

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7184100号
(P7184100)

(45)発行日 令和4年12月6日(2022.12.6)

(24)登録日 令和4年11月28日(2022.11.28)

(51)国際特許分類

F I

G 0 8 G 1/16 (2006.01)

G 0 8 G 1/16

A

G 0 8 G 1/09 (2006.01)

G 0 8 G 1/09

H

G 0 8 G 1/00 (2006.01)

G 0 8 G 1/00

X

G 1 6 Y 10/40 (2020.01)

G 1 6 Y 10/40

G 1 6 Y 40/10 (2020.01)

G 1 6 Y 40/10

請求項の数 7 (全24頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2020-569501(P2020-569501)

(86)(22)出願日 令和2年1月16日(2020.1.16)

(86)国際出願番号 PCT/JP2020/001305

(87)国際公開番号 WO2020/158421

(87)国際公開日 令和2年8月6日(2020.8.6)

審査請求日 令和3年7月12日(2021.7.12)

(31)優先権主張番号 特願2019-15598(P2019-15598)

(32)優先日 平成31年1月31日(2019.1.31)

(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(74)代理人 100103894

弁理士 家入 健

(72)発明者 小林 航生

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気

株式会社内

(72)発明者 スマン スウィティ

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気

株式会社内

(72)発明者 岩井 孝法

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気

株式会社内

(72)発明者 吉田 裕志

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 通信制御装置、通信制御方法、及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

移動体との間で情報を通信する手段と、

前記移動体の位置情報を用いて、前記移動体と他のオブジェクトとの相対関係に関する制約条件、または、前記移動体と前記移動体が走行すべき経路との相対関係に関する制約条件を前記移動体が違反する違反時刻を予測する違反時刻予測手段と、

前記違反時刻を用いて、前記制約条件の違反を回避するための回避動作の実行期限を算出するデッドライン算出手段と、

現在時刻と前記実行期限との時間差が小さくなるにつれて前記移動体との通信の優先度を増加させる通信制御手段と、を備え、

前記移動体と前記他のオブジェクトとの相対関係に関する制約条件は、

第1の移動体と、前記第1の移動体と協調してタスクを実行する第2の移動体との間の位置の差、速度の差、加速度の差、及び向きの差の少なくとも1つが所定の範囲内であるとの条件を満たすことであり、

前記違反時刻予測手段は、

前記第1の移動体と前記第2の移動体との間で満たすべき前記条件を満たさなくなる時刻を予測する、通信制御装置。

【請求項2】

前記移動体と前記移動体が走行すべき経路との相対関係に関する制約条件は、

前記移動体と前記移動体が走行すべき経路との間の距離が所定の範囲内にあるとの条件

を満たすことであり、

前記違反時刻予測手段は、

前記移動体と前記移動体が走行すべき経路との間の距離が所定の範囲内に存在しなくなる離脱時刻を予測する、請求項 1 に記載の通信制御装置。

【請求項 3】

前記デッドライン算出手段は、

前記違反時刻、及び、前記移動体の制動時間もしくは動作時間、を用いて、前記実行期限を算出する、請求項 1 又は 2 に記載の通信制御装置。

【請求項 4】

前記移動体と前記通信制御装置との間の通信時間の測定値、通信速度、通信誤り率、無線品質、無線リソース使用率、データサイズの少なくとも 1 つを用いて、前記移動体と前記通信制御装置との間で所定情報を通信するのに要する通信時間を予測する通信時間予測手段をさらに備え、

10

前記デッドライン算出手段は、

前記違反時刻及び前記通信時間を用いて、前記実行期限を算出する、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の通信制御装置。

【請求項 5】

前記移動体において利用される無線リソースの安全余裕度を評価する安全余裕度評価手段と、

前記安全余裕度に応じて前記移動体の運行を制御する運行制御手段と、をさらに備える請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の通信制御装置。

20

【請求項 6】

移動体との間で情報を通信し、

前記移動体の位置情報を用いて、前記移動体と他のオブジェクトとの相対関係に関する制約条件として、第 1 の移動体と、前記第 1 の移動体と協調してタスクを実行する第 2 の移動体との間の位置の差、速度の差、加速度の差、及び向きの差の少なくとも 1 つが所定の範囲内であるとの条件、を前記第 1 の移動体と前記第 2 の移動体との間で満たさなくなる違反時刻を予測し、または、前記移動体と前記移動体が走行すべき経路との相対関係に関する制約条件を前記移動体が違反する違反時刻を予測し、

前記違反時刻を用いて、前記制約条件の違反を回避するための回避動作の実行期限を算出し、

30

現在時刻と前記実行期限との時間差が小さくなるにつれて前記移動体との通信の優先度を増加させる、通信制御装置における通信制御方法。

【請求項 7】

移動体との間で情報を通信し、

前記移動体の位置情報を用いて、前記移動体と他のオブジェクトとの相対関係に関する制約条件として、第 1 の移動体と、前記第 1 の移動体と協調してタスクを実行する第 2 の移動体との間の位置の差、速度の差、加速度の差、及び向きの差の少なくとも 1 つが所定の範囲内であるとの条件、を前記第 1 の移動体と前記第 2 の移動体との間で満たさなくなる違反時刻を予測し、または、前記移動体と前記移動体が走行すべき経路との相対関係に関する制約条件を前記移動体が違反する違反時刻を予測し、

40

前記違反時刻を用いて、前記制約条件の違反を回避するための回避動作の実行期限を算出し、

現在時刻と前記実行期限との時間差が小さくなるにつれて前記移動体との通信の優先度を増加させることをコンピュータに実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、通信制御装置、通信システム、及び通信制御方法に関する。

【背景技術】

50

【0002】

近年、AGV (Automatic Guided Vehicle) を用いた運搬作業の自動化が進んでいる。荷物の運搬作業を自動化することによって、例えば、工場内もしくは倉庫内の作業を効率化することができる。AGVが滞留や衝突を起こすことなく、高速かつスムーズに走行するために、それぞれのAGVは、位置や速度等の情報をリアルタイムに共有する必要がある。それぞれのAGVが情報をリアルタイムに共有するための手段として、主に無線通信が用いられる。

【0003】

特許文献1には、自車両と周辺車両との相対関係を算出し、現時点から規定時間後までの相対位置の変化を演算する通信装置の構成が記載されている。さらに、特許文献1には、相対位置が変化した場合、自車両と周辺車両との間に衝突危険性がある場合には、それぞれの車両が、通信電力を高くして位置情報等のデータの送信を行うことが記載されている。通信電力を高くすることによって、緊急度の高いデータの通信品質の向上を実現している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2017-068398号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0005】

しかし、特許文献1においては、それぞれの車両における衝突回避動作の実行が考慮されていない。その結果、特許文献1の通信装置は、衝突回避動作の実行期限を予測することができず、衝突回避のために必要となる通信を、衝突回避動作の実行期限までに完了させることができないという問題がある。すなわち、特許文献1の通信装置は、衝突回避のための効率的な通信制御ができないという問題がある。

【0006】

本開示の目的は、効率的な通信制御を行うことができる通信制御装置、通信システム、及び通信制御方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

30

【0007】

本開示の第1の態様にかかる通信制御装置は、走行中の移動体から位置情報を受信する通信部と、前記位置情報を用いて、前記移動体と他のオブジェクトとの相対関係に関する制約条件、または、前記移動体と前記移動体が走行すべき経路との相対関係に関する制約条件を前記移動体が違反する違反時刻を予測する違反時刻予測部と、前記違反時刻を用いて、前記移動体の前記制約条件の違反を回避するための回避動作の実行期限を算出するデッドライン算出部と、現在時刻と前記実行期限との時間差が小さくなるにつれて前記移動体へ割り当てる無線リソースを増加させる通信制御部と、を備える。

【0008】

本開示の第2の態様にかかる通信システムは、走行中の移動体から位置情報を受信する通信部と、前記位置情報を用いて、前記移動体と他のオブジェクトとの相対関係に関する制約条件、または、前記移動体と前記移動体が走行すべき経路との相対関係に関する制約条件を前記移動体が違反する違反時刻を予測する違反時刻予測部と、前記違反時刻を用いて、前記移動体の前記制約条件の違反を回避するための回避動作の実行期限を算出するデッドライン算出部と、を有し、前記通信部が、前記実行期限を前記走行中の移動体へ送信する通信制御装置と、前記実行期限を受信する通信部と、現在時刻と前記実行期限との時間差が小さくなるにつれて前記通信制御装置との通信に用いる無線リソースを増加させる通信制御部と、を有する移動体と、を備える。

40

【0009】

本開示の第3の態様にかかる無線リソース制御方法は、走行中の移動体から位置情報を

50

受信し、前記位置情報を用いて、前記移動体と他のオブジェクトとの相対関係に関する制約条件、または、前記移動体と前記移動体が走行すべき経路との相対関係に関する制約条件を前記移動体が違反する違反時刻を予測し、前記違反時刻を用いて、前記移動体が前記制約条件の違反を回避するための回避動作の実行期限を算出し、現在時刻と前記実行期限との時間差が小さくなるにつれて前記移動体へ割り当てる無線リソースを増加させる。

【発明の効果】

【0010】

本開示により、効率的な通信制御を行うことができる通信制御装置、通信システム、及び通信制御方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施の形態1にかかる通信制御装置の構成図である。

【図2】実施の形態2にかかる通信システムの構成図である。

【図3】実施の形態2にかかる通信制御装置の構成図である。

【図4】実施の形態2にかかる、静止しているAGVに他のAGVが衝突する時刻を予測する処理を説明する図である。

【図5】実施の形態2にかかる、走行中のAGV同士が衝突する時刻を予測する処理を説明する図である。

【図6】実施の形態2にかかる無線リソースの割当処理の流れを示す図である。

【図7】実施の形態3にかかる通信制御装置の構成図である。

【図8】実施の形態4にかかる通信制御装置の構成図である。

【図9】実施の形態5にかかる通信制御装置の構成図である。

【図10】実施の形態5にかかるAGVが走行すべき経路を示す図である。

【図11】実施の形態5にかかるAGV同士が協調して実行しているタスクを説明する図である。

【図12】実施の形態6にかかる通信システムの構成図である。

【図13】それぞれの実施の形態における通信制御装置の構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

（実施の形態1）

以下、図面を参照して本開示の実施の形態について説明する。図1を用いて実施の形態1にかかる通信制御装置10の構成例について説明する。図1の通信制御装置10は、メモリに格納されたプログラムをプロセッサが実行することによって動作するコンピュータ装置であってもよい。

【0013】

通信制御装置10は、通信部11、違反時刻予測部12、デッドライン算出部13、及び通信制御部14を有している。通信部11、違反時刻予測部12、デッドライン算出部13、及び通信制御部14等の通信制御装置10の構成要素は、メモリに格納されたプログラムをプロセッサが実行することによって処理が実行されるソフトウェアもしくはモジュールであってもよい。または、通信制御装置10の構成要素は、回路もしくはチップ等のハードウェアであってもよい。

【0014】

通信部11は、移動体との間で情報を通信する。移動体は、例えば、自動車、電車、建設機械、無人搬送車（AGV：Automated Guided Vehicle）等を含む車両、有人飛行機、無人飛行機（UAV：Unmanned Aerial Vehicle）、船舶等の移動手段であってもよい。通信部11は、無線通信回線を介して、走行中の移動体から情報を受信してもよい。無線通信回線は、例えば、3GPP（3rd Generation Partnership Project）等において仕様が規定された、3G、4GまたはLTE（Long Term Evolution）、5G等のモバイルネットワークであってもよく、無線LAN（Local Area Network）であってもよい。無線通信回線は、PS-LTE、あるいは

10

20

30

40

50

免許不要で構築可能なプライベートLTEであってもよい。移動体は、例えば、現在時刻や自移動体の位置に関する情報を通信制御装置10へ送信してもよい。また、移動体は、自移動体に搭載された各種センサーにより取得あるいは算出可能な情報、例えば、走行速度、加速度、温度、バッテリー残量、周辺に存在する人や物などの情報（位置・形状・種類など）を通信制御装置10へ送信してもよい。また、移動体は、自移動体によるタスクの実行状態、自移動体のハードウェアまたはソフトウェアの健全性または異常性を確認するための情報を通信制御装置10へ送信してもよい。

【0015】

ここで移動体の位置は、全球測位衛星システム（GNSS：Global Navigation Satellite System）、例えば、GPS（Global Positioning System）を用いて算出してもよい。また、移動体の位置は、床や天井に設けられたマーカを移動体が認識することにより算出してもよい。また、移動体の位置は、ジャイロセンサーと加速度センサーとを使用して移動方向と移動量を算出し、移動方向と移動量の積算によって現在位置を算出してもよい。また、移動体の位置は、SLAM（Simultaneous Localization and Mapping）を用いて算出してもよい。なお、移動体の位置は、上述の二以上の方法を組み合わせて算出してもよい。

10

【0016】

通信制御装置10は、例えば、減速、加速、回転等の移動体制御の指示に関する情報、移動体が向かうべき目標地点の情報、移動体の周辺に存在する人、物、あるいは他の移動体に関する情報を移動体へ送信してもよい。これらの情報は、通信制御装置10が自ら送信してもよいし、他の装置からの情報を通信制御装置10が中継して送信してもよい。

20

【0017】

違反時刻予測部12は、位置情報を用いて、移動体と他のオブジェクトとの相対関係に関する制約条件、または、移動体と、移動体が走行すべき経路との相対関係に関する制約条件を移動体が違反する違反時刻を予測する。他のオブジェクトとは、他の移動体であってもよく、人、もしくは構造物等であってもよい。制約条件は、移動体が他のオブジェクトとの間、もしくは、移動体が行うべき経路との間において満たすべき条件である。制約条件は、例えば、移動体が行うべき経路との間において満たすべき、位置、距離、速度、加速度、時間、移動体の向き等の相対関係に関する条件であってもよい。

30

【0018】

違反時刻は、移動体が行うべき条件を満たすことができなくなる時刻であってもよい。予測するとは、推測する、もしくは、推定すると言い換えられてもよい。制約条件を移動体が行うことによって、移動体と他のオブジェクトとが衝突することもある。また、制約条件を移動体が行うことによって、走行すべき経路から逸脱することもある。また、制約条件を移動体が行うことによって、移動体が行うべきタスクを実行することができなくなることもある。移動体が行うべきタスクは、例えば、他の移動体と協調して動作することによって荷物を搬送すること、等であってもよい。

【0019】

デッドライン算出部13は、違反時刻を用いて、制約条件の違反を回避するための回避動作の実行期限を算出する。回避動作は、例えば、移動体の進行方向を変更すること、移動体を減速させること、移動体を停止させること、もしくは移動体を加速させること等の、移動体により実行される移動体制御であってもよい。さらに、回避動作は、通信制御装置10が通信部11を介して実行する、移動体への移動体制御の指示であってもよい。あるいは、回避動作は、移動体が行うべき通信制御装置10より移動体制御の指示を受けるために行う、移動体から通信制御装置10への位置情報等の送信であってもよい。

40

【0020】

実行期限は、絶対時刻、もしくは、「現在時刻等の基準時刻」からの経過時間として定義される相対時刻に関する情報等であってもよい。移動体は、例えば、違反時刻の直前に回避動作を実行したとしても、制約条件の違反を回避することができない場合がある。つ

50

まり、違反時刻と実行期限との間には、所定期間設けることが必要となる。

【0021】

通信制御部14は、現在時刻と実行期限との時間差が小さくなるにつれ、当該移動体との通信の優先度を増加させる。現在時刻と実行期限との時間差が小さくなるにつれて、制約条件の違反を回避するために行われる回避動作の実行期限までの時間的猶予が少なくなる。

【0022】

通信の優先度は、アプリケーション制御あるいはネットワーク制御で制御されてもよい。アプリケーション制御では、例えば、移動体と通信制御装置10との間の情報の送信間隔、送信周期、あるいは送信頻度をアプリケーション層で制御する。

10

【0023】

ネットワーク制御では、通信の優先度を、トランスポート層、ネットワーク層、あるいはデータリンク層で制御する。例えば、トランスポート層あるいはネットワーク層でIPフローを識別し、優先度の高い通信に対応するIPフローに多くの通信帯域を割り当てる、あるいは優先度の低い通信に対応するIPフローの通信帯域を制限する。また、データリンク層における無線リソース制御によって通信の優先度を制御してもよい。ここでデータリンク層はMAC(Media Access Control)層と言い換えられてもよい。

【0024】

ここで、通信制御部14が実行する無線リソース制御について説明する。通信制御装置10が移動体の動作を遠隔制御する場合、現在時刻と実行期限との時間差が小さくなるにつれて、制約条件の違反を回避するための回避動作を確実に実行させるために、移動体と通信制御装置10との通信の優先度が高くなる。また、現在時刻と実行期限との時間差が小さくなるにつれて、移動体は、適切な遠隔制御を受けるために、通信制御装置10へ、自装置の情報を確実に通知する必要がある。そのため、通信制御部14は、現在時刻と実行期限との時間差が小さい、すなわち優先度の高い移動体へ割り当てる無線リソースを増加させる。

20

【0025】

もしくは、移動体の中に通信制御装置10が含まれる場合、通信制御装置10は、他の移動体に対して自装置の存在や自装置の状態を通知するために、自装置の情報を他の移動体へ送信してもよい。この場合、現在時刻と実行期限との時間差が小さくなるにつれて、他の移動体に対して確実に回避動作を実行させるために、他の移動体へ確実に自装置の情報を送信する必要がある。そのため、通信制御部14は、現在時刻と実行期限との時間差が小さくなるにつれて、他の移動体へ情報を送信するための無線リソースを増加させる。移動体同士の通信には、無線LANにおけるアドホックモードのほか、基地局等を介さずに移動体同士が直接通信するD2D(Device to Device)と称される通信技術が用いられてもよい。

30

【0026】

無線リソースは、通信リソースと言い換えられてもよい。無線リソースは、時間リソース、周波数リソース、送信電力リソース、もしくはこれらの組み合わせであってもよい。時間リソースを用いて無線リソースを増加させる場合、例えば、送信周期や送信間隔を短くしてもよいし、送信頻度を増やしてもよい。周波数リソースを用いて無線リソースを増加させる場合、例えば、割り当てる周波数帯域、サブキャリア数、あるいはチャネル数を増加させてもよい。送信電力リソースを用いて無線リソースを増加させる場合、例えば、送信電力を増加させてもよい。あるいは、無線リソースの制御は、変調方式や誤り訂正方式の変更であってもよい。通信の優先度を増加させる場合、例えば、変調方式や誤り訂正レベルを、よりエラー耐性に強いものに変更してもよい。

40

【0027】

以上説明したように、通信制御装置10は、制約条件の違反を回避するための回避動作の実行期限を考慮して、移動体との通信の優先度を制御することができる。現在時刻と実行期限との時間差が小さい移動体は、優先度もしくは緊急度が高い移動体と言える。言い

50

換えると、現在時刻と実行期限との時間差が小さい移動体は、制約条件を違反する可能性が高い移動体と言える。通信制御装置 10 は、このように制約条件を違反する可能性が高い移動体との通信の優先度を高くして、当該移動体に対して回避動作を確実に実行させることができる。

【0028】

(実施の形態 2)

続いて、図 2 を用いて実施の形態 2 にかかる通信システムの構成例について説明する。図 2 の通信システムは、通信制御装置 20、複数の AGV 40、及びモバイルネットワーク 30 を有している。通信制御装置 20 は、図 1 の通信制御装置 10 に相当する。AGV 40 は、移動体に相当する。それぞれの AGV 40 は、モバイルネットワーク 30 を介して通信制御装置 20 と通信する。モバイルネットワーク 30 は、例えば、通信事業者が管理もしくは運用するネットワークであってもよい。また、モバイルネットワーク 30 の代わり、もしくはモバイルネットワーク 30 とともに、無線 LAN (Local Area Network) が用いられてもよい。AGV 40 は、無線通信回線を介してモバイルネットワーク 30 と接続してもよい。また、通信制御装置 20 は、無線通信回線もしくは有線通信回線を介してモバイルネットワーク 30 と接続してもよい。

【0029】

続いて、図 3 を用いて、実施の形態 2 にかかる通信制御装置 20 の構成例について説明する。通信制御装置 20 は、通信部 11、違反時刻予測部 12、デッドライン算出部 13、通信制御部 14、及び制動時間予測部 15 を有している。通信制御装置 20 に含まれる通信部 11、違反時刻予測部 12、デッドライン算出部 13、及び通信制御部 14 に関して、図 1 の通信制御装置 10 と同様の機能もしくは動作等については、詳細な説明を省略する。

【0030】

違反時刻予測部 12 は、AGV 40 同士が衝突する時刻、もしくは、AGV 40 が構造物等に衝突する時刻を予測する。ここでは、移動体と他のオブジェクトとの相対関係に関する制約条件として、AGV 40 同士もしくは AGV 40 と構造物とが衝突しないことと定めているとする。なお、「衝突しない」とは、AGV 40 同士の距離もしくは AGV 40 と構造物との距離が所定値以上であることを意味してもよい。

【0031】

ここで、図 4 を用いて、違反時刻予測部 12 が、静止している AGV 41 に AGV 40 が衝突する時刻を予測する処理について説明する。図 4 においては、AGV 40 が、静止している AGV 41 に向かって速度 V にて進んでいることを示している。違反時刻予測部 12 は、通信部 11 を介して AGV 40 及び AGV 41 の位置情報を取得する。違反時刻予測部 12 は、取得した位置情報を用いて、AGV 40 と AGV 41 との間の距離 L_2 を算出する。さらに、違反時刻予測部 12 は、現在時刻 T_0 に、 L_2 / V を加算することによって、違反時刻 T_1 を算出する。違反時刻予測部 12 は、違反時刻 T_1 に関する情報をデッドライン算出部 13 へ出力する。

【0032】

図 4 においては、AGV 41 に AGV 40 が衝突する時刻を予測する処理について説明したが、AGV 41 の代わりに構造物に AGV 40 が衝突する時刻を予測してもよい。この場合、違反時刻予測部 12 は、地図情報等を用いて、構造物の位置を特定してもよい。

【0033】

制動時間予測部 15 は、AGV 40 の制動時間を予測する。制動時間は、AGV 40 がブレーキをかけ始めてから停止するまでの時間である。制動時間予測部 15 は、例えば、所定の減速度を仮定して、現在の AGV 40 の速度と仮定した減速度とを用いて、AGV 40 の速度が 0 になるまでの制動時間 t を予測してもよい。AGV 40 は、制動時間 t の間に制動距離 L_1 を進む。また、制動時間予測部 15 は、AGV 40 の積載荷重もしくは地面との摩擦係数等を考慮して、減速度を定めてもよい。また、積載物の重心と抵抗モーメント等を用いて、積載物が倒れない範囲での減速度を求めてもよい。減速度は、予め定

められていてもよい。制動時間予測部 15 は、通信部 11 から異なるタイミングにおける A G V 40 の位置情報を取得して、A G V 40 の速度を算出してもよい。また、A G V 40 から速度情報を取得してもよい。また、A G V 40 の速度が予め定められている場合、制動時間予測部 15 は、制動時間を予測する際に、予め定められた A G V 40 の速度を用いてもよい。さらに、制動時間を予測する際に使用する移動体の速度は、現在の速度に限らず、将来の速度の予測値であってもよい。例えば、制動時間予測部 15 は、違反時刻予測部 12 により予測された衝突時刻 T1 を取得し、衝突時刻 T1 あるいは衝突時刻 T1 から一定時間前における移動体の速度を予測してもよい。例えば、現在時刻において移動体が速度 v_0 [m/s]、加速度 a [m/s²] で走行している場合を考える。この場合、Tc 秒後の速度は、 $\text{MIN}(v_0 + a \cdot T_c, V_{\text{max}})$ として予測することができる。ここで、 V_{max} は移動体の最高速度、 $\text{MIN}(X, Y)$ は X と Y のうち値が小さい方を意味する。制動時間予測部 15 は、制動時間 t に関する情報をデッドライン算出部 13 へ出力する。

10

【0034】

デッドライン算出部 13 は、違反時刻 T1 から制動時間 t を減算することによって、制動猶予時刻 T2 を算出する。制動猶予時刻 T2 は、回避動作として A G V 40 がブレーキ操作を実行する実行期限に相当する。デッドライン算出部 13 は、制動猶予時刻 T2 に関する情報を通信制御部 14 へ出力する。

【0035】

通信制御部 14 は、A G V 40 の制動猶予時刻 T2 と現在時刻 T0 との差が小さくなるにつれて、A G V 40 との通信の優先度を増加させる。例えば、通信制御部 14 は、A G V 40 の制動猶予時刻 T2 と現在時刻 T0 との差が小さくなるにつれて、A G V 40 へ割り当てる無線リソースを増加させる。また、通信制御部 14 は、A G V 40 の制動猶予時刻 T2 と現在時刻 T0 との差が大きくなるにつれて、A G V 40 へ割り当てる無線リソースを減少させる。

20

【0036】

また、違反時刻予測部 12 は、A G V 40 と A G V 41 との間の距離 L2 に関する情報をデッドライン算出部 13 へ出力してもよい。この場合、デッドライン算出部 13 は、距離 L2 から制動距離 L1 を減算することによって、制動猶予距離 L3 を算出することができる。これより、現在時刻を T0 とすると、制動猶予時刻は $T2 = T0 + L3 / V$ として算出することができる。つまり、A G V 40 は、現在時刻から、 $L3 / V$ 後までにブレーキ操作を実行する必要がある。デッドライン算出部 13 は、制動時間予測部 15 から制動距離 L1 を取得してもよい。もしくは、デッドライン算出部 13 は、制動時間予測部 15 から取得した制動時間 t と A G V 40 の速度 v を用いて、制動距離 L1 を算出してもよい。

30

【0037】

通信制御部 14 は、制動猶予時刻 T2 と現在時刻 T0 との差、または、 $L3 / V$ が小さくなるにつれて、A G V 40 へ割り当てる無線リソースを増加させてもよい。通信制御部 14 は、通信部 11 を介して、通信制御に関する情報、例えば、割り当てた無線リソースに関する情報を A G V 40 へ送信してもよい。もしくは、通信制御部 14 は、それぞれの A G V 40 へ制動猶予時刻 T2 に関する情報を送信してもよい。この場合、それぞれの A G V 40 が、制動猶予時刻 T2 と現在時刻 T0 との差を算出して通信制御を実施してもよい。

40

【0038】

通信制御部 14 は、A G V 40 の制動猶予時刻 T2 と現在時刻 T0 との差が小さくなるにつれて、A G V 40 へ割り当てる送信電力を大きくしていてもよい。もしくは、通信制御部 14 は、A G V 40 の制動猶予時刻 T2 と現在時刻 T0 との差が小さくなるにつれて、A G V 40 へ割り当てる周波数帯域を広くしていてもよい。もしくは、通信制御部 14 は、A G V 40 の制動猶予時刻 T2 と現在時刻 T0 との差が小さくなるにつれて、A G V 40 へ割り当てる送信機会もしくは A G V 40 の送信頻度を多くしていてもよい。送信機会もしくは送信頻度を多くすることは、送信周期を短くすることであってもよい。

50

もしくは、通信制御部 14 は、AGV 40 の制動猶予時刻 T2 と現在時刻 T0 との差が小さくなるにつれて、誤り訂正レベルを高くしてもよい。誤り訂正レベルは、誤り訂正の精度と言い換えられてもよい。

【0039】

また、通信制御部 14 は、送信周期の上限値を設けてもよい。AGV 40 からの情報送信の送信周期に対して上限値を設けることによって、AGV 40 の状態あるいは AGV 40 のセンサーにより把握される周囲の走行環境状態を定期的に収集または把握することができる。走行環境状態は、例えば、人や物などの障害物の情報であってもよい。

【0040】

また、通信制御部 14 は、AGV 40 へ割り当てる送信電力の下限値、周波数帯域幅の下限値を設けてもよい。通信制御部 14 は、AGV 40 の制動猶予時刻 T2 と現在時刻 T0 との差が予め定められた閾値よりも大きい場合に、送信電力の下限値、周波数帯域幅の下限値、送信周期の上限値を AGV 40 へ割り当ててもよい。

【0041】

また、通信制御部 14 は、AGV 40 へ割り当てる送信電力の上限値、周波数帯域幅の上限値、送信周期の下限値を設けてもよい。通信制御部 14 は、AGV 40 の制動猶予時刻 T2 と現在時刻 T0 との差が予め定められた閾値よりも小さい場合に、送信電力の上限値、周波数帯域幅の上限値、送信周期の下限値を AGV 40 へ割り当ててもよい。

【0042】

また、通信制御部 14 は、AGV 40 の制動猶予時刻 T2 と現在時刻 T0 との差が予め定められた値よりも小さくなった場合に、通信の優先度を制御してもよい。例えば、AGV 40 の制動猶予時刻 T2 と現在時刻 T0 との差が予め定められた値よりも小さくなった場合に、現在割り当てている無線リソースよりも多くの無線リソースを AGV 40 へ割り当ててもよい。また、通信制御部 14 は、データリンク層における無線リソース制御の代わりに、トランスポート層もしくはネットワーク層におけるネットワーク制御を行ってもよい。もしくは、通信制御部 14 は、アプリケーション制御を行ってもよい。

【0043】

続いて、図 5 を用いて、走行中の AGV 40 と走行中の AGV 42 とが衝突する時刻を予測する処理について説明する。違反時刻予測部 12 は、通信部 11 を介して、AGV 40 及び AGV 42 の位置情報、速度情報、及び移動方向情報を取得する。なお、速度および移動方向は、異なるタイミングに取得した位置情報を用いて算出してもよい。また、AGV 40 及び AGV 42 の速度が予め定められている場合、違反時刻予測部 12 は、予め定められている速度を用いてもよい。

【0044】

違反時刻予測部 12 は、現在の位置情報と、速度情報と、移動方向情報とを用いて、所定時間経過後における位置を算出する。なお、AGV 40 及び AGV 42 の走行ルートが予め定められている場合、違反時刻予測部 12 は、それぞれの AGV の走行ルートを管理している装置等から、所定時間経過後における位置を取得してもよい。違反時刻予測部 12 は、所定時間経過後における AGV 40 及び AGV 42 の位置が一致する場合、所定時間経過後に AGV 40 及び AGV 42 が衝突すると予測する。もしくは、違反時刻予測部 12 は、AGV 40 及び AGV 42 のそれぞれの位置の差、すなわち AGV 間の距離が所定値以下の場合、所定時間経過後に AGV 40 及び AGV 42 が衝突すると予測する。違反時刻予測部 12 は、例えば、現在時刻に、衝突が予測される時間を加算することによって違反時刻 T1 を算出してもよい。

【0045】

もしくは、違反時刻予測部 12 は、AGV 40 及び AGV 42 の現在の位置及び速度に加えて、加速度の物理限界を用いて、AGV 40 及び AGV 42 が所定時間経過後に存在し得る存在範囲を予測してもよい。加速度の物理限界は、例えば、AGV 40 及び AGV 42 の性能として予め定められている加速度の最大値及び最小値であってもよい。あるいは、加速度の物理限界は、積載荷重もしくは地面との摩擦係数等を考慮して算出された値

10

20

30

40

50

であってもよい。あるいは、加速度の物理限界は、積載物の重心と抵抗モーメント等を用いて、積載物が倒れない範囲で算出された値であってもよい。例えば、AGV 40及びAGV 42の現在の位置及び速度と、加速度の最大値及び最小値とを用いて、所定時間経過後におけるAGV 40及びAGV 42の存在範囲を予測してもよい。AGV 40及びAGV 42の存在範囲が一部でも重なる場合に、所定時間経過後にAGV 40とAGV 41とが衝突すると予測してもよい。なお、予測する時刻を、現在時刻+ ΔT 、現在時刻+ $2 \cdot \Delta T$ 、現在時刻+ $3 \cdot \Delta T$ と順次増加させ、各時刻における衝突有無を予測し、最初に衝突有と判定された時刻を、AGV 40とAGV 42の衝突時刻として予測してもよい。また、違反時刻予測部12は、AGV 40及びAGV 42の現在の移動方向に関する情報を用いて、AGV 40及びAGV 42の存在範囲を絞り込んでもよい。また、違反時刻予測部12は、AGV 40及びAGV 42が走行し得るルートを含む地図情報を利用し、AGV 40及びAGV 42の存在範囲を絞り込んでもよい。

10

【0046】

ここで、通信制御部14は、AGV 40及びAGV 42のそれぞれの制動猶予時刻 T_2 と現在時刻 T_0 との差を比較し、差が小さいAGVへ多くの無線リソースを割り当ててもよい。言い換えると、通信制御部14は、AGV 40及びAGV 42のそれぞれの制動猶予時刻 T_2 と現在時刻 T_0 との差を比較し、差が小さいAGVへ優先的に無線リソースを割り当ててもよい。さらに、通信制御部14は、3以上のAGVがある場合に、それぞれの制動猶予時刻 T_2 と現在時刻 T_0 との差を比較し、差が小さいAGVに対して、差が大きいAGVあるいは衝突が予測されていないAGVよりも多くの無線リソースを割り当ててもよい。

20

【0047】

続いて、図6を用いて実施の形態2にかかる無線リソースの割当処理の流れについて説明する。無線リソースの割当処理の流れは、各AGVとの通信の優先度の制御方法の一例を示している。はじめに、通信部11は、各AGV 40から位置情報を受信する(S11)。このとき、通信部11は、位置情報とともに、速度情報や移動方向情報を受信してもよい。通信部11は、受信した位置情報を違反時刻予測部12及びデッドライン算出部13へ出力する。また、通信部11は、異なるタイミングに、各AGV 40から位置情報を取得してもよい。

【0048】

次に、違反時刻予測部12は、AGV 40が、他のAGVもしくは構造物等に衝突する時刻を予測する(S12)。違反時刻予測部12は、AGV 40及び他のAGVの位置情報を用いて、それぞれのAGVの速度を算出し、AGV 40及び他のAGVが衝突する時刻を算出してもよい。もしくは、違反時刻予測部12は、地図情報等を用いて構造物の位置を特定し、AGV 40及び構造物が衝突する時刻を算出してもよい。違反時刻予測部12は、違反時刻として、AGV 40が、他のAGVもしくは構造物等に衝突する時刻に関する情報をデッドライン算出部13へ出力する。

30

【0049】

次に、制動時間予測部15は、AGV 40の制動時間、もしくは、AGV 40及び他のAGVの制動時間を予測する(S13)。例えば、制動時間予測部15は、それぞれのAGVにおける現在の速度と、仮定した所定の減速度とを用いて、制動時間を予測する。制動時間予測部15は、予測した制動時間に関する情報をデッドライン算出部13へ出力する。

40

【0050】

また、図6においては、制動時間の予測を、ステップS12における衝突時刻の予測の後に実行される処理として説明しているが、制動時間の予測は、衝突時刻の予測の前に実行されてもよい。もしくは、ステップS12における衝突時刻の予測と、ステップS13における制動時間の予測とは、実質的に同一のタイミングに実行されてもよい。

【0051】

次に、デッドライン算出部13は、AGV 40が他のAGVもしくは構造物等に衝突す

50

る時刻に関する情報及びそれぞれのAGVの制動時間を用いて、AGV40の実行期限、もしくは、AGV40及び他のAGVの実行期限を算出する(S14)。デッドライン算出部13は、衝突する時刻から制動時間を減算することによって、実行期限を算出する。デッドライン算出部13は、それぞれのAGVに関する実行期限に関する情報を通信制御部14へ出力する。

【0052】

次に、通信制御部14は、AGV40の現在時刻と実行期限との時間差が短くなるにつれてAGV40に割り当てる無線リソースを増加させる(S15)。

【0053】

以上説明したように、通信制御装置20は、AGV40における衝突の回避動作としてブレーキ操作を実行する場合に、制動時間を考慮して通信の優先度を制御することができる。具体的には、通信制御装置20は、AGV40が他のAGVもしくは構造物等に衝突する時刻から、制動時間を減算した時刻を回避動作の実行期限として、現在時刻から実行期限までの時間が短くなるにつれて、割り当てる無線リソースを増加させる。

【0054】

一方、通信制御装置20は、衝突時刻のみでなく制動時間を考慮して通信の優先度を制御する。これにより、通信制御装置20は、衝突回避のために必要となる通信を、AGVの衝突回避動作の実行期限までに完了させることが可能となる。そのため、衝突危険性あるいは衝突時刻のみを判定した場合と比較して、通信制御装置20は、AGVが他のAGVもしくは構造物等へ衝突する危険性もしくは衝突する可能性を減らすことができる。すなわち、通信制御装置20は、衝突回避のための効率的な優先度制御を実現することができる。

【0055】

(実施の形態3)

続いて、図7を用いて実施の形態3にかかる通信制御装置50の構成例について説明する。通信制御装置50は、図3の通信制御装置20に、通信時間予測部16が追加された構成である。通信制御装置50について、通信制御装置20と同様の機能及び処理については、詳細な説明を省略する。

【0056】

通信時間予測部16は、AGV40と通信制御装置50との間で所定の情報を通信する際に要する通信時間を予測する。通信時間は、例えば、AGV40から送信したメッセージを、通信制御装置50が受信するまでに要する時間(上り通信時間)であってもよい。もしくは、通信時間は、通信制御装置50から送信したメッセージをAGV40が受信するまでに要する時間(下り通信時間)であってもよい。もしくは、通信時間は、AGV40が通信制御装置50へメッセージを送信してから、AGV40が通信制御装置50からメッセージを受信するまでに要する時間(往復通信時間)であってもよい。もしくは、通信時間は、通信制御装置50がAGV40へメッセージを送信してから、通信制御装置50がAGV40からメッセージを受信するまでに要する時間(往復通信時間)であってもよい。通信制御装置50がAGV40に送信するメッセージは、例えば、AGVの加速、減速、進行方向変更などの移動体制御の指示に関する情報であってもよい。あるいは、通信制御装置50がAGV40に送信するメッセージは、通信制御に関する情報であってもよい。通信制御に関する情報は、例えば、デッドライン算出部13が算出した実行期限に関する情報であってもよいし、通信制御部14が決定した無線リソースの割り当て情報であってもよい。AGV40から通信制御装置50に送信するメッセージは、例えば、位置情報、速度情報、進行方向情報であってもよいし、移動体の周辺に存在する人、物、あるいは他の移動体に関する情報であってもよい。

【0057】

通信時間予測部16は、通信時間の測定値を用いて通信時間を予測してもよいし、通信時間以外の情報を用いて通信時間を予測してもよいし、これら両者の方法を組み合わせて通信時間を予測してもよい。

10

20

30

40

50

【0058】

通信時間予測部16が、通信時間の測定値を用いて通信時間を予測する方法について説明する。例えば、通信時間予測部16は、通信部11を介してAGV40へメッセージを送信する際、AGV40からそのメッセージに対する応答メッセージを受信するまでの往復通信時間を測定するようにしてもよい。上り通信時間及び下り通信時間は、往復通信時間の半分であるとみなしてもよい。あるいは、AGV40及び通信制御装置50が送信するメッセージに時刻情報を付与し、メッセージの受信時に現在時刻との差を求めることで、上り通信時間及び下り通信時間を別々に測定するようにしてもよい。この場合、AGV40と通信制御装置50とを時刻同期しておくことが望ましい。通信時間予測部16は、測定された複数の時刻における通信時間を統計処理することで、現在以降になされる通信の通信時間を予測してもよい。ここでの統計処理とは、複数回測定された通信時間について、平均値、中央値、累積確率分布の下位X%値（例えば、5%値、10%値、50%値、90%値、95%値など）などを求める処理を意味してもよい。あるいは、任意の時系列予測手法、例えばARIMA（Autoregressive Integrated Moving Average）モデルやLSTM（Long Short Term Memory）を利用し、複数回測定された通信時間から将来の通信時間を予測してもよい。なお、測定された通信時間は、測定されたエリアと対応付けて管理してもよい。例えば、AGV40が走行するエリア全体を所定の長さを単位に分割し、分割されたサブエリア毎に、測定された通信時間を管理してもよい。この場合、あるサブエリアに存在するAGV40の通信時間を予測する際、当該サブエリアに対応付けられた複数の測定値を用いて、上述の統計処理あるいは時系列予測手法により通信時間を予測してもよい。サブエリアに対応付けて測定値を管理することで、場所に依存して変化する無線品質の特性を考慮して通信時間を予測することができる。さらに、測定された通信時間は、測定された時間帯と対応付けて管理してもよい。あるいは、測定された通信時間は、測定された時間帯および測定されたエリアの両者に対応付けて管理してもよい。

10

20

【0059】

通信時間予測部16が、通信時間以外の情報を用いて通信時間を予測する方法について説明する。例えば、通信時間予測部16は、AGV40と通信制御装置50との間の無線品質及び無線リソース使用率を取得、測定、あるいは算出し、無線品質、無線リソース使用率、及びメッセージサイズを用いて、通信時間を予測してもよい。メッセージサイズは、データサイズと言い換えられてもよい。

30

【0060】

無線品質は、受信電力または希望波対干渉波電力比であってもよい。受信電力は、パイロット信号やリファレンス信号の受信電力であってもよいし、所定の周波数帯域で測定された合計受信電力であってもよい。受信電力には、例えば、UMTS（Universal Mobile Telecommunications System）におけるCPICH RSCP（Common Pilot Channel Received Signal Code Power）、LTEにおけるRSRP（Reference Signal Received Power）、無線LANにおけるRSSI（Received Signal Strength Indicator）等が含まれる。一方、希望波対干渉波電力比は、希望信号の受信電力と、干渉電力および／または熱雑音電力との比率である。希望波対干渉波電力比には、例えば、SINR（Signal to Interference plus Noise Ratio）、SIR（Signal to Interference Ratio）、UMTSにおけるCPICH Ec/No、LTEにおけるRSRQ（Reference Signal Received Quality）等が含まれる。

40

【0061】

通信時間予測部16は、無線リソースが一切使用されていない状況下において期待される、無線品質と通信速度との対応関係を保持してもよい。当該対応関係によって算出される、現在の無線品質から期待される通信速度を $TPm[bps]$ とする。また、現在の無線リソース使用率を Lu （ $0 \leq Lu \leq 1$ ）、メッセージサイズを $S[bits]$ とする。このとき、通信時間予測部16は、通信時間を、 $S/TPm/(1-Lu)$ として予測してもよい。例えば、 $S=1500[Bytes]=12000[bits]$ 、 $Lu=0.8$ 、 $TPm=100[Kbps]=100000[bps]$ の場合、通信時間は、 $S/TPm/(1-Lu)$

50

$L u) = 12000 / 100000 / (1 - 0.8) = 0.6$ 秒、として予測することができる。さらに、通信時間予測部 16 は、予測された通信時間を、通信誤り率、例えばパケットエラー率によって補正してもよい。例えば、通信誤り率が高いほど長くなるように、予測された通信時間を補正してもよい。通信時間予測部 16 は、予測した通信時間をデッドライン算出部 13 へ出力する。

【0062】

デッドライン算出部 13 は、違反時刻予測部 12 から A G V 40 の違反時刻に関する情報を取得し、制動時間予測部 15 から A G V 40 の制動時間に関する情報を取得する。さらに、デッドライン算出部 13 は、通信時間予測部 16 から A G V 40 の通信時間に関する情報を取得する。デッドライン算出部 13 は、違反時刻から制動時間及び通信時間を減算することによって、衝突を回避するための回避動作の実行期限を算出する。

10

【0063】

または、デッドライン算出部 13 は、A G V 40 の違反時刻から通信時間のみを減算することによって、衝突を回避するための回避動作の実行期限を算出してもよい。

【0064】

以上説明したように、通信制御装置 50 は、違反時刻から制動時間及び通信時間を減算して実行期限を算出することができる、もしくは、違反時刻から通信時間のみを減算して実行期限を算出することができる。違反時刻が同じであっても、長い通信時間が予測された A G V 40 は、短い通信時間が予測された A G V 40 と比較し、衝突回避のために必要となる通信に長い時間を要することが予測される。すなわち、長い通信時間が予測された A G V 40 は、短い通信時間が予測された A G V 40 と比較し、衝突を回避するための通信をより早く開始する必要がある。違反時刻から通信時間を減算して実行期限が算出された場合、違反時刻から通信時間を減算しない場合と比較し、より早く通信を開始すべき A G V 40 との通信に対し、より多くの無線リソースを割り当てることができる。言い換えると、通信の開始を遅らせてもよい A G V 40 との通信については、無線リソースの割り当てを抑えることができる。その結果、通信制御装置 10 は、A G V 40 に対する効率的な無線リソースの割当を実現することができる。

20

【0065】

(実施の形態 4)

続いて、図 8 を用いて実施の形態 4 にかかる通信制御装置 60 の構成例について説明する。通信制御装置 60 は、図 3 の通信制御装置 20 に、安全余裕度評価部 17 及び運行制御部 18 が追加された構成である。通信制御装置 60 について、通信制御装置 20 と同様の機能及び処理については、詳細な説明を省略する。また、安全余裕度評価部 17 及び運行制御部 18 は、図 7 の通信制御装置 50 に追加されてもよい。

30

【0066】

安全余裕度評価部 17 は、A G V 40 により利用される無線リソースの安全余裕度を評価する。安全余裕度は、A G V 40 により接続される無線通信回線が持つ最大無線リソースに対する、未使用無線リソースの割合であってもよい。安全余裕度は、例えば、A G V 40 が使用する無線通信回線の最大使用帯域に対する未使用帯域の割合、あるいは利用可能な周波数チャネルまたは周波数キャリアに対する未使用な周波数チャネルまたは周波数キャリアの割合であってもよい。もしくは、安全余裕度は、A G V 40 が使用可能な最大スロット数に対する未使用スロットの割合、つまり、空きスロットの割合であってもよい。スロットは、例えば、時間もしくは周波数帯域を用いて定義されてもよく、時間及び周波数帯域を用いて定義されてもよい。もしくは、安全余裕度は、無線通信時の最大送信電力に対する、未使用な送信電力の割合であってもよい。なお、安全余裕度は、特定時点における瞬時値であってもよいし、所定期間にわたって算出された平均値であってもよい。安全余裕度を評価するとは、安全余裕度を算出ししくは特定すると言い換えられてもよい。

40

【0067】

安全余裕度評価部 17 は、無線リソースの安全余裕度に関する情報を運行制御部 18 へ出力する。

50

【0068】

運行制御部18は、取得した安全余裕度に応じてAGV40の運行を制御する。AGV40の運行を制御するとは、例えば、AGV40の走行速度、走行ルート、もしくは走行させるAGV40の台数等を制御することであってもよい。

【0069】

運行制御部18は、安全余裕度に関する閾値を予め定め、安全余裕度が閾値を下回るAGV40の運行を制限してもよい。例えば、運行制御部18は、安全余裕度が閾値を下回るAGV40の走行速度を低下させてもよい。もしくは、運行制御部18は、安全余裕度が閾値を下回るAGV40を停止させてもよい。もしくは、運行制御部18は、安全余裕度が閾値を下回るAGV40の走行ルートを、所定の範囲内に制限してもよい。もしくは、運行制御部18は、安全余裕度が閾値を下回るAGV40が存在する場合に、走行させるAGV40の台数を所定値以下に制限してもよい。なお、AGV40の運行を制限する際には、AGV40が運搬する荷物の重要度、あるいは運搬の緊急度を考慮してもよい。例えば、重要な荷物を運搬中のAGV40もしくは運搬の緊急度が高いAGV40よりも、重要でない荷物を運搬中のAGV40もしくは運搬の緊急度が低いAGV40の運行を優先的に制限してもよい。

【0070】

AGV40の走行台数が同じである場合、各AGV40の走行速度が速い場合の方が、各AGV40の走行速度が遅い場合よりも、衝突発生確率が高くなる傾向にある。すなわち、各AGV40の走行速度が速い場合の方が、各AGV40の走行速度が遅い場合よりも、衝突回避のための通信に対し、多くの無線リソースが使用される可能性が高い。また、制動時間はAGV40の走行速度に依存するため、走行速度が速い場合、走行速度が遅い場合よりも制動時間が長くなる。すなわち、走行速度が速い場合は、走行速度が遅い場合よりも「実行期限と現在時刻との差」が小さくなり、多くの無線リソースが使用される可能性が高い。このように、無線リソース使用率はAGV40の走行速度に依存するため、AGV40の走行速度と無線リソース使用率との関係を、解析的あるいは実験的にモデル化してもよい。運行制御部18は、このように生成されたモデルを利用し、所定の安全余裕度を満たすための走行速度を算出してもよい。

【0071】

以上説明したように、通信制御装置60は、安全余裕度を用いて、それぞれのAGV40の運行を制御する。AGV40は、装置異常、荷物落下、もしくは人の侵入等の想定外の事象が発生した場合、発生した事象を即座に通信制御装置もしくは他の管理装置等へ通知する必要がある。しかし、無線リソースを限界まで使用していた場合、想定外の事象が発生すると、発生した事象を即座に通信制御装置等へ通知することができない。通信制御装置60は、予め定められた安全余裕度を確保することができないAGV40の運行を制限することによって所定の安全余裕度を確保し、想定外の事象が発生した場合であっても、通信制御装置等へ発生した事象を迅速に通知することができる。

【0072】

(実施の形態5)

続いて、図9を用いて、実施の形態5における通信制御装置70の構成例について説明する。実施の形態5においては、通信制御装置20、通信制御装置50、通信制御装置60、通信制御装置70、もしくは遠隔操作端末（不図示）がAGV40を遠隔から操作し、所定の経路上を移動させる場合のAGV40との通信の優先度制御について説明する。

【0073】

通信制御装置70においては、通信制御装置50における制動時間予測部15が、動作時間予測部19に置き換わっている。通信制御装置70のその他の構成については、通信制御装置50と同様であるため詳細な説明を省略する。また、図8における制動時間予測部15が動作時間予測部19に置き換えられた通信制御装置が用いられてもよい。なお、動作時間予測部19及び通信時間予測部16の両方を備える必要は必ずしもなく、いずれか一方のみを備える構成であってもよい。

【0074】

AGV40を所定の経路に沿って移動させる場合、AGV40は、走行すべき経路からの離脱距離を一定値以内に抑える、という制約条件を満たしながら走行する必要がある。AGV40が走行すべき経路は、例えば、図10に示されるように、構造物80との衝突を避けるように定められた経路であってもよい。図10の矢印は、AGV40が走行すべき経路を示している。

【0075】

違反時刻予測部12は、AGV40が現在の走行を続けた場合に、走行すべき経路からの離脱距離が、一定値を超える時刻を予測する。離脱距離が一定値を超える時刻を違反時刻とする。違反時刻予測部12は、AGV40の走行すべき経路に関する情報を予め保持しているとする。違反時刻予測部12は、現在の速度V、及び進行方向あるいは旋回方向にて走行を継続した場合のAGV40の移動経路を予測し、予測された移動経路とAGV40が走行すべき経路とを比較して、離脱距離が一定値を超える地点（離脱地点）を特定してもよい。違反時刻予測部12は、速度Vにて走行するAGV40が離脱地点に到達するまでに要する時間を、現在時刻に加算することによって、違反時刻を算出してもよい。違反時刻予測部12は、違反時刻に関する情報をデッドライン算出部13へ出力する。

【0076】

動作時間予測部19は、走行すべき経路からの離脱距離が一定値を超えないように、AGV40が実行する回避動作の所要時間を予測する。回避動作は、減速、加速、回転等の移動体制御であってもよい。移動体制御は、例えば、進行方向を変更するためのAGV40におけるハンドル操作や駆動輪制御等であってもよい。動作時間予測部19は、回避動作の所要時間に関する情報をデッドライン算出部13へ出力する。

【0077】

デッドライン算出部13は、違反時刻から回避動作の所要時間を減算することによって、AGV40における回避動作の実行期限を算出してもよい。

【0078】

あるいは、デッドライン算出部13は、通信時間予測部16からAGV40の通信時間に関する情報を取得する。デッドライン算出部13は、違反時刻から回避動作の所要時間及びAGV40の通信時間を減算することによって、AGV40の実行期限を算出してもよい。あるいは、デッドライン算出部13は、違反時刻からAGV40の通信時間を減算することによって、AGV40の実行期限を算出してもよい。

【0079】

以上説明したように、通信制御装置70を用いることによって、所定の経路上を移動するように遠隔操作が行われているAGV40との通信の優先度制御を、経路からの離脱距離を一定値以下に抑えつつ、効率的に行うことができる。

【0080】

また、通信制御装置70は、AGV同士が協調して動作することによって荷物を搬送する、とのタスクを実行しているAGV40及びAGV43の通信の優先度制御に用いられるもよい。例えば、図11に示されるように、AGV40及びAGV43は、荷物を挟み込み、荷物を搬送する。このような場合、AGV40及びAGV43は、位置の差、速度の差、向きの差、及び加速度の差の少なくとも1つが所定の範囲内である、という制約条件を満たしながら走行する必要がある。言い換えると、AGV40及びAGV43は、互いに一定の距離を保ち、同一の方向へ進む、という制約条件を満たしながら走行する必要がある。違反時刻予測部12は、AGV40及びAGV43が制約条件を満たさなくなる違反時刻を予測する。また、動作時間予測部19は、AGV40及びAGV43が実行する移動体制御の所要時間を、動作時間として予測してもよい。通信時間予測部16は、制約条件の違反を回避するための移動体制御に必要な通信に関し、その通信時間を予測してもよい。当該通信は、AGV40への移動体制御の指示に関する通信であってもよいし、AGV40が通信制御装置10より移動体制御の指示を受けるために行う、AGV40から通信制御装置10への位置情報等の送信に関する通信であってもよい。さらに、通

10

20

30

40

50

信制御部 14 は、違反時刻、動作時間、及び通信時間を考慮した実行期限を算出し、AGV 40 及び AGV 43 との通信の優先度制御を実行してもよい。上述の通り、動作時間と通信時間は、いずれか一方のみを考慮して実行期限を算出してもよい。

【0081】

(実施の形態 6)

続いて、図 12 を用いて、実施の形態 6 にかかる通信システムの構成例について説明する。図 12 は、AGV 90 と AGV 91、さらに、AGV 91 と AGV 92 とが、直接無線通信を行っていることを示している。直接無線通信を行うとは、AGV 90、AGV 91、及び AGV 92 が、基地局等を介することなく、他の AGV と無線通信を行うことである。言い換えると、直接無線通信を行うとは、AGV 90、AGV 91、及び AGV 92 が、他の AGV との間にコネクションをもしくは無線通信回線を確立することである。

【0082】

また、図 12 は、AGV 90 乃至 AGV 92 が、それぞれ通信制御装置 20 を有していることを示している。それぞれの通信制御装置 20 は、それぞれの通信制御装置 20 が搭載されている AGV が他の AGV ヘデータを送信するための無線リソースの割当制御を行ってもよい。もしくは、例えば、AGV 90 と AGV 91 とが無線通信を行う際に、AGV 90 に搭載されている通信制御装置 20 が、AGV 91 が使用する無線リソースの割当制御を行ってもよい。もしくは、AGV 90 乃至 92 のいずれかを代表装置と定め、代表装置に搭載されている通信制御装置 20 が、他の AGV が使用する無線リソースの割当制御を行ってもよい。

【0083】

また、図 12 においては、AGV 90 乃至 92 が、通信制御装置 20 を有していることを示しているが、AGV 90 乃至 92 は、通信制御装置 20 の代わりに、通信制御装置 50、通信制御装置 60 もしくは通信制御装置 70 を有してもよい。

【0084】

以上説明したように、AGV 90 乃至 92 が、通信制御装置 20、通信制御装置 50、もしくは通信制御装置 60 を有することによって、AGV 同士が直接通信を行う場合における無線リソースの割当制御を実行することができる。

【0085】

図 13 は、通信制御装置 20、50、60、及び 70 (以下、通信制御装置 20 等とする) の構成例を示すブロック図である。図 13 を参照すると、通信制御装置 20 等は、ネットワーク・インターフェース 1201、プロセッサ 1202、及びメモリ 1203 を含む。ネットワーク・インターフェース 1201 は、通信システムを構成する他のネットワークノード装置と通信するために使用される。ネットワーク・インターフェース 1201 は、無線通信を行うために使用されてもよい。例えば、ネットワーク・インターフェース 1201 は、IEEE 802.11 series において規定された無線 LAN 通信、もしくは 3GPP (3rd Generation Partnership Project) において規定されたモバイル通信を行うために使用されてもよい。もしくは、ネットワーク・インターフェース 1201 は、例えば、IEEE 802.3 series に準拠したネットワークインターフェースカード (NIC) を含んでもよい。

【0086】

プロセッサ 1202 は、メモリ 1203 からソフトウェア (コンピュータプログラム) を読み出して実行することで、上述の実施形態においてフローチャートもしくはシーケンスを用いて説明された通信制御装置 20 等の処理を行う。プロセッサ 1202 は、例えば、マイクロプロセッサ、MPU (Micro Processing Unit)、又は CPU (Central Processing Unit) であってもよい。プロセッサ 1202 は、複数のプロセッサを含んでもよい。

【0087】

メモリ 1203 は、揮発性メモリ及び不揮発性メモリの組み合わせによって構成される。メモリ 1203 は、プロセッサ 1202 から離れて配置されたストレージを含んでもよい。この場合、プロセッサ 1202 は、図示されていない I/O インタフェースを介してメ

メモリ 1203 にアクセスしてもよい。

【0088】

図13の例では、メモリ1203は、ソフトウェアモジュール群を格納するために使用される。プロセッサ1202は、これらのソフトウェアモジュール群をメモリ1203から読み出して実行することで、上述の実施形態において説明された通信制御装置20等の処理を行うことができる。

【0089】

図13を用いて説明したように、通信制御装置20等が有するプロセッサの各々は、図面を用いて説明されたアルゴリズムをコンピュータに行わせるための命令群を含む1又は複数のプログラムを実行する。

【0090】

上述の例において、プログラムは、様々なタイプの非一時的なコンピュータ可読媒体（non-transitory computer readable medium）を用いて格納され、コンピュータに供給することができる。非一時的なコンピュータ可読媒体は、様々なタイプの実体のある記録媒体（tangible storage medium）を含む。非一時的なコンピュータ可読媒体の例は、磁気記録媒体、光磁気記録媒体（例えば光磁気ディスク）、CD-ROM（Read Only Memory）、CD-R、CD-R/W、半導体メモリを含む。磁気記録媒体は、例えばフレキシブルディスク、磁気テープ、ハードディスクドライブであってもよい。半導体メモリは、例えば、マスクROM、PROM（Programmable ROM）、EPROM（Erasable PROM）、フラッシュROM、RAM（Random Access Memory）であってもよい。また、プログラムは、様々なタイプの一時的なコンピュータ可読媒体（transitory computer readable medium）によってコンピュータに供給されてもよい。一時的なコンピュータ可読媒体の例は、電気信号、光信号、及び電磁波を含む。一時的なコンピュータ可読媒体は、電線及び光ファイバ等の有線通信路、又は無線通信路を介して、プログラムをコンピュータに供給できる。

【0091】

なお、本開示は上記実施の形態に限られたものではなく、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することが可能である。また、本開示は、それぞれの実施の形態を適宜組み合わせて実施されてもよい。

【0092】

上記の実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限られない。

（付記1）

移動体との間で情報を通信する通信部と、

前記移動体の位置情報を用いて、前記移動体と他のオブジェクトとの相対関係に関する制約条件、または、前記移動体と前記移動体が行うべき経路との相対関係に関する制約条件を前記移動体が違反する違反時刻を予測する違反時刻予測部と、

前記違反時刻を用いて、前記制約条件の違反を回避するための回避動作の実行期限を算出するデッドライン算出部と、

現在時刻と前記実行期限との時間差が小さくなるにつれて前記移動体との通信の優先度を増加させる通信制御部と、を備える通信制御装置。

（付記2）

前記移動体と前記他のオブジェクトとの相対関係に関する制約条件は、

前記移動体と前記他のオブジェクトとの間で満たすべき、位置、速度、加速度、及び向き、の少なくとも1つの相対関係に関する条件である、付記1に記載の通信制御装置。

（付記3）

前記移動体と前記他のオブジェクトとの相対関係に関する制約条件は、

前記移動体と前記他のオブジェクトとが衝突しないことであり、

前記違反時刻予測部は、

前記移動体の位置及び前記他のオブジェクトの位置をもとに、前記移動体と前記他のオ

10

20

30

40

50

プロジェクトとの距離が所定値以内となる衝突時刻を予測し、

前記デッドライン算出部は、

前記衝突時刻を用いて、前記実行期限を算出する、付記 1 又は 2 に記載の通信制御装置。
(付記 4)

前記移動体と前記他のオブジェクトとの相対関係に関する制約条件は、

第 1 の移動体と、前記第 1 の移動体と協調してタスクを実行する第 2 の移動体との間の位置の差、速度の差、加速度の差、及び向きの差の少なくとも 1 つが所定の範囲内であるとの条件を満たすことであり、

前記違反時刻予測部は、

前記第 1 の移動体と前記第 2 の移動体との間で満たすべき前記条件を満たさなくなる時刻を予測する、付記 2 に記載の通信制御装置。

10

(付記 5)

前記移動体と前記移動体が走行すべき経路との相対関係に関する制約条件は、

前記移動体と前記移動体が走行すべき経路との間の距離が所定の範囲内にあるとの条件を満たすことであり、

前記違反時刻予測部は、

前記移動体と前記移動体が走行すべき経路との間の距離が所定の範囲内に存在しなくなる離脱時刻を予測する、付記 1 に記載の通信制御装置。

(付記 6)

前記デッドライン算出部は、

前記違反時刻、及び、前記移動体の制動時間もしくは動作時間、を用いて、前記実行期限を算出する、付記 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の通信制御装置。

20

(付記 7)

前記移動体と前記通信制御装置との間の通信時間の測定値、通信速度、通信誤り率、無線品質、無線リソース使用率、データサイズの少なくとも 1 つを用いて、前記移動体と前記通信制御装置との間で所定情報を通信するのに要する通信時間を予測する通信時間予測部をさらに備え、

前記デッドライン算出部は、

前記違反時刻及び前記通信時間を用いて、前記実行期限を算出する、付記 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の通信制御装置。

30

(付記 8)

前記移動体において利用される無線リソースの安全余裕度を評価する安全余裕度評価部と、

前記安全余裕度に応じて前記移動体の運行を制御する運行制御部と、をさらに備える付記 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の通信制御装置。

(付記 9)

移動体との間で情報を通信する通信部と、前記移動体の位置情報を用いて、前記移動体と他のオブジェクトとの相対関係に関する制約条件、または、前記移動体と前記移動体が走行すべき経路との相対関係に関する制約条件を前記移動体が違反する違反時刻を予測する違反時刻予測部と、前記違反時刻を用いて、前記制約条件の違反を回避するための回避動作の実行期限を算出するデッドライン算出部と、現在時刻と前記実行期限との時間差が小さくなるにつれて前記移動体との通信の優先度を増加させる通信制御に関する情報を前記移動体へ送信する通信制御装置と、

40

前記通信制御に関する情報を受信する通信部と、前記通信制御に関する情報をもとに通信の優先度を制御する通信制御部と、を有する移動体と、を備える通信システム。

(付記 10)

前記移動体と前記他のオブジェクトとの相対関係に関する制約条件は、

前記移動体が前記他のオブジェクトとの間で満たすべき、位置、速度、加速度、及び向きの少なくとも 1 つの相対関係に関する条件である、付記 9 に記載の通信システム。

(付記 11)

50

移動体との間で情報を通信し、

前記移動体の位置情報を用いて、前記移動体と他のオブジェクトとの相対関係に関する制約条件、または、前記移動体と前記移動体が走行すべき経路との相対関係に関する制約条件を前記移動体が違反する違反時刻を予測し、

前記違反時刻を用いて、前記制約条件の違反を回避するための回避動作の実行期限を算出し、

現在時刻と前記実行期限との時間差が小さくなるにつれて前記移動体との通信の優先度を増加させる、通信制御装置における通信制御方法。

(付記 12)

移動体との間で情報を通信し、

前記移動体の位置情報を用いて、前記移動体と他のオブジェクトとの相対関係に関する制約条件、または、前記移動体と前記移動体が走行すべき経路との相対関係に関する制約条件を前記移動体が違反する違反時刻を予測し、

前記違反時刻を用いて、前記制約条件の違反を回避するための回避動作の実行期限を算出し、

現在時刻と前記実行期限との時間差が小さくなるにつれて前記移動体との通信の優先度を増加させることをコンピュータに実行させるプログラム。

【0093】

以上、実施の形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記によって限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、発明のスコープ内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

【0094】

この出願は、2019年1月31日に出願された日本出願特願2019-015598を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

【符号の説明】

【0095】

- 10 通信制御装置
- 11 通信部
- 12 違反時刻予測部
- 13 デッドライン算出部
- 14 通信制御部
- 15 制動時間予測部
- 16 通信時間予測部
- 17 安全余裕度評価部
- 18 運行制御部
- 19 動作時間予測部
- 20 通信制御装置
- 30 モバイルネットワーク
- 40 A G V
- 41 A G V
- 42 A G V
- 43 A G V
- 50 通信制御装置
- 60 通信制御装置
- 70 通信制御装置
- 80 構造物
- 90 A G V
- 91 A G V
- 92 A G V

10

20

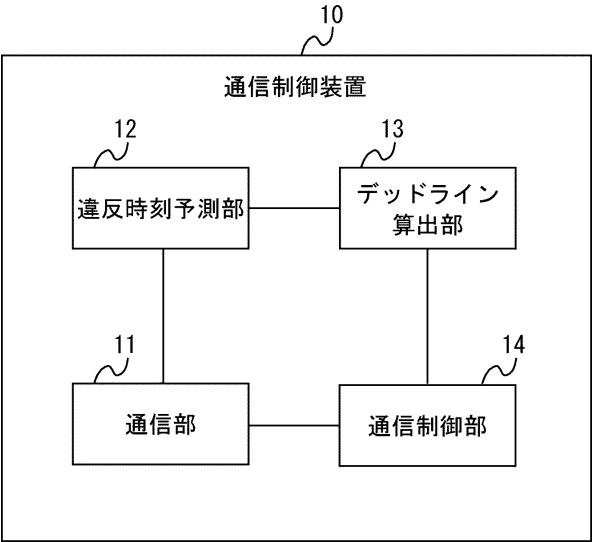
30

40

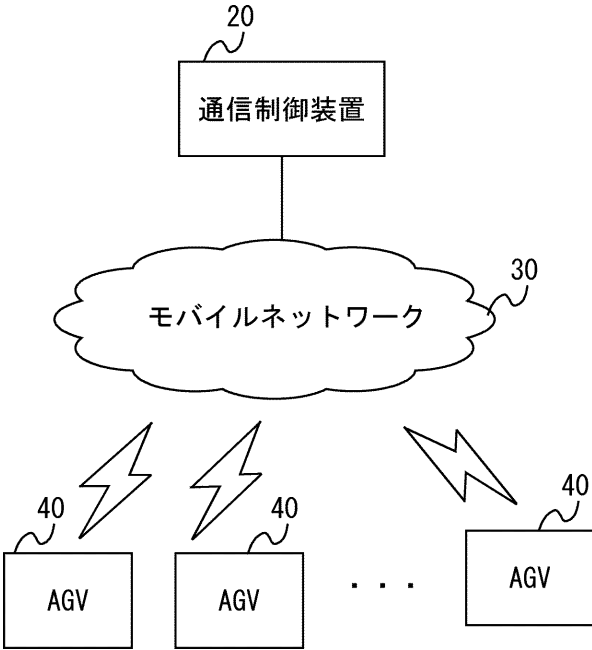
50

【図面】

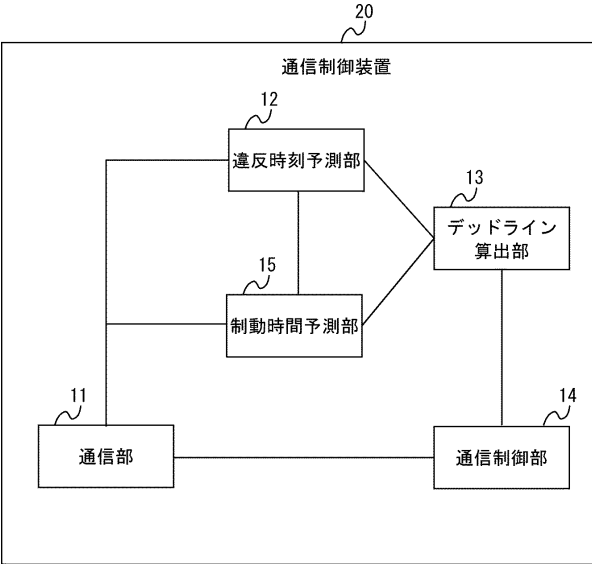
【図 1】



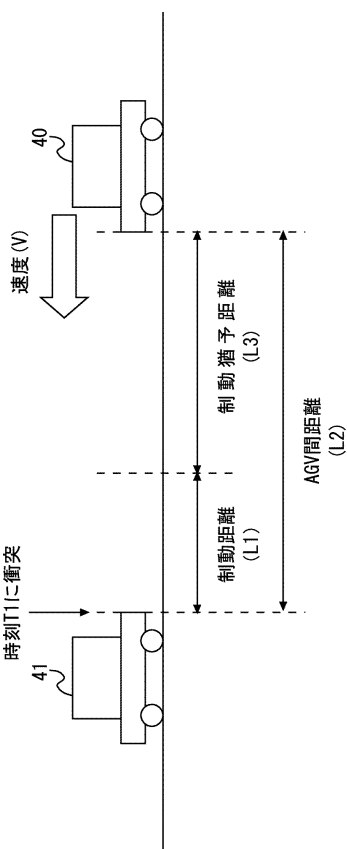
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

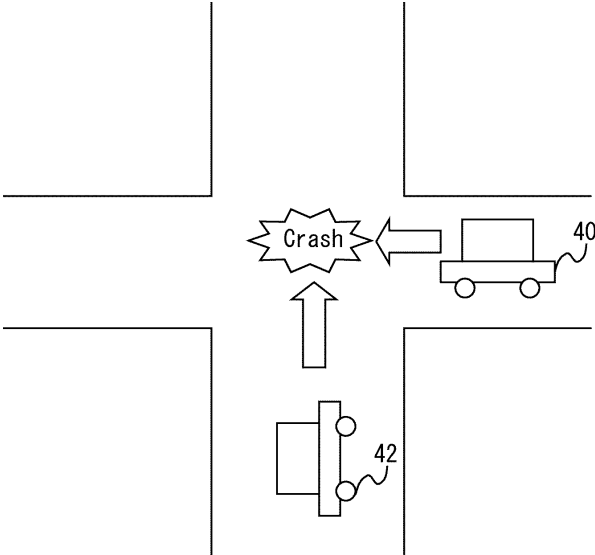
20

30

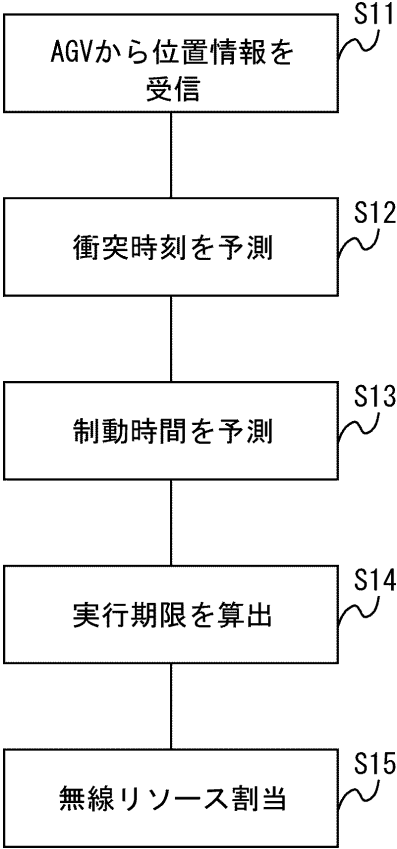
40

50

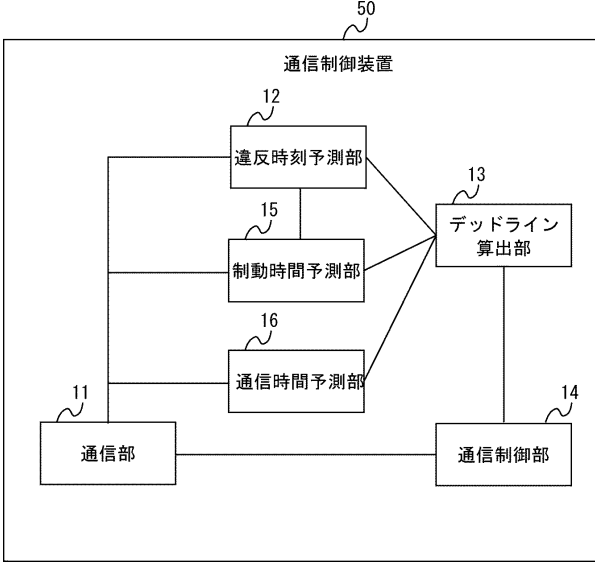
【図 5】



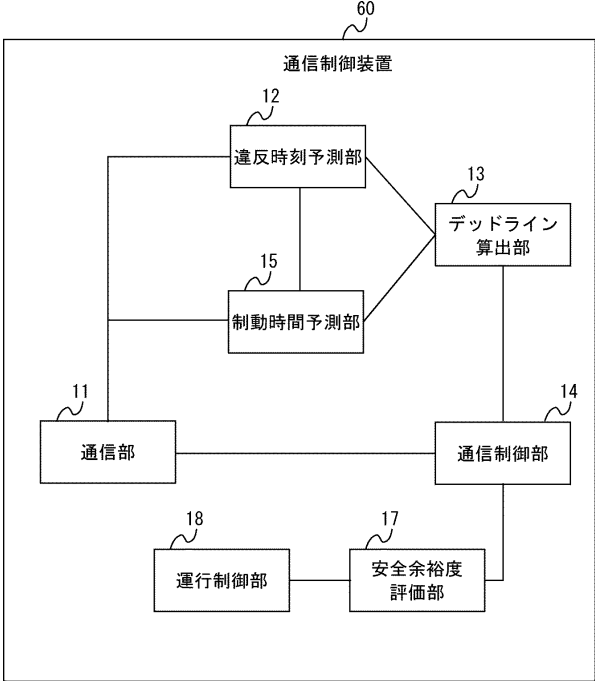
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

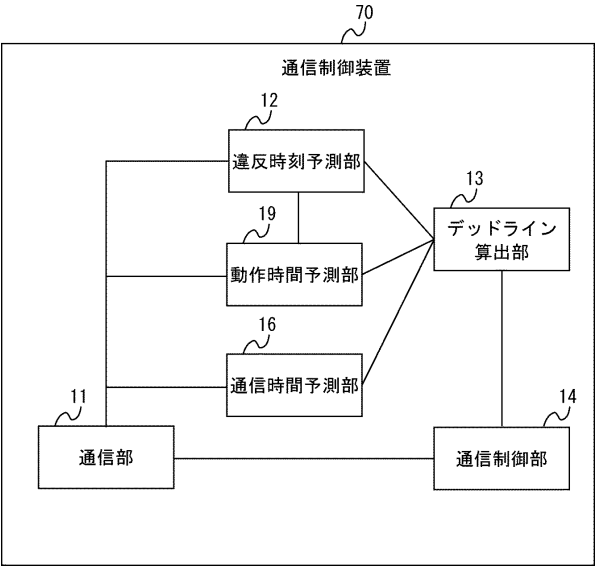
20

30

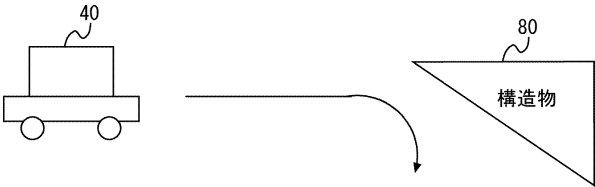
40

50

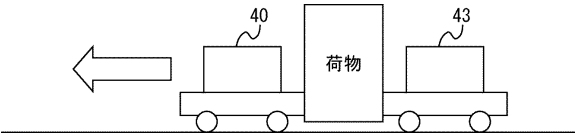
【図 9】



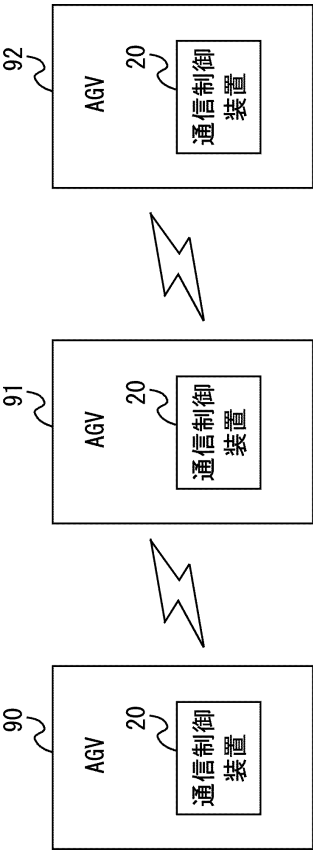
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

20

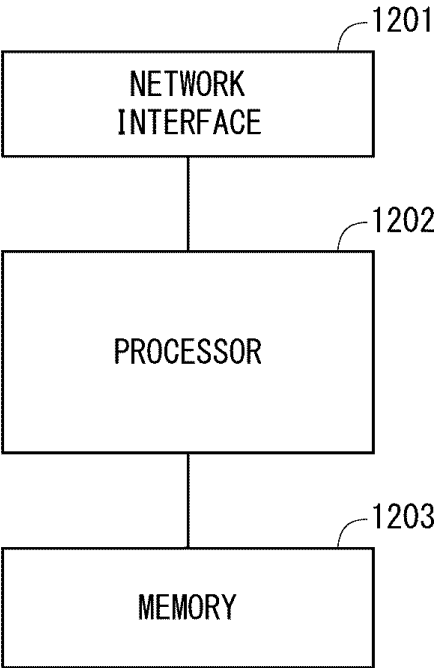
30

40

50

【図 13】

20, 50, 60, 70



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

G 1 6 Y 40/60 (2020.01)

F I

G 1 6 Y 40/60

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

審査官 吉村 俊厚

(56)参考文献 特開2010-241315 (JP, A)
特開2009-211397 (JP, A)
特開2005-032010 (JP, A)
特開2010-162994 (JP, A)
特開平11-305836 (JP, A)
特開2017-210171 (JP, A)
特開平10-019591 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G 0 8 G 1/00 - 99/00
G 0 1 C 21/00 - 21/36
B 6 0 W 10/00 - 60/00
G 1 6 Y 10/40
G 1 6 Y 40/10
G 1 6 Y 40/60