目的は、新規な、移動体操作用無線通信装置および通信制御プログラムならびに移動体を提供することである。

【0007】

この発明の他の目的は、簡単な構成で、ハンドオーバー時の通信途絶を極力抑えることができる、移動体操作用無線通信装置および通信制御プログラムならびに移動体を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明は、上記の課題を解決するために、以下の構成を採用した。なお、括弧内の参照符号および補足説明等は、本発明の理解を助けるために後述する実施の形態との対応関係を示したものであって、本発明を何ら限定するものではない。

【0009】

第１の発明は、複数の無線基地局のいずれか１つを介して遠隔操作される移動体のための移動体操作用無線通信装置であって、複数の無線基地局のいずれか１つと無線通信を行うための第１アンテナ、移動体の移動方向を向いた指向性を有する第２アンテナ、複数の

10

20

30

40

50

無線基地局のうち移動体の移動方向沿いに位置する無線基地局からの信号を第2アンテナによって検出する検出手段、検出手段によって検出された信号に基づく情報を登録する登録手段、および、第1アンテナによる通信品質が閾値を下回った場合に、登録手段の登録情報に基づいて第1アンテナの通信相手を切替える切替え手段を備える。

【0010】

第1の発明では、移動体操作無線通信装置(10A)は、複数の無線基地局(202~208)のいずれか1つを介して遠隔操作される移動体(10)のための無線通信装置であり、複数の無線基地局のいずれか1つと無線通信を行うための第1アンテナ(118)、および移動体の移動方向を向いた指向性を有する第2アンテナ(120)を備える。このような移動体操作無線通信装置(10A)では、たとえば通信制御プログラム(142)によってプロセッサ(80)を検出手段(S7)、登録手段(S9, S15)および切替え手段(S33)として機能させることができる。

10

【0011】

検出手段は、複数の無線基地局のうち移動体の移動方向沿いに位置する無線基地局からの信号を第2アンテナによって検出し、登録手段は、検出手段によって検出された信号に基づく情報を登録する。切替え手段は、第1アンテナによる通信品質が閾値を下回った場合に(S1:NO)、登録手段の登録情報に基づいて、第1アンテナの通信相手を切替える。

【0012】

第1の発明によれば、指向性の第2アンテナで移動方向沿いに位置する無線基地局からの信号を検出して、それに関する情報を登録しておき、第1アンテナの通信品質が閾値を下回った場合に、第1アンテナの通信相手を登録情報に基づいて切替えるので、簡単な構成で、ハンドオーバー時の通信途絶を極力抑えることができる。

20

【0013】

第2の発明は、第1の発明に従属し、第1アンテナは可変指向性である。可変指向性のアンテナとしては、たとえばアレーアンテナがある。

【0014】

第2の発明によれば、第1アンテナを可変指向性としたことで、任意の方向に位置する無線基地局との無線通信が行え、アンテナゲインによる受信信号強度の増加と、他の信号による干渉の抑圧効果により、通信可能領域が広がる。

30

【0015】

第3の発明は、第1の発明に従属し、第2アンテナは、移動体の移動方向沿いに位置する無線基地局から送信され環境で反射された微弱信号を捉える。なお、第2アンテナで捉えられる微弱信号の強度では、隣接セルの登録情報を取得するなど通常の通信を行うことは困難であるが、その信号が有する変調方式、プリアンプル、スペクトルパターン、信号継続時間、信号強度変化パターンなどの特徴のいずれか、またはその組み合わせにより、セルの存在を確認することは可能である。

【0016】

第3の発明によれば、環境で反射されてくる微弱信号を第2アンテナで捉えることで、移動方向沿いの、より遠方に存在する無線基地局を検出可能となるので、無線基地局の通信可能領域に十分なオーバーラップが存在しなくても、通信途絶を極力抑えることができる。

40

【0017】

第4の発明は、第1の発明に従属し、登録手段は、検出手段によって検出された信号の送信元を識別する識別情報を登録する。

【0018】

第4の発明によれば、登録した識別情報に基づいて、隣接する無線基地局への接続が可能となる。

【0019】

第5の発明は、第4の発明に従属し、検出手段によって検出された信号から当該信号の送

50

信元への接続情報を抽出する抽出手段（Ｓ１１）をさらに備え、登録手段は、抽出手段によって抽出された接続情報をさらに登録する。

【００２０】

なお、接続情報には、たとえば、その無線基地局が使用するチャネル（周波数）や伝送速度、さらには、高速接続を可能にする送信タイミングなどが記述される。

【００２１】

第５の発明によれば、さらに接続情報を参照することで、隣接する無線基地局への高速接続が可能となる。

【００２２】

第６の発明は、第１の発明に従属し、登録手段は、検出手段によって検出された信号に基づく情報を登録する際に当該信号の検出時刻を添付し（Ｓ９）、登録手段による登録情報のうち、添付された検出時刻からの経過時間が所定の期限を過ぎた登録情報を抹消する抹消手段（Ｓ１７，Ｓ１９）をさらに備える。

10

【００２３】

第６の発明では、検出から所定の期限を過ぎた信号に基づく登録情報を抹消するので、登録情報量の増大を抑制すると共に、古い登録情報に基づく不適切なオーバハンドを回避することができる。

【００２４】

第７の発明は、第１の発明に従属し、第１アンテナによる通信品質が閾値を下回っている状態で、登録手段による登録情報が存在しない場合には移動体の移動を強制的に停止させる一方、登録手段による登録情報が存在する場合には移動体の移動を容認する、停止制御手段をさらに備える。

20

【００２５】

第７の発明では、第１アンテナによる通信品質が閾値を下回っている状態（Ｓ１：ＮＯ）での移動体の移動は、停止制御手段（Ｓ４１）によって、登録手段による登録情報が存在しない場合には（Ｓ２９：ＮＯ）強制的に停止される一方、登録手段による登録情報が存在する場合には（Ｓ２９：ＹＥＳ）容認される。

【００２６】

第７の発明によれば、移動体が通信可能領域を逸脱したとき、移動先に無線基地局が存在するか否かで、移動体の移動を容認するか強制停止させるかを決めるので、回復の目的が立たない通信途絶であれば移動は強制停止され、一時的な通信途絶であれば移動が容認される結果となり、移動体の移動範囲を安全に広げることができる。

30

【００２７】

第８の発明は、第７の発明に従属し、第１アンテナによる通信品質が閾値を下回っている状態の継続時間を計測する計測手段をさらに備え、強制停止手段はさらに、計測手段の計測結果が所定の時間に達した時点で移動体の移動を強制的に停止させる。

【００２８】

第８の発明では、計測手段（Ｓ３，Ｓ２７）によって、第１アンテナによる通信品質が閾値を下回っている状態の継続時間が計測される。移動体の移動は、計測結果が所定の時間に達すると（Ｓ２５：ＮＯ）、停止制御手段によって強制的に停止される。

40

【００２９】

第８の発明によれば、第１アンテナによる通信品質が閾値を下回っている状態で移動が容認されたとしても、それは所定の時間内に限られるので、よりいっそう安全の確保を図ることができる。

【００３０】

なお、第１アンテナによる通信品質が閾値を下回っている状態での移動体の移動距離を計測し（その状態の継続時間および移動速度から移動距離を計算してもよい）、計測（計算）結果が所定の距離に達した時点で移動体の移動を強制的に停止させてもよい。

【００３１】

第９の発明は、複数の無線基地局（２０２～２０８）のいずれか１つを介して移動体（

50

１０）を操作するための移動体用無線通信装置（１０Ａ）であって、複数の無線基地局のいずれか１つと無線通信を行うための第１アンテナ（１１８）、および移動体の移動方向を向いた指向性を有する第２アンテナ（１２０）を備える、移動体用無線通信装置（１０Ａ）のプロセッサ（８０）を、複数の無線基地局のうち移動体自身の移動方向沿いに位置する無線基地局からの信号を第２アンテナによって検出する検出手段（Ｓ７）、検出手段によって検出された信号に基づく情報を登録する登録手段（Ｓ９，Ｓ１５）、および第１アンテナによる通信品質が閾値を下回った場合に（Ｓ１：ＮＯ）、登録手段の登録情報に基づいて第１アンテナの通信相手を切替える切替え手段（Ｓ３３）として機能させる、通信制御プログラム（１４２）である。

【００３２】

10

第１０の発明は、複数の無線基地局（２０２～２０８）のいずれか１つを介して操作される移動体（１０）であって、複数の無線基地局のいずれか１つと無線通信を行うための第１アンテナ（１１８）、移動体自身の移動方向を向いた指向性を有する第２アンテナ（１２０）、複数の無線基地局のうち移動体自身の移動方向沿いに位置する無線基地局からの信号を第２アンテナによって検出する検出手段（Ｓ７）、検出手段によって検出された信号に基づく情報を登録する登録手段（Ｓ９，Ｓ１５）、および第１アンテナによる通信品質が閾値を下回った場合に（Ｓ１：ＮＯ）、登録手段の登録情報に基づいて第１アンテナの通信相手を切替える切替え手段（Ｓ３３）を備える。

【００３３】

第９および第１０の各発明でも、第１の発明と同様に、簡単な構成で、ハンドオーバー時の通信途絶を極力抑えることができる。

20

【００３４】

第１１の発明は、第１０の発明に従属し、移動体自身を移動させる移動手段（８６，Ｓ６１～Ｓ７７）、および第１アンテナによる通信品質が閾値を下回っている状態で（Ｓ１：ＮＯ）、登録手段による登録情報が存在しない場合には（Ｓ２９：ＮＯ）移動手段を制御して移動体自身の移動を強制的に停止させる一方、登録手段による登録情報が存在する場合には（Ｓ２９：ＹＥＳ）移動体の移動を容認する、停止制御手段（Ｓ４１）をさらに備える。

【００３５】

第１１の発明でも、第７の発明と同様に、移動体の移動範囲を安全に広げることができる。

30

【発明の効果】

【００３６】

この発明によれば、簡単な構成で、ハンドオーバー時の通信途絶を極力抑えることができる、移動体操作無線通信装置および通信制御プログラムならびに移動体の実現される。

【００３７】

この発明の上述の目的、その他の目的、特徴および利点は、図面を参照して行う以下の実施例の詳細な説明から一層明らかとなろう。

【図面の簡単な説明】

【００３８】

40

【図１】この発明の一実施例である移動ロボット遠隔操作システムの構成を示す図解図である。

【図２】移動ロボットの外観図を示す図解図である。

【図３】移動ロボットの電氣的構成を示すブロック図である。

【図４】遠隔操作装置の電氣的構成の一例を示すブロック図である。

【図５】サーバの電氣的構成の一例を示すブロック図である。

【図６】移動ロボット遠隔操作システムが適用される環境、およびそこでのアンテナ１による通信可能領域の例を示す図解図である。

【図７】図６の環境で移動ロボットが位置Ｐ２にあるときのアンテナ２による信号検出範囲とアンテナ１による通信可能領域との関係を示す図解図である。

50

【図 8】アンテナ 2 による信号検出範囲と、A P 2 0 8 から送信され環境で反射された反射信号の到達領域との関係を示す図解図であり（A）は移動ロボットが位置 P 3 にあるときの両者の関係を、（B）は移動ロボットが位置 P 4 にあるときの両者の関係をそれぞれ示す。

【図 9】移動ロボットのメモリマップを示す図解図である。

【図 1 0】メモリマップ内の主要な項目の詳細を示す図解図であり、（A）はシステムパラメータを、（B）は切替え候補リストを、そして（C）は通信状況情報をそれぞれ示す。

【図 1 1】ロボットの C P U 動作の一部を示すフロー図である。

【図 1 2】ロボットの C P U 動作の他の一部を示すフロー図である。

【図 1 3】ロボットの C P U 動作のその他の一部を示すフロー図である。

【図 1 4】遠隔操作装置の C P U 動作の一部を示すフロー図である。

【図 1 5】サーバの C P U 動作の一部を示すフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0039】

図 1 を参照して、この発明の一実施例である移動ロボット遠隔操作システム（以下“遠隔操作システム”）100 は、たとえば博物館、アトラクション施設、イベント会場などに配置された移動ロボット 10 を、別の場所たとえば研究室、監視センタなどから、L A N、インターネットなどのネットワーク 200 を介して遠隔操作するためのシステムである。

【0040】

最初、概要を説明する。遠隔操作システム 100 は、移動ロボット 10、遠隔操作装置 12 およびサーバ 14 を含む。ネットワーク 200 には、複数たとえば 4 つのアクセスポイント（以下“A P”）202～208 が設けられており、移動ロボット 10 は、A P 202～208 のいずれか 1 つを介してネットワーク 200 に接続される。言い換えると、移動ロボット 10 は、移動に伴って接続先を A P 202→A P 204→... のように順次切替えていくこと（いわゆる“ハンドオーバー”）によって、ネットワーク 200 との接続を維持することができる。

【0041】

一方、遠隔操作装置 12 およびサーバ 14 は、それぞれ専用の A P（図示せず）を介してネットワーク 200 に接続される。移動ロボット 10 と各 A P 202～208 との間の接続は、たとえば I E E E 802.11 方式などの無線接続であるが、遠隔操作装置 12 およびサーバ 14 の各々とその専用 A P との間の接続は、無線接続でも、L A N ケーブルなどによる有線接続でもよい。

【0042】

移動ロボット 10 は、たとえば自律型のロボットであり、遠隔操作によってだけでなく、自身に備わる各種センサからのセンサ情報に基づいて自律的に、移動ないし行動することもできる。移動ロボット 10 によるセンサ情報はまた、ネットワーク 200 経由で遠隔操作装置 12 に送信される。

【0043】

サーバ 14 には、複数たとえば 2 つのレーザレンジファインダ（以下“L R F”）142 および 144 が接続される。各 L R F 142、144 は、移動ロボット 10 が移動できる場所（環境）に設置されて、自身から移動ロボット 10 までの距離を計測し、距離データを出力する。サーバ 14 は、各 L R F 142、144 からの距離データに基づいて、環境における移動ロボット 10 の位置および移動方向を計算する。この計算結果を示す位置 & 方向情報は、ネットワーク 200 経由で移動ロボット 10 および遠隔操作装置 12 に送信される。

【0044】

なお、L R F は一般に、レーザーを照射し、それが目標で反射して戻ってくるまでの時間に基づいて、当該目標までの距離を計測するものである。L R F 142、144 は、た

10

20

30

40

50

例えば、トランスミッタ（図示せず）から照射したレーザーを回転ミラー（図示せず）で反射させて、前方を扇状に一定角度（たとえば0.5度）ずつスキャンすることで、単に目標までの距離を計測するだけでなく、目標の表面に関する2次元距離情報（表面の形状を角度および距離の2変数で記述した情報）も生成することができる。LRF142, 144からの距離データには、このような2次元距離情報が含まれており、サーバ14は、目標が移動ロボット10であるか、他の物体ないし人体などであるかを識別することができる。

#### 【0045】

なお、環境に設置されて、移動ロボット10までの距離を計測するセンサ（距離センサ）は、LRFに限らず、たとえば赤外線距離センサなどでもよい。

10

#### 【0046】

遠隔操作装置12は、移動ロボット10から得たセンサ情報およびサーバ14から得た位置&方向情報を表示するディスプレイ（30：図4参照）と、オペレータによって操作される操作パネル（28：図4参照）とを備える。オペレータは、ディスプレイ（30）に表示されるセンサ情報および位置&方向情報を通じて移動ロボット10の動き（移動および/または行動）を監視し、必要に応じてその動きを制御するべく操作パネル（28）を操作する。操作パネル（28）の操作に基づく操作情報は、ネットワーク200経由で移動ロボット10に送信される。

#### 【0047】

移動ロボット10では、自らのセンサ情報、サーバ14からの位置&方向情報および遠隔操作装置12からの操作情報に基づいて動き制御情報が生成され、この動き制御情報に基づいて各種モータ（92~98, 110, 36aおよび36b：図3参照）が駆動される。こうして、移動ロボット10の自律的な/遠隔操作による動きが実現される。

20

#### 【0048】

なお、移動ロボット10は、相互作用指向のロボットでもあり、人間のようなコミュニケーション対象との間で、身振り手振りのような身体動作あるいは音声による会話といったコミュニケーション行動を実行する機能も有している。

#### 【0049】

次に、各要素について詳しく説明する。図2はこの実施例の移動ロボット10の外観を示す正面図である。図2を参照して、移動ロボット10は台車30を含み、台車30の下面には右車輪32aおよび左車輪32b（特に区別しない場合には「車輪32」と記す）ならびに1つの従輪34が設けられる。右車輪32aおよび左車輪32bは、右車輪モータ36aおよび左車輪モータ36b（図4参照）によってそれぞれ独立に駆動され、台車30ひいては移動ロボット10全体を前後左右の任意方向に動かすことができる。また、従輪34は車輪32を補助する補助輪である。

30

#### 【0050】

台車30の上には、円柱形のセンサ取り付けパネル38が設けられ、このセンサ取り付けパネル38には、多数の赤外線距離センサ40が取り付けられる。これらの赤外線距離センサ40は、センサ取り付けパネル38つまり移動ロボット10自身と、その周囲の物体（人間や障害物など）との距離を測定するものである。

40

#### 【0051】

なお、この実施例では、距離センサとして、赤外線距離センサを用いるようにしてあるが、赤外線距離センサに代えて、小型のLRF、超音波距離センサまたはミリ波レーダなどを用いることもできるし、これらを適宜組み合わせ用いてもよい。

#### 【0052】

センサ取り付けパネル38の上には、胴体42が直立するように設けられる。また、胴体42の前方中央上部（人の胸に相当する位置）には、上述した赤外線距離センサ40がさらに設けられており、これによって前方の対象たとえば人間との距離を計測する。また、胴体42には、その側面側上端部のほぼ中央から伸びる支柱44が設けられ、支柱44の上には、無指向性アンテナ118および指向性アンテナ120（それぞれ“アンテナ1

50

” および “ アンテナ 2 ” と別称する場合がある ) ならびに全方位カメラ 4 6 が設けられる。

【 0 0 5 3 】

無指向性アンテナ 1 1 8 は、各 A P 2 0 2 ~ 2 0 8 と無線通信を行うためのアンテナであり、任意の方向からの無線信号を受信し、任意の方向に無線信号を送信する。指向性アンテナ 1 2 0 は、移動ロボット 1 0 の移動方向を向いた指向性 (たとえば 2 0 ~ 3 0 度幅) を有し、その方向からの無線信号 (たとえば 5 G H z ないし 2 . 4 G H z )、特に各 A P 2 0 2 ~ 2 0 8 から送信され環境で反射された微弱信号を検出ないし受信する。

【 0 0 5 4 】

なお、この実施例では、指向性アンテナ 1 2 0 は支柱 4 4 に対して固定され、さらに支柱 4 4 は胴体 4 2 に対して固定されており、移動ロボット 1 0 の移動方向は、胴体 4 2 の正面方向、ひいては指向性アンテナ 1 2 0 の指向方向と常に一致する。しかし、移動ロボット 1 0 は、胴体 4 2 の正面方向とは異なる方向 (たとえば背面方向) に移動可能であってもよく、この場合、アンテナ 2 用のモータ 1 2 0 a を追加したり、指向性アンテナ 1 2 0 として、その指向性を電氣的に変化させることが可能な可変指向性アンテナ (アレーアンテナなど) を用いたりすることによって、指向方向を移動方向と一致させる制御を行う必要がある。

【 0 0 5 5 】

全方位カメラ 4 6 は、移動ロボット 1 0 の周囲を撮影するものであり、後述する眼カメラ 7 0 とは区別される。全方位カメラ 4 6 としては、たとえば C C D や C M O S のような固体撮像素子を用いるカメラを採用することができる。なお、これら赤外線距離センサ 4 0、指向性アンテナ 1 2 0、無指向性アンテナ 1 1 8 および全方位カメラ 4 6 の設置位置は、当該部位に限定されず適宜変更されてもよい。

【 0 0 5 6 】

胴体 4 2 の両側面上端部 (人の肩に相当する位置) には、それぞれ、肩関節 4 8 R および肩関節 4 8 L によって、上腕 5 0 R および上腕 5 0 L が設けられる。図示は省略するが、肩関節 4 8 R および肩関節 4 8 L は、それぞれ、直交する 3 軸の自由度を有する。すなわち、肩関節 4 8 R は、直交する 3 軸のそれぞれの軸廻りにおいて上腕 5 0 R の角度を制御できる。肩関節 4 8 R の或る軸 (ヨー軸) は、上腕 5 0 R の長手方向 (または軸) に平行な軸であり、他の 2 軸 (ピッチ軸およびロール軸) は、その軸にそれぞれ異なる方向から直交する軸である。同様にして、肩関節 4 8 L は、直交する 3 軸のそれぞれの軸廻りにおいて上腕 5 0 L の角度を制御できる。肩関節 4 8 L の或る軸 (ヨー軸) は、上腕 5 0 L の長手方向 (または軸) に平行な軸であり、他の 2 軸 (ピッチ軸およびロール軸) は、その軸にそれぞれ異なる方向から直交する軸である。

【 0 0 5 7 】

また、上腕 5 0 R および上腕 5 0 L のそれぞれの先端には、肘関節 5 2 R および肘関節 5 2 L が設けられる。図示は省略するが、肘関節 5 2 R および肘関節 5 2 L は、それぞれ 1 軸の自由度を有し、この軸 (ピッチ軸) の軸廻りにおいて前腕 5 4 R および前腕 5 4 L の角度を制御できる。

【 0 0 5 8 】

前腕 5 4 R および前腕 5 4 L のそれぞれの先端には、人の手に相当する球体 5 6 R および球体 5 6 L がそれぞれ固定的に設けられる。ただし、指や掌の機能が必要な場合には、人間の手の形をした「手」を用いることも可能である。また、図示は省略するが、台車 3 0 の前面、肩関節 4 8 R と肩関節 4 8 L とを含む肩に相当する部位、上腕 5 0 R、上腕 5 0 L、前腕 5 4 R、前腕 5 4 L、球体 5 6 R および球体 5 6 L には、それぞれ、接触センサ 5 8 (図 3 で包括的に示す) が設けられる。台車 3 0 の前面の接触センサ 5 8 は、台車 3 0 への人間や他の障害物の接触を検知する。したがって、移動ロボット 1 0 は、その自身の移動中に障害物との接触が有ると、それを検知し、直ちに車輪 3 2 の駆動を停止して移動ロボット 1 0 の移動を急停止させることができる。また、その他の接触センサ 5 8 は、当該各部位に触れたかどうかを検知する。なお、接触センサ 5 8 の設置位置は、当該部

10

20

30

40

50

位に限定されず、適宜な位置（人の胸、腹、脇、背中および腰に相当する位置）に設けられてもよい。

【 0 0 5 9 】

胴体 4 2 の中央上部（人の首に相当する位置）には首関節 6 0 が設けられ、さらにその上には頭部 6 2 が設けられる。図示は省略するが、首関節 6 0 は、3 軸の自由度を有し、3 軸の各軸廻りに角度制御可能である。或る軸（ヨー軸）は移動ロボット 1 0 の真上（鉛直上向き）に向かう軸であり、他の 2 軸（ピッチ軸、ロール軸）は、それぞれ、それと異なる方向で直交する軸である。

【 0 0 6 0 】

頭部 6 2 には、人の口に相当する位置に、スピーカ 6 4 が設けられる。スピーカ 6 4 は、移動ロボット 1 0 が、その周辺の人間に対して音声ないし音によってコミュニケーションを取るために用いられる。また、人の耳に相当する位置には、マイク 6 6 R およびマイク 6 6 L が設けられる。以下、右のマイク 6 6 R と左のマイク 6 6 L とをまとめてマイク 6 6 と言うことがある。マイク 6 6 は、周囲の音、とりわけコミュニケーションを実行する対象である人間の音声を取り込む。さらに、人の目に相当する位置には、眼球部 6 8 R および眼球部 6 8 L が設けられる。眼球部 6 8 R および眼球部 6 8 L は、それぞれ眼カメラ 7 0 R および眼カメラ 7 0 L を含む。以下、右の眼球部 6 8 R と左の眼球部 6 8 L とをまとめて眼球部 6 8 と言うことがある。また、右の眼カメラ 7 0 R と左の眼カメラ 7 0 L とをまとめて眼カメラ 7 0 と言うことがある。

【 0 0 6 1 】

眼カメラ 7 0 は、移動ロボット 1 0 に接近した人間の顔や他の部分ないし物体などを撮影して、それに対応する映像信号を取り込む。また、眼カメラ 7 0 は、上述した全方位カメラ 4 6 と同様のカメラを用いることができる。たとえば、眼カメラ 7 0 は、眼球部 6 8 内に固定され、眼球部 6 8 は、眼球支持部（図示せず）を介して頭部 6 2 内の所定位置に取り付けられる。図示は省略するが、眼球支持部は、2 軸の自由度を有し、それらの各軸廻りに角度制御可能である。たとえば、この 2 軸の一方は、頭部 6 2 の上に向かう方向の軸（ヨー軸）であり、他方は、一方の軸に直交しかつ頭部 6 2 の正面側（顔）が向く方向に直行する方向の軸（ピッチ軸）である。眼球支持部がこの 2 軸の各軸廻りに回転されることによって、眼球部 6 8 ないし眼カメラ 7 0 の先端（正面）側が変位され、カメラ軸すなわち視線方向が移動される。なお、上述のスピーカ 6 4、マイク 6 6 および眼カメラ 7 0 の設置位置は、当該部位に限定されず、適宜な位置に設けられてよい。

【 0 0 6 2 】

このように、この実施例の移動ロボット 1 0 は、車輪 3 2 の独立 2 軸駆動、肩関節 4 8 の 3 自由度（左右で 6 自由度）、肘関節 5 2 の 1 自由度（左右で 2 自由度）、首関節 6 0 の 3 自由度および眼球支持部の 2 自由度（左右で 4 自由度）の合計 1 7 自由度を有する。

【 0 0 6 3 】

図 3 は移動ロボット 1 0 の電氣的な構成を示すブロック図である。図 3 を参照して、移動ロボット 1 0 は、CPU 8 0 を含む。CPU 8 0 は、マイクロコンピュータ或いはプロセッサとも呼ばれ、バス 8 2 を介して、メモリ 8 4、モータ制御ボード 8 6、センサ入力／出力ボード 8 8 および音声入力／出力ボード 9 0 に接続される。CPU 8 0 は、RTC (Real Time Clock) 8 0 a を含んでおり、各センサからの信号ないしデータ（センサ情報）に対して RTC に基づく時刻データを付加する。

【 0 0 6 4 】

メモリ 8 4 は、図示は省略をするが、不揮発メモリ（保存領域）として SSD (Solid State Drive) および ROM と、揮発メモリ（一時記憶領域）として RAM とを含む。SSD、ROM つまり保存領域（1 4 0：図 9 参照）には、移動ロボット 1 0 自身の動きや遠隔操作装置 1 2、サーバ 1 4 との間の通信を制御するための各種の制御プログラム、システムパラメータなど（後述）が予め記憶される。RAM つまり一時記憶領域（1 5 0：図 9 参照）は、ワークメモリないしバッファメモリとして、送受信データを一時保持したり、制御プログラムによって参照される各種の情報や切替え候補リストなど（後述）を更新

可能に記憶したりする。

【 0 0 6 5 】

モータ制御ボード 8 6 は、たとえば D S P で構成され、各腕や首関節および眼球部などの各軸モータの駆動を制御する。すなわち、モータ制御ボード 8 6 は、C P U 8 0 からの制御データを受け、右眼球部 6 8 R の 2 軸のそれぞれの角度を制御する 2 つのモータ ( 図 3 では、まとめて「右眼球モータ 9 2 」と示す。 ) の回転角度を制御する。同様に、モータ制御ボード 8 6 は、C P U 8 0 からの制御データを受け、左眼球部 6 8 L の 2 軸のそれぞれの角度を制御する 2 つのモータ ( 図 3 では、まとめて「左眼球モータ 9 4 」と示す。 ) の回転角度を制御する。

【 0 0 6 6 】

また、モータ制御ボード 8 6 は、C P U 8 0 からの制御データを受け、肩関節 4 8 R の直交する 3 軸のそれぞれの角度を制御する 3 つのモータと肘関節 5 2 R の角度を制御する 1 つのモータとの計 4 つのモータ ( 図 3 では、まとめて「右腕モータ 9 6 」と示す。 ) の回転角度を制御する。同様に、モータ制御ボード 8 6 は、C P U 8 0 からの制御データを受け、肩関節 4 8 L の直交する 3 軸のそれぞれの角度を制御する 3 つのモータと肘関節 5 2 L の角度を制御する 1 つのモータとの計 4 つのモータ ( 図 3 では、まとめて「左腕モータ 9 8 」と示す。 ) の回転角度を制御する。

【 0 0 6 7 】

さらに、モータ制御ボード 8 6 は、C P U 8 0 からの制御データを受け、首関節 6 0 の直交する 3 軸のそれぞれの角度を制御する 3 つのモータ ( 図 3 では、まとめて「頭部モータ 1 1 0 」と示す。 ) の回転角度を制御する。そして、モータ制御ボード 8 6 は、C P U 8 0 からの制御データを受け、右車輪 3 2 a を駆動する右車輪モータ 3 6 a、左車輪 3 2 b を駆動する左車輪モータ 3 6 b の回転角度を、それぞれ個別に制御する。なお、この実施例では、車輪モータ 3 6 を除くモータは、制御を簡素化するためにステッピングモータ ( すなわち、パルスモータ ) を用いる。ただし、車輪モータ 3 6 と同様に直流モータを用いるようにしてもよい。また、移動ロボット 1 0 の身体部位を駆動するアクチュエータは、電流を動力源とするモータに限らず適宜変更されてもよい。たとえば、他の実施例では、エアアクチュエータなどが適用されてもよい。

【 0 0 6 8 】

センサ入力 / 出力ボード 8 8 は、モータ制御ボード 8 6 と同様に、D S P で構成され、各センサからの信号 ( センサ情報 ) を取り込んで C P U 8 0 に与える。すなわち、赤外線距離センサ 4 0 のそれぞれからの反射時間に関するデータがこのセンサ入力 / 出力ボード 8 8 を通じて C P U 8 0 に入力される。また、全方位カメラ 4 6 からの映像信号が、必要に応じてセンサ入力 / 出力ボード 8 8 で所定の処理を施してから C P U 8 0 に入力される。眼カメラ 7 0 からの映像信号も、同様に、C P U 8 0 に入力される。また、上述した複数の接触センサ 5 8 ( 図 3 では、まとめて「接触センサ 5 8 」と示す。 ) からの信号がセンサ入力 / 出力ボード 8 8 を介して C P U 8 0 に与えられる。

【 0 0 6 9 】

また、センサ入力 / 出力ボード 8 8 には、右車輪 3 2 a の回転速度 ( 車輪速 ) を検出する右車輪速センサ 1 1 2 a、左車輪 3 2 b の回転速度を検出する左車輪速センサ 1 1 2 b がさらに接続される。そして、右車輪速センサ 1 1 2 a および左車輪速センサ 1 1 2 b からのそれぞれから、一定時間における右車輪 3 2 a および左車輪 3 2 b の回転数 ( 車輪速 ) に関するデータが、センサ入力 / 出力ボード 8 8 を通じて、C P U 8 0 に入力される。

【 0 0 7 0 】

音声入力 / 出力ボード 9 0 も、他の入力 / 出力ボードと同様に D S P で構成され、図 3 ではから与えられる音声合成データに従った音声または声がスピーカ 6 4 から出力される。また、マイク 6 6 からの音声入力が、音声入力 / 出力ボード 9 0 を介して C P U 8 0 に与えられる。

【 0 0 7 1 】

また、C P U 8 0 は、バス 8 2 を介して通信 L A N ボード 1 1 4 に接続される。通信 L

10

20

30

40

50

ＡＮボード１１４は、たとえばＤＳＰで構成され、ＣＰＵ８０から与えられた送信データを無線通信回路１１６に与え、無線通信回路１１６は送信データを、無指向性アンテナ１１８（アンテナ１）からネットワーク２００を介して外部コンピュータ（遠隔操作装置１２，サーバ１４）に送信する。また、通信ＬＡＮボード１１４は、無線通信回路１１６を介して無指向性アンテナ１１８でデータを受信し、受信したデータをＣＰＵ８０に与える。無指向性アンテナ１１８で受信される受信データには、遠隔操作装置１２からの操作情報および／またはサーバ１４からの位置＆方向情報が含まれる。

【００７２】

また、無線通信回路１１６は、ネットワーク２００へのアクセスポイント（ＡＰ）２０２～２０８から送信される信号（たとえばビーコン信号）あるいはそれが環境で反射された微弱信号を指向性アンテナ１２０で検出ないし受信する。

【００７３】

図４は、遠隔操作装置１２の電氣的な構成を示すブロック図である。図４を参照して、遠隔操作装置１２は、ＣＰＵ２０，メモリ２２，通信ＬＡＮボード２４，通信回路２６，操作パネル２８およびディスプレイ３０を備える。通信回路２６は、図示しない専用ＡＰを介してネットワーク２００に無線または有線で接続される。

【００７４】

操作パネル２８は、各種の操作ボタン，タッチパネルなどで構成され、オペレータが移動ロボット１０の動きを制御するべく行う操作を受け付けて、その操作データを出力する。ＣＰＵ２０は、ＲＴＣ２０ａを含んでおり、操作パネル２８により入力される操作データに対し、ＲＴＣ２０ａに基づく時刻データを付加し、これ（時刻付き操作データ）を送信データ（操作情報）としてメモリ２２に書き込む。ＣＰＵ２０はまた、メモリ４２に記憶された送信データを時刻データに従って読み出し、通信ＬＡＮボード２４に与える。通信ＬＡＮボード２４は、たとえばＤＳＰで構成され、ＣＰＵ２０から与えられた送信データを通信回路４６からネットワーク２００を通して移動ロボット１０に送信する。

【００７５】

通信ＬＡＮボード２４はまた、移動ロボット１０およびサーバ１４からネットワーク２００経由で送られてくるデータ（センサ情報および位置＆方向情報）を通信回路２６で受信し、その受信データをＣＰＵ２０に与える。ＣＰＵ２０は、与えられた受信データをメモリ２２に書き込みつつ、こうしてメモリ２２に記憶された受信データに基づいて、移動ロボット１０からのセンサ情報およびサーバ１４からの位置＆方向情報を視覚的に示す制御画面（図示せず）をディスプレイ３０に表示する。先述したようなオペレータによる操作は、こうしてディスプレイ３０に表示される制御画面を参照しながら行われる。

【００７６】

メモリ２２には、遠隔操作装置１２が以上のような動作を行うための制御プログラム（図１４参照：後述）が予め記憶される。

【００７７】

図５は、サーバ１４の電氣的な構成を示すブロック図である。図５を参照して、サーバ１４は、ＣＰＵ４０，メモリ４２，通信ＬＡＮボード４４，通信回路４６およびセンサ入力／出力ボード４８を備える。通信回路４６は、図示しない専用ＡＰを介してネットワーク２００に無線または有線で接続される。センサ入力／出力ボード４８には、図１に示したＬＲＦ１４２および１４４が接続される。ＣＰＵ４０は、ＲＴＣ４０ａを含んでおり、ＬＲＦ１４２および１４４からセンサ入力／出力ボード４８を通して入力される距離データに対して、ＲＴＣ４０ａから得られる時刻データを付加し、これ（時刻付き距離データ）をメモリ４２に書き込む。ＣＰＵ４０はまた、こうしてメモリ４２に記憶された時刻付き距離データに基づいて、環境における移動ロボット１０の位置および移動方向を計算し、計算結果（位置＆方向情報）を送信データとして再びメモリ４２に書き込む。通信ＬＡＮボード４４は、たとえばＤＳＰで構成され、こうしてメモリ４２に記憶された送信データを通信回路４６からネットワーク２００を通して移動ロボット１０に送信する。

【００７８】

10

20

30

40

50

メモリ 42 には、サーバ 14 が以上のような動作を行うための制御プログラム（図 15 参照：後述）が予め記憶される。

【0079】

図 6 は、遠隔操作システム 100 が適用される環境、およびその環境での無指向性アンテナ 118（アンテナ 1）による通信可能領域の例を示す図解図である。この環境は、たとえば博物館の 1 フロアであり、電波を通さない壁によって 3 つの部屋 1～3 および通路に区分される。AP 202 は通路の入り口 Ent 側に、AP 204～208 は部屋 1～3 にそれぞれ配置される。LRF 142 および 144 は、通路の適宜な位置に設置される。この環境での通信可能領域（AP 202～208 の少なくとも 1 つからの信号が到達する領域）は、網掛けで示された領域であり、部屋 1～3 の全部および通路の一部をカバーする。

10

【0080】

通路では、AP 202 からの信号到達領域 E1 が、入り口 Ent 1 から部屋 1 および 2 の間の壁 W1 の近くまで延びており、また、AP 204～208 からの信号到達領域 E2～E4 が、部屋 1～3 から通路内に入り込んでいる。AP 204 からの信号到達領域 E2 の先端部分は、AP 202 からの信号の到達領域 E1 の先端部分とオーバーラップしており、AP 206 からの信号到達領域 E3 の先端部分は、AP 204 からの信号到達領域 E2 の先端部分と接している（つまりオーバーラップは殆どない）。そして、AP 208 からの信号到達領域 E4 の先端部分は、AP 206 からの信号到達領域 E3 の先端部分から遠く離れている。

20

【0081】

いま、移動ロボット 10 は、通路内を入り口 Ent から奥に向かって線 L に沿って P1→P2→P3→P4→... のように移動しているとすると、この場合、アンテナ 1 の通信相手は、移動ロボット 10 の移動につれて、AP 202→AP 204→AP 206→AP 208 のように順次切り替わる。具体的には、アンテナ 1 の通信相手は、位置 P1～P2 の間では AP 202 であり、位置 P1 を過ぎた直後に AP 204 に切替わる。そして、位置 P2～P3 の途中で通信瞬断の後、さらに AP 206 に切り替わる。この通信瞬断は、AP 204 からの信号到達領域 E2 と AP 206 からの信号到達領域 E3 との間に、オーバーラップが殆どないために生じるもので、移動停止の要因となる。しかし、移動ロボット 10 は、アンテナ 2 を利用することで、この種の通信瞬断を回避可能であり、仮に通信瞬断が生じたとしても、一時停止することなく境界を通過する。

30

【0082】

ここでのアンテナ 2 の具体的な利用方法について、図 7 により説明する。図 7 には、移動ロボット 10 が位置 P2 にあるときの、アンテナ 2 による信号検出範囲と、アンテナ 1 による通信可能領域との関係が示される。図 7 に示されるように、アンテナ 2 による信号検出範囲は、位置 P2 から位置 P3 を超えて前方に延びており、AP 206 からの信号到達領域 E3 の先端部分と重なっている。このため、アンテナ 2 は、位置 P2 よりも手前で、AP 206 からの信号を受信することができる（または、その信号が環境で反射されて生じる微弱信号を検出することができる）。移動ロボット 10 は、こうしてアンテナ 2 で受信した信号から AP 206 への接続情報（図 10（B）参照：後述）を抽出することで、事前に次の AP 206 を認識してそれへの接続情報を取得できるので、AP 204 から AP 206 への高速なハンドオーバ（通信相手の切替え）が行える。また、仮に接続情報を取得できなかったとしても、直ぐ先に次の AP 206 が存在することがわかるので、移動状態を維持することが可能となる。

40

【0083】

図 6 に戻って、その後、位置 P3 を過ぎると、次の AP 208 からの信号到達領域 E4 が遠く離れているため、信号到達領域 E4 に達するまでの間、通信途絶状態となる。しかし、移動ロボット 10 は、このような通信途絶期間が生じて、アンテナ 2 を利用して移動状態を維持し続け、信号到達領域 E4 に入る。そして、位置 P4 を過ぎると、すなわち信号到達領域 E4 を出た時点で、移動を停止する。

50

## 【 0 0 8 4 】

ここでのアンテナ 2 の具体的な利用方法について、図 8 により説明する。図 8 には、アンテナ 2 による信号検出範囲と、A P 2 0 8 から送信され環境で反射された反射信号の到達領域との関係が示される。図 8 ( A ) は移動ロボット 1 0 が位置 P 3 にあるときの両者の関係を、図 8 ( B ) は移動ロボット 1 0 が位置 P 4 にあるときの両者の関係をそれぞれ示す。

## 【 0 0 8 5 】

まず、図 8 ( A ) を参照して、A P 2 0 8 から送信され環境で反射された反射信号の到達領域 E 4 r (以下“到達領域 E 4 r”)は、A P 2 0 8 からの信号到達領域 E 4 のうち通路内に入り込んだ部分を含んで、移動ロボット 1 0 の移動方向とは逆向きに(後方に)延びており、このため、位置 P 3 の時点で、アンテナ 2 の信号検出範囲は、到達領域 E 4 r の後端部分と重なっている。したがって、アンテナ 2 は、位置 P 3 よりも手前で、A P 2 0 8 からの信号が環境で反射されて生じる微弱信号を検出することができる。移動ロボット 1 0 は、こうしてアンテナ 2 で検出した微弱信号によって、移動方向に次の A P 2 0 8 が存在することがわかるので、移動状態を維持することが可能となる。このとき、次の A P 2 0 8 がどの程度先に存在するかを、微弱信号の強度から予測してもよい。

## 【 0 0 8 6 】

なお、通信途絶状態が所定時間以上継続した場合には、移動ロボット 1 0 は、移動を停止する。

## 【 0 0 8 7 】

次に、図 8 ( B ) を参照して、位置 P 4 の時点で、移動ロボット 1 0 の移動方向には、次の A P はもはや存在しない。このため、アンテナ 2 の信号検出範囲は、次の A P からの信号ないしその反射信号の到達領域と重なることはない。移動ロボット 1 0 は、A P 2 0 8 からの信号到達領域 E 4 を出た時点で、アンテナ 2 によって新たな A P が検出されていないので、移動方向に A P は存在しないと判断して、移動を停止する。

## 【 0 0 8 8 】

以上のような動作を行うとき、移動ロボット 1 0 の C P U 8 0 は、メモリ 8 4 に記憶された制御プログラムや情報に基づいて、図 1 1 および図 1 2 に示されるフローに従う通信制御処理と、図 1 3 に示されるフローに従う動き制御処理とを並列的に実行する。遠隔操作装置 1 2 およびサーバ 1 4 は、図 1 4 および図 1 5 に示されるフローに従う制御処理をそれぞれ実行する。

## 【 0 0 8 9 】

図 9 には移動ロボット 1 0 のメモリマップが、図 1 0 にはメモリマップ内の主要な項目の詳細が、それぞれ示されている。図 9 を参照して、メモリ 8 4 は保存領域 1 4 0 および一時記憶領域 1 5 0 を含み、保存領域 1 4 0 には通信制御プログラム 1 4 2 , 動き制御プログラム 1 4 4 およびシステムパラメータ 1 4 6 などが記憶される。一時記憶領域 1 5 0 には、切替え候補リスト 1 5 2 , 通信状況情報 1 5 4 , センサ情報 1 5 6 , 位置 & 方向情報 1 5 8 , 操作情報 1 6 0 および動き制御情報 1 6 2 などが記憶される。

## 【 0 0 9 0 】

通信制御プログラム 1 4 2 は、移動ロボット 1 0 が無指向性アンテナ 1 1 8 (アンテナ 1 ) および指向性アンテナ 1 2 0 (アンテナ 2 ) を利用して A P 2 0 2 ~ 2 0 8 を順次切替えながら遠隔操作装置 1 2 およびサーバ 1 4 と無線通信を行うための制御プログラムであり、図 1 1 および図 1 2 のフローに対応する。動き制御プログラム 1 4 4 は、移動ロボット 1 0 が、自身によるセンサ情報、遠隔操作装置 1 2 からの操作情報およびサーバ 1 4 からの位置 & 方向情報に基づいて、自身の動きを制御するための制御プログラムであり、図 1 3 のフローに対応する。

## 【 0 0 9 1 】

システムパラメータ 1 4 6 は、遠隔操作システム 1 0 0 に対して事前の設定操作により変更可能に設定されるパラメータであり、具体的には、図 1 0 ( A ) に示すように、“切替え候補の有効期限”および“移動容認時間”という 2 個のパラメータを含む。これらの

パラメータの値は、それぞれたとえば60秒および10秒などのように記述される。

【0092】

切替え候補リスト152は、アンテナ2で検出されたAP(202, 204, ...)を切替え候補AP(以下“候補AP”)として登録するためのリストであり、具体的には、図10(B)に示すように、当該候補APのID(識別情報)、検出時刻、信号強度および接続情報などが登録される。ここで接続情報は、当該APで使用されるチャネル(周波数)、伝送速度、および送信タイミングといった、当該APへの(特に速やかな)接続に必要な情報を含む。

【0093】

通信状況情報154は、移動ロボット10自身の通信状況を示す情報であり、具体的には、図10(C)に示すように、“非通信状態の継続時間(T)”などが記述される。T=0であれば、アンテナ1による通信品質が閾値以上(通信可能状態)であることがわかる。T>0であれば、アンテナ1による通信品質が閾値未満(通信不能状態)であることがわかり、さらには、変数Tの値によって通信不能状態の継続時間もわかる。なお、アンテナ2の方向を可変とした場合には、その方向を示す値もここに記述される。

【0094】

センサ情報156は、移動ロボット10自身に備わる各種センサ(40, 46, 58, 70, 112aおよび112b)による検知結果を示す情報であり、たとえば、周辺に存在する対象物や壁面までの距離を示す距離情報、周辺を各種カメラで捉えた画像情報、対象物との接触情報、および左右の車輪の速度を示す車輪速情報などを含む。位置&方向情報158は、サーバ14から受信される情報であり、移動ロボット10自身の位置および移動方向を示す。なお、遠隔操作システム100からサーバ14を省略し、移動ロボット10自身によるセンサ情報に基づいて、位置&方向情報158を計算するようにしてもよい。

【0095】

操作情報160は、遠隔操作装置12から受信される情報であり、遠隔操作装置12により行われた操作内容(コマンド)を示す。動き制御情報162は、センサ情報156、位置&方向情報158および操作情報160などに基づいて生成される情報であり、移動ロボット10の動き(各種モータの動作)は、この動き制御情報162に基づいて制御される。

【0096】

移動ロボット10のCPU80は、通信制御プログラム142に基づいて、図11および図12のフローに従う通信制御処理を実行する。まず図11を参照して、ステップS1では、アンテナ1による通信品質(たとえば遅延時間、エラー率、スルーレートなど：以下同様)が閾値以上か否かを判別し、YESであれば、ステップS3に移って、状態情報154の1項目である“非通信状態の継続時間(T)”をリセットする(T=0)。また、もし可能であれば、ステップS5で、アンテナ1の接続相手(現AP)から隣接APのIDおよび接続情報を受信して、切替え候補リストに152に記録しておく(オプション)。そして、ステップS7に進み、アンテナ2で別のAPからの信号を検出したか否かを判別する。

【0097】

なお、アンテナ2で検出された信号(以下“検出信号”)が現APからのものであるか別のAPからのものであるかは、検出信号に含まれる識別情報(各APに割り当てられたID)に基づいて判別できる。したがって、検出信号から有意の識別情報(AP用のID)を抽出できない場合や、たとえAP用のIDを抽出できてもそれが現APと同じものである場合には、ステップS7でNOと判別され、ステップS17(後述)に進む。

【0098】

ステップS7でYESであれば、ステップS9に移って、検出信号の送信元を候補APとして登録する。具体的には、信号から抽出されたID、検出時刻および信号強度を切替え候補リスト152に記録する。次に、ステップS11で、検出信から当該候補APへの

10

20

30

40

50

接続情報を抽出する。そして、ステップS 1 3で、有意の接続情報を抽出できたか否かを判別し、N OであればステップS 1 7に進む。

【0 0 9 9】

ステップS 1 3でY E Sであれば、その抽出した接続情報を切替え候補リスト1 5 2に追記する。そしてステップS 1 7に進む。したがって、切替え候補リスト1 5 2には、図1 0 ( B ) に示されるように、接続情報が既知の候補A Pと、接続情報が未知の候補A Pとが混在して登録され得る。

【0 1 0 0】

次に図1 2を参照して、ステップS 1 7では、切替え候補リスト1 5 2を参照して、システムパラメータ1 4 6に記された有効期限（たとえば6 0秒）を過ぎた候補A Pがあるか否かを判別する。ここでN OであればステップS 2 1に進む一方、Y E Sであれば、ステップS 1 9でそのような候補A Pを切替え候補リスト1 5 2から削除する。具体的には、各候補A Pの検出時刻を現在時刻と比較して、その差分がたとえば6 0秒を超えている候補A Pを切替え候補リスト1 5 2から削除する。削除後、ステップS 2 1に進む。

【0 1 0 1】

ステップS 2 1では、位置&方向情報1 5 8（図9参照）の変化に注目して、移動ロボット1 0の移動方向が設定値以上に変更されたか否かを判別し、N OであればステップS 1に戻る。なお、この設定値は、指向性アンテナの性能や周囲環境によるフェージング量などを考慮して事前に決定または動的に変更されるものであり、たとえば指向性アンテナの半値角の半分に設定される。ステップS 2 1でY E Sであれば、ステップS 2 3で切替え候補リスト1 5 2を初期化した後、ステップS 1に戻る。

【0 1 0 2】

したがって、アンテナ1で閾値以上の通信品質が得られている状態（図6では位置P 1～P 2の間）では、上述したステップS 1～S 2 3からなるループが繰り返し実行され、これによって、切替え候補リスト1 5 2が最新の状態に保たれる。ステップS 1の判別結果がY E SからN Oに変化する、すなわち通信品質が閾値を下回ると（図6ではP 3，P 4の各直後）、上記のループを抜けてステップS 2 5に移る。

【0 1 0 3】

図1 1に戻って、ステップS 2 5では、非通信状態の継続時間（変数T）が、システムパラメータ1 4 6に記された移動容認時間（たとえば5秒）以下であるか否かを判別し、N O（T > 5秒）であればステップS 3 9（後述）に進む。ステップS 2 5でY E S（T < 5秒）であれば、ステップS 2 7で変数Tをカウントアップした後、ステップS 2 9で切替え候補リスト1 5 2に候補A Pがあるか否かを判別する。ステップS 2 9でN OであればステップS 3 9に進む一方、Y E Sであれば切替え候補リスト1 5 2に存在する候補A Pの全てを試したか否かをステップS 3 1でさらに判別する。

【0 1 0 4】

ステップS 3 1でY E SであればステップS 3 9に進む一方、N OであればステップS 3 3で、アンテナ1の接続相手を未試行の候補A Pに切替える。そしてステップS 3 5で、切替え後のアンテナ1による通信品質が閾値以上となったか否かを判別し、ここでもN Oであれば、ステップS 2 5に戻って上記と同様の処理を繰り返す。なお、ステップS 3 5での閾値は、ステップS 1での閾値と同じ値または相対的に大きい値を用いる。

【0 1 0 5】

ステップS 3 5でY E SであればステップS 3 7に移って、当該候補A Pつまりアンテナ1の新たな接続相手となった候補A Pを切替え候補リスト1 5 2から削除する。その後、ステップS 3に戻って上記と同様の処理を繰り返す。

【0 1 0 6】

したがって、アンテナ1で閾値以上の通信品質が得られない状態（図6では位置P 3の直後からの通信途絶期間）では、上述したステップS 2 5～S 3 5からなるループが繰り返し実行され、これによって、アンテナ1の接続相手の切替え候補リスト1 5 2に登録された候補A Pへの切替えが試みられる。移動容認時間内にいずれかの候補A Pへの切替え

10

20

30

40

50

が成功して閾値以上の通信品質が得られると、先のステップ S 1 ~ S 2 3 のループに戻る。切替え候補リスト 1 5 2 に 1 つも候補 A P が存在しない場合、または全ての候補 A P を試し終えた時点で閾値以上の通信品質が得られていない場合、もしくは移動容認時間が経過しても閾値以上の通信品質が得られなかった場合には、ステップ S 3 9 ~ S 4 7 を通じて、動き制御に割り込む形で停止制御が行われる。

#### 【 0 1 0 7 】

詳しくは、ステップ S 3 9 で、図 1 3 に示す動き制御に割り込んで、左右の車輪モータ 3 6 a および 3 6 b を強制停止させる。次に、ステップ S 4 1 で、通信可能領域からの逸脱を示す通知を遠隔操作装置 1 2 に送信する。ただし、この通知は、現時点の通信品質によっては、遠隔操作装置 1 2 に到達しない場合がある（ステップ S 4 1 は省略してもよい）。次に、引き続き左右の車輪モータ 3 6 a および 3 6 b を制御して、ステップ S 4 3 で進行方向を（たとえば逆方向に）変更した後、ステップ S 4 5 で移動を再開させる。このとき、移動再開を示す通知を遠隔操作装置 1 2 に送信してもよい。その後、ステップ S 2 3 で切り換え候補リスト 1 5 2 を初期化した後、ステップ S 1 に戻って、上記と同様の処理を繰り返す。

#### 【 0 1 0 8 】

上記のような通信制御と並列的に、移動ロボット 1 0 の C P U 8 0 は、動き制御プログラム 1 4 4 に基づいて、図 1 3 のフローに従う動き制御処理を実行する。図 1 3 を参照して、まずステップ S 6 1 で、一時記憶領域 1 5 0 の初期化といった初期処理を実行する。次に、ステップ S 6 3 に進んで、各種センサ（4 0 , 4 6 , 5 8 , 7 0 , 1 1 2 a および 1 1 2 b）からセンサ情報を取得し、ステップ S 6 5 で、一時記憶領域 1 5 0 に記憶されたセンサ情報 1 5 6 を更新する。更新後のセンサ情報 1 5 6 は、通信 L A N ボード 1 1 4 を介して、無線通信回路 1 1 6 により無指向性アンテナ 1 1 8（アンテナ 1）で遠隔操作装置 1 2 に送信される。その後、ステップ S 6 7 に進む。

#### 【 0 1 0 9 】

ステップ S 6 7 では、サーバ 1 4 から位置 & 方向情報を受信したか否かを判別し、N O であればステップ S 7 1 に進む。ステップ S 6 7 で Y E S であれば、ステップ S 6 9 で、一時記憶領域 1 5 0 に記憶された位置 & 方向情報 1 5 8 を更新した後、ステップ S 7 1 に進む。ステップ S 7 1 では、遠隔操作装置 1 2 から操作情報を受信したか否かを判別し、N O であればステップ S 7 5 に進む。ステップ S 7 1 で Y E S であれば、ステップ S 7 3 で、一時記憶領域 1 5 0 に記憶された操作情報 1 5 6 を更新した後、ステップ S 7 5 に進む。

#### 【 0 1 1 0 】

ステップ S 7 5 では、センサ情報 1 5 6 , 位置 & 方向情報 1 5 8 および操作情報 1 6 0 に基づいて動き制御情報 1 6 2 を生成し、そしてステップ S 7 7 で、この動き制御情報 1 6 2 に基づいて各種モータ（9 2 ~ 9 8 , 1 1 0 , 3 6 a および 3 6 b）を駆動する。その後、ステップ S 6 3 に戻って上記と同様の処理を繰り返す。これによって、移動ロボット 1 0 の様々な動き、たとえば先述したような移動やコミュニケーション行動などが実現される。

#### 【 0 1 1 1 】

遠隔操作装置 1 2 の C P U 2 0 は、メモリ 2 2 に記憶された制御プログラム（図示せず）に基づいて、図 1 3 のフローに従う制御処理を実行する。図 1 3 を参照して、まずステップ S 8 1 で、ディスプレイ 3 0 に制御画面（図示せず）を初期表示し、次に、ステップ S 8 3 で、操作パネル 2 8 への操作入力があったか否かを判別して、N O であればステップ S 8 7 に進む。ステップ S 8 3 で Y E S であれば、ステップ S 8 5 で、その操作入力の内容を示す操作情報を、通信 L A N ボード 2 4 を介して通信回路 2 6 から移動ロボット 1 0 に送信した後、ステップ S 8 7 に進む。ステップ S 8 7 では、通信 L A N ボード 2 4 によって移動ロボット 1 0 からのセンサ情報および / またはサーバ 1 4 からの位置 & 方向情報が受信されたか否かを判別し、N O であればステップ S 8 3 に戻る。ステップ S 8 7 で Y E S であれば、ステップ S 8 9 でディスプレイ 3 0 の制御画面を受信情報に基づいて更

新した後、ステップS 8 3に戻る。そして、上記と同様の処理を繰り返す。

【0 1 1 2】

これによって、ディスプレイ3 0には、移動ロボット1 0からのセンサ情報およびサーバ1 4の位置&方向情報を視覚的に示す制御画面が表示され、オペレータは、ディスプレイ3 0の制御画面を見ながら、必要に応じて操作パネル2 8を操作して、移動ロボット1 0の遠隔制御を行うことができる。

【0 1 1 3】

サーバ1 4のCPU 4 0は、メモリ4 2に記憶された制御プログラム(図示せず)に基づいて、図1 4のフローに従う制御処理を実行する。図1 4を参照して、まずステップS 9 1で、LRF 1 4 2および1 4 4から距離情報を取得する。取得した距離情報は、メモリ4 2に書き込まれる。ステップS 9 3では、今回取得した距離情報をメモリ4 2に記憶された前回の距離情報と比較して、変化があるか否かを判別し、ここでNOであればステップS 9 1に戻る。ステップS 9 3でYESであれば、ステップS 9 5に進んで、今回の距離情報および前回の距離情報に基づいて移動ロボット1 0の位置および移動方向を計算する。そしてステップS 9 7で、計算結果を示す位置&方向情報を、通信LANボード4 4を介して通信回路4 6から移動ロボット1 0および遠隔操作装置1 2の各々に送信する。その後、ステップS 9 1に戻って上記と同様の処理を繰り返す。

【0 1 1 4】

これにより、移動ロボット1 0は、移動ロボット1 0自身の位置および移動方向を知ることができるので、自律的な移動が行える。また、遠隔操作装置1 2を操作するオペレータは、移動ロボット1 0の位置および移動方向を知ることができるので、移動ロボット1 0の遠隔操作が行える。なお、遠隔操作システム1 0 0からサーバ1 4を省略して、移動ロボット1 0自身がセンサ情報1 5 6に基づいて位置および移動方向を計算してもよい。遠隔操作装置1 2には、この計算結果(位置&方向情報1 5 8)が送信される。

【0 1 1 5】

以上から明らかなように、この実施例では、移動ロボット1 0は、AP 2 0 2 ~ 2 0 8のいずれか1つを介して遠隔操作される。このような移動ロボット1 0(あるいは移動ロボット操作用無線通信装置1 0 A:図3参照)は、AP 2 0 2 ~ 2 0 8のいずれか1つと無線通信を行うための無指向性アンテナ1 1 8、移動ロボット1 0の移動方向を向いた指向性を有する指向性アンテナ1 2 0、およびCPU 8 0を備える。CPU 8 0は、AP 2 0 2 ~ 2 0 8のうち移動ロボット1 0の移動方向沿いに位置するAPからの信号を指向性アンテナ1 2 0によって検出し(S 7)、検出された信号に基づく情報を切替え候補リスト1 5 2に登録し(S 9, S 1 5)、そして無指向性アンテナ1 1 8による通信品質が閾値を下回った場合に(S 1: NO)、切替え候補リスト1 5 2の登録情報に基づいて無指向性アンテナ1 1 8の通信相手を切替える(S 3 3)。こうして、簡単な構成で、ハンドオーバー時の通信途絶を極力抑えることができる。

【0 1 1 6】

また、無指向性アンテナ1 2 0による通信品質が閾値を下回っている状態で(S 1: NO)、CPU 8 0は、切替え候補リスト1 5 2に登録情報が存在しない場合には(S 2 9: NO)移動ロボット1 0自身の移動を強制的に停止させる一方、登録情報が存在する場合には(S 2 9: YES)移動ロボット1 0の移動を容認する(S 4 1)。したがって、移動ロボット1 0が通信可能領域を逸脱したとき、移動先に無線基地局が存在するか否かで、その移動を容認するか強制停止させるかを決めるので、回復の目途が立たない通信途絶であれば移動は強制停止され、一時的な通信途絶であれば移動が容認される結果となり、移動ロボット1 0の移動範囲を安全に広げることができる。

【0 1 1 7】

なお、以上では、移動ロボット1 0(移動ロボット操作用無線通信装置1 0 A)について説明したが、この発明は、無人搬送機、電動カートなど様々な移動体(移動体操作用無線通信装置)に用いることができる。

【0 1 1 8】

10

20

30

40

50

また、以上の説明では、電波を無指向性アンテナおよび指向性アンテナで検出したが、このよう組み合わせ以外に、電波と可変指向性アンテナ、指向性アンテナとの組み合わせや、電波と可変指向性アンテナ、可変指向性アンテナとの組み合わせも可能である。その他にも、可視光または赤外線と、フォトディテクタ、光検出器、受光器、光センサ、撮像素子（フォトダイオード、フォトランジスタ、CDS、CCD）に光学レンズや曲面鏡で指向性を付与したものとを組み合わせてもよい。あるいは、テラヘルツ波と、ディテクタ、検出器、センサ、アンテナに誘電体レンズや曲面鏡で指向性の付与を行ったものとの組み合わせでの実施も可能である。

【符号の説明】

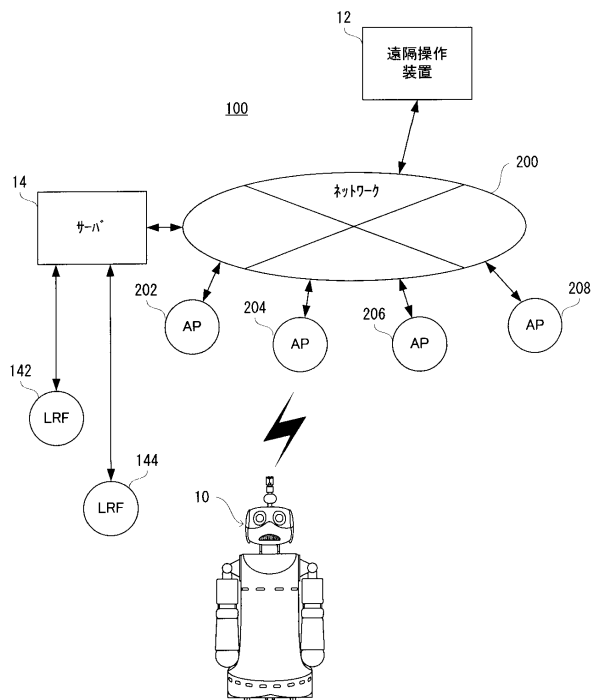
【 0 1 1 9 】

- 1 0 ... 移動ロボット  
 1 2 ... 遠隔操作装置  
 1 4 ... サーバ  
 2 0 , 4 0 , 8 0 ... C P U  
 2 2 , 4 2 , 8 4 ... メモリ  
 2 4 , 4 4 , 1 1 4 ... 通信 L A N ボード  
 2 6 , 4 6 ... 通信回路  
 1 1 6 ... 無線通信回路  
 1 1 8 ... 無指向性アンテナ（アンテナ 1）  
 1 2 0 ... 指向性アンテナ（アンテナ 2）  
 1 4 2 , 1 4 4 ... L R F（レーザレンジファインダ）  
 2 0 0 ... ネットワーク  
 2 0 2 ~ 2 0 8 ... A P（アクセスポイント）

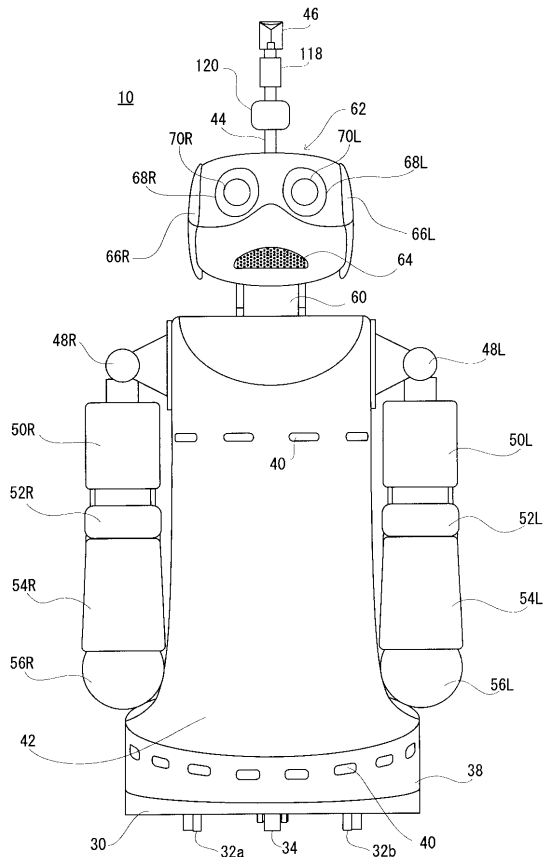
10

20

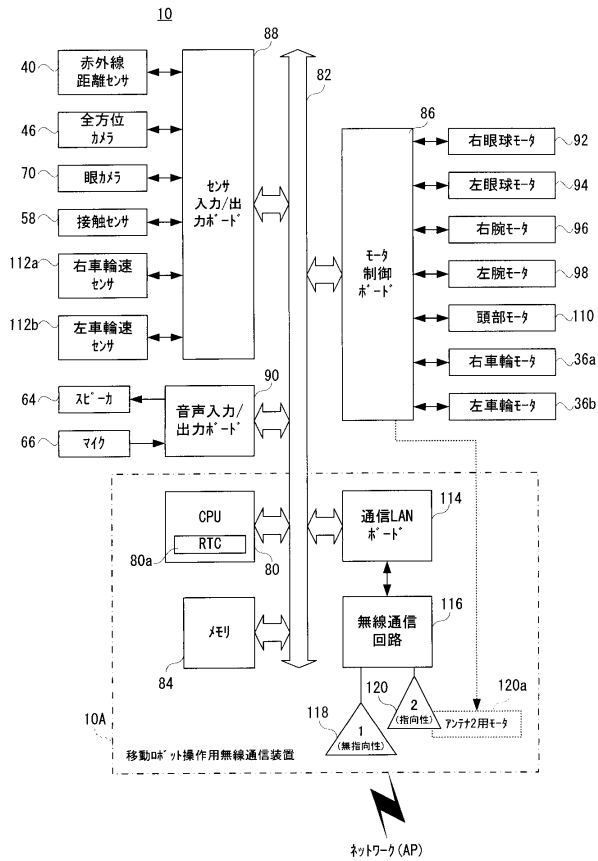
【図 1】



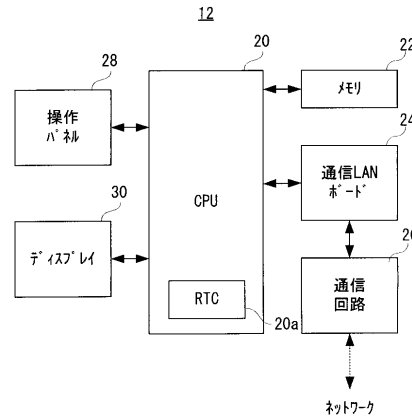
【図 2】



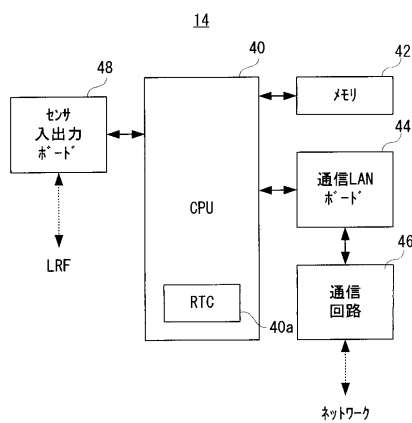
【図3】



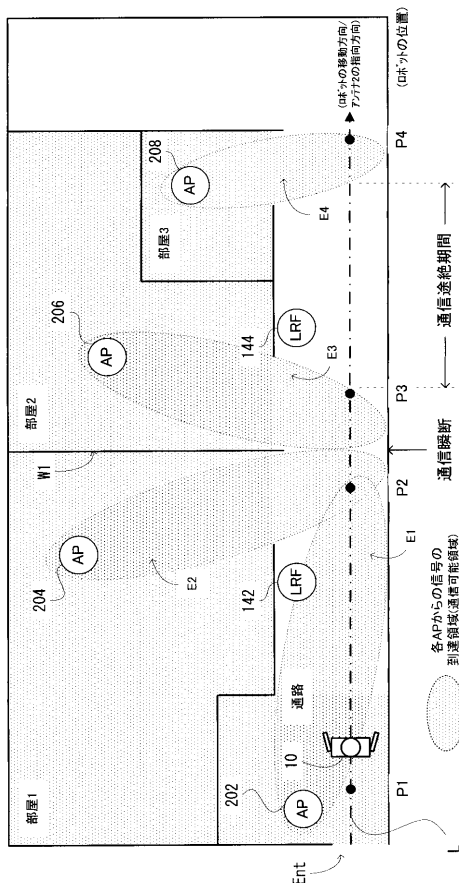
【図4】



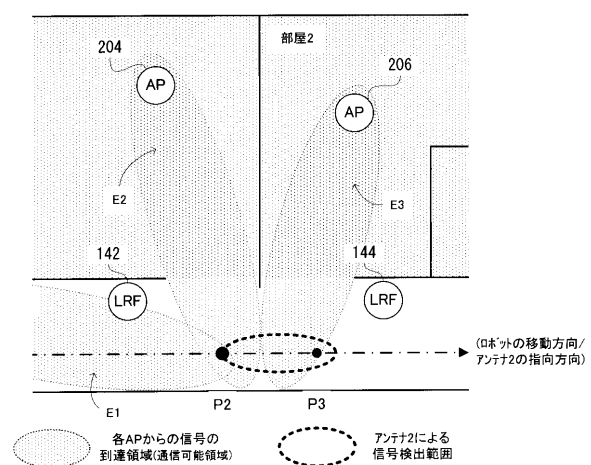
【図5】



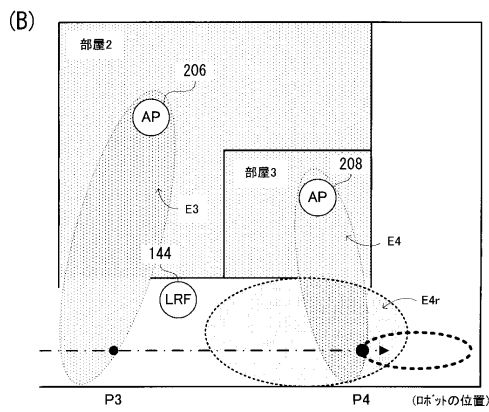
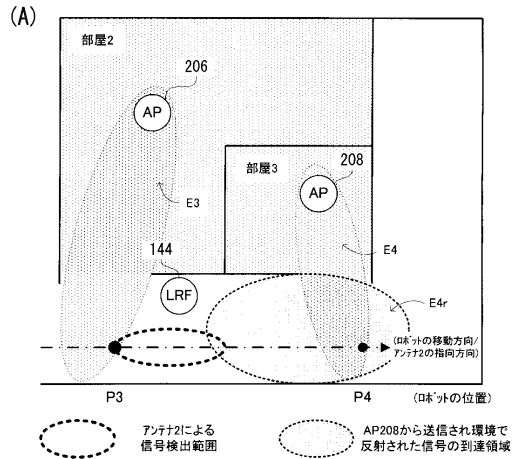
【図6】



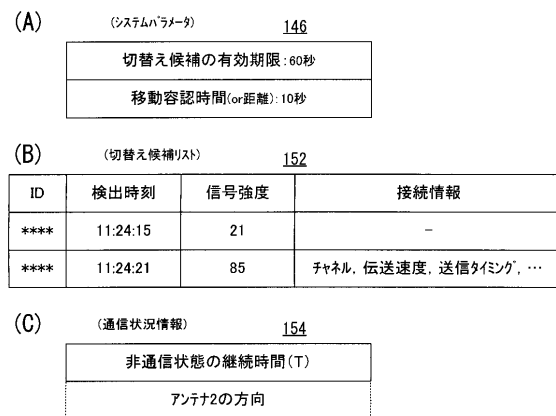
【図7】



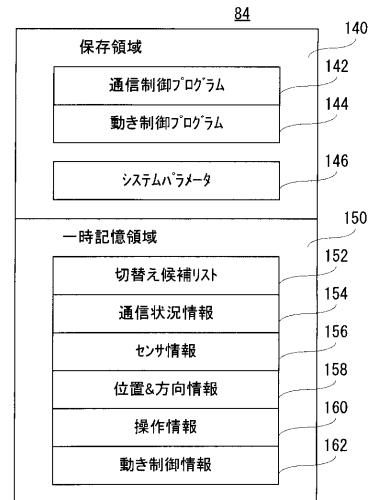
【図 8】



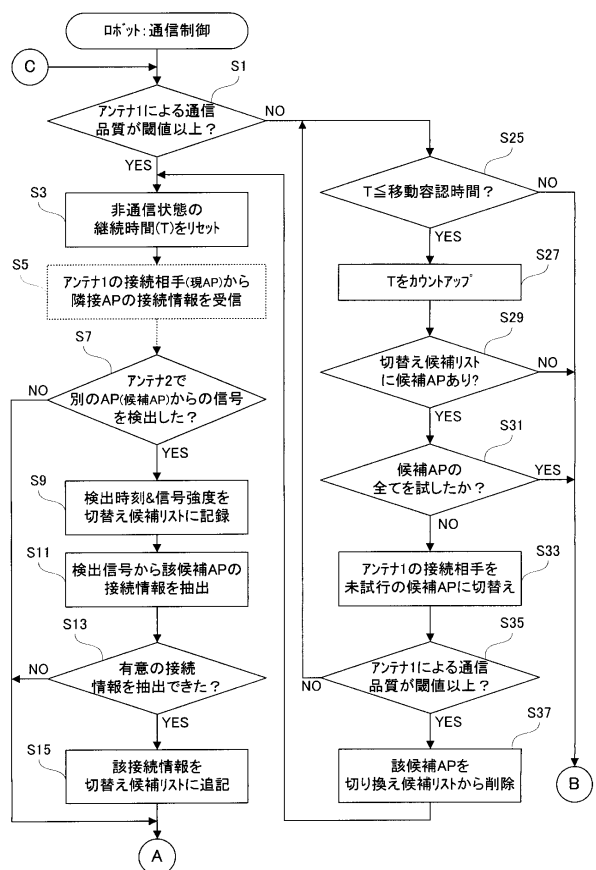
【図 10】



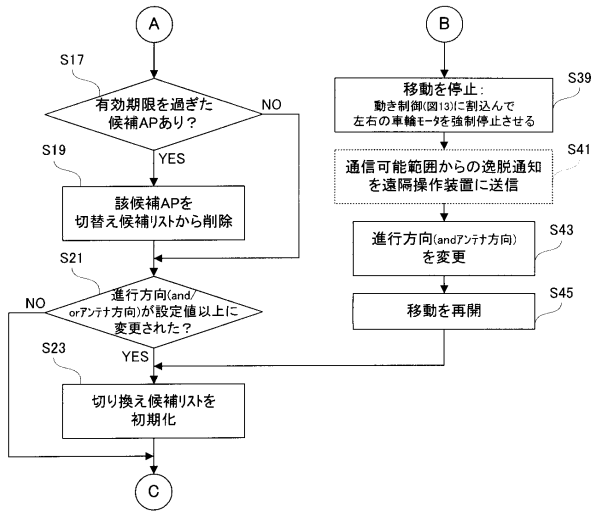
【図 9】



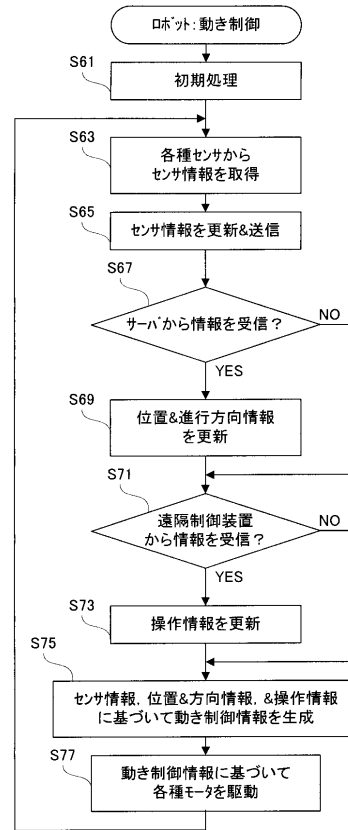
【図 11】



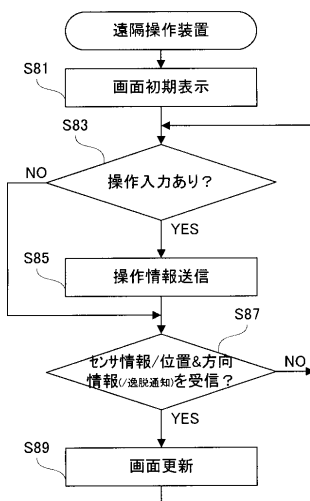
【図 12】



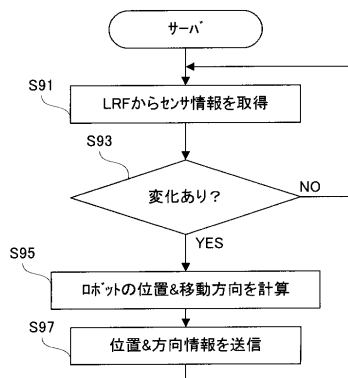
【図 13】



【図 14】



【図 15】



---

フロントページの続き

(72)発明者 上羽 正純

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

(72)発明者 秋本 高明

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

審査官 倉本 敦史

(56)参考文献 特開2002-305474(JP,A)

特開平03-128536(JP,A)

特開2008-090576(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04W 4/00-99/00

B25J 1/00-21/02

G05D 1/00-1/12