

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-20692

(P2010-20692A)

(43) 公開日 平成22年1月28日(2010.1.28)

(51) Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

G 0 6 F 19/00 (2006.01)
G 0 9 B 9/00 (2006.01)

G 0 6 F 19/00 1 1 O
G 0 9 B 9/00 Z

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2008-182752 (P2008-182752)
(22) 出願日 平成20年7月14日 (2008.7.14)

(71) 出願人 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 100099461
弁理士 溝井 章司
(74) 代理人 100122035
弁理士 渡辺 敏雄
(72) 発明者 渡部 修介
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

(54) 【発明の名称】 論理時刻を用いた模擬システム及び送信側模擬装置及び模擬プログラム

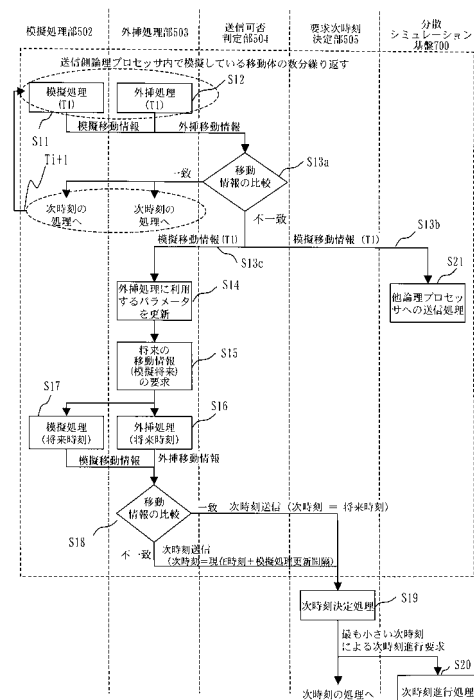
(57) 【要約】

【課題】 論理時刻に基づいて移動体を模擬する分散シミュレーションシステムにおいて、論理時刻の進行回数を低減してシミュレーション速度を向上させる。

【解決手段】 論理プロセッサ間で移動体の移動情報の情報交換を行う場合に、移動情報の送信側と受信側の双方の論理プロセッサで同じアルゴリズムによる外挿処理を行う。

送信側論理プロセッサは、移動体の模擬処理の移動情報（模擬移動情報）と外挿処理の移動情報（外挿移動情報）とが異なる場合にのみ模擬移動情報を受信側プロセッサに送信することに加え、さらに将来の時刻においても模擬移動情報と外挿移動情報が一致するかを判定し、一致している場合にはその将来時刻までを分散シミュレーション基盤への次時刻の要求時刻とする。これにより移動情報の送信回数の低減に加えて、論理時刻の進行回数を削減することが可能となり、は高速シミュレーションが可能となる。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

移動体の動きを論理時刻に基づいて模擬することにより模擬による前記移動体の移動状況を示す模擬移動情報を生成すると共に所定のアルゴリズムを用いた第 1 外挿処理により外挿処理による前記移動体の移動状況を示す第 1 外挿移動情報を生成し、生成された前記模擬移動情報と前記第 1 外挿移動情報とが一致するかを所定の基準に従って判定し、前記模擬移動情報と前記第 1 外挿移動情報とが一致しないと判定した場合に、前記模擬移動情報を送信し、かつ、前記第 1 外挿移動情報と一致しないと判定された前記模擬移動情報に基づいて前記第 1 外挿処理に用いられるパラメータを更新し、パラメータ更新後の前記第 1 外挿処理により前記第 1 外挿移動情報を生成する送信側模擬装置と、

10

前記所定のアルゴリズムと同一のアルゴリズムを用いた第 2 外挿処理により前記移動体の外挿移動情報である第 2 外挿移動情報を生成し、生成された前記第 2 外挿移動情報を用いて前記移動体を含む模擬を前記送信側模擬装置の用いる前記論理時刻に対応する論理時刻に基づいて実行すると共に、前記送信側模擬装置から前記模擬移動情報が送信された場合には前記模擬移動情報を受信し、受信された前記模擬移動情報に基づいて前記第 2 外挿処理に用いられるパラメータを更新し、パラメータ更新後の前記第 2 外挿処理により前記第 2 外挿移動情報を生成し、生成された前記第 2 外挿移動情報を用いて前記移動体を含む模擬を継続する受信側模擬装置と、

前記送信側模擬装置と前記受信側模擬装置とが用いる前記論理時刻の進行を管理する論理時刻管理装置とを備え、

20

前記送信側模擬装置は、

前記模擬移動情報と前記第 1 外挿移動情報とが一致しないと判定した場合に、さらに、予め設定された時刻進行幅から定まる将来時刻までの前記移動体の動きを模擬して模擬移動情報を生成し、前記将来時刻までの模擬移動情報と、パラメータ更新後の前記第 1 外挿処理により生成された前記第 1 外挿移動情報とが一致するかを所定の基準に従って判定し、一致すると判定した場合に、前記将来時刻を次に進行すべき次時刻として、前記論理時刻管理装置に要求することを特徴とする論理時刻を用いた模擬システム。

30

【請求項 2】

前記送信側模擬装置は、

前記移動体の移動経路を示す経路情報を保有すると共に、前記パラメータの更新された前記第 1 外挿処理により前記将来時刻までの模擬移動情報に対応する前記第 1 外挿移動情報を生成するときに、前記経路情報を参照することにより前記第 1 外挿移動情報を生成することを特徴とする請求項 1 記載の論理時刻を用いた模擬システム。

【請求項 3】

論理時刻を用いて移動体の動きを模擬すると共に、前記移動体の模擬結果を所定のタイミングで受信側の受信側模擬装置に送信する送信側模擬装置において、

移動体の動きを前記論理時刻に基づいて模擬することにより模擬による前記移動体の移動状況を示す模擬移動情報を生成する模擬処理部と、

40

所定のアルゴリズムを用いた第 1 外挿処理により外挿処理による前記移動体の移動状況を示す第 1 外挿移動情報を生成する外挿処理部と、

前記模擬処理部により生成された前記模擬移動情報と前記外挿処理部により生成された前記第 1 外挿移動情報とが一致するかを所定の基準に従って判定し、前記模擬移動情報と前記第 1 外挿移動情報とが一致しないと判定した場合に、前記模擬移動情報を前記模擬結果として前記受信側送信部に送信する送信判定部と、

論理時刻を管理する論理時刻管理装置に対して、次に進行すべき次時刻への進行を要求する次時刻進行要求を送信する次時刻進行要求部とを備え、

前記外挿処理部は、

50

前記第 1 外挿移動情報と一致しないと判定された前記模擬移動情報に基づいて前記第 1 外挿処理に用いられるパラメータを更新し、パラメータ更新後の前記第 1 外挿処理により前記第 1 外挿移動情報を生成し、

前記模擬処理部は、

前記送信判定部により前記模擬移動情報と前記第 1 外挿移動情報とが一致しないと判定された場合に、予め設定された時刻進行幅から定まる将来時刻までの前記移動体の動きを模擬して前記模擬移動情報を生成し、

前記外挿処理部は、

前記将来時刻までの模擬移動情報と、パラメータ更新後の前記第 1 外挿処理により生成された前記第 1 外挿移動情報であって前記将来時刻までの模擬移動情報に対応する前記第 1 外挿移動情報とが一致するかを所定の基準に従って判定し、

10

前記次時刻進行要求部は、

前記外挿処理部により前記将来時刻までの模擬移動情報と、前記将来時刻までの模擬移動情報に対応する前記第 1 外挿移動情報とが一致すると判定された場合に、前記将来時刻への進行を要求する前記次時刻進行要求を前記論理時刻管理装置に送信することを特徴とする送信側模擬装置。

【請求項 4】

論理時刻を用いて移動体の動きを模擬すると共に、前記移動体の模擬結果を受信側の受信側模擬装置に送信するコンピュータである送信側模擬装置に実行させる模擬プログラムにおいて、

20

(1) 移動体の動きを前記論理時刻に基づいて模擬することにより模擬による前記移動体の移動状況を示す模擬移動情報を生成する処理、

(2) 所定のアルゴリズムを用いた第 1 外挿処理により外挿処理による前記移動体の移動状況を示す第 1 外挿移動情報を生成する処理、

(3) 生成された前記模擬移動情報と生成された前記第 1 外挿移動情報とが一致するかを所定の基準に従って判定し、前記模擬移動情報と前記第 1 外挿移動情報とが一致しないと判定した場合に、前記模擬移動情報を前記模擬結果として前記受信側送信装置に送信する処理、

(4) 前記第 1 外挿移動情報と一致しないと判定された前記模擬移動情報に基づいて前記第 1 外挿処理に用いられるパラメータを更新し、パラメータ更新後の前記第 1 外挿処理により前記第 1 外挿移動情報を生成する処理、

30

(5) 前記模擬移動情報と前記第 1 外挿移動情報とが一致しないと判定された場合に、予め設定された時刻進行幅から定まる将来時刻までの前記移動体の動きを模擬して前記模擬移動情報を生成する処理、

(6) 前記将来時刻までの模擬移動情報と、パラメータ更新後の前記第 1 外挿処理により生成された前記第 1 外挿移動情報であって前記将来時刻までの模擬移動情報に対応する前記第 1 外挿移動情報とが一致するかを所定の基準に従って判定する処理、

(7) 前記将来時刻までの模擬移動情報と、前記将来時刻までの模擬移動情報に対応する前記第 1 外挿移動情報とが一致すると判定された場合に、前記将来時刻を次に進行すべき次時刻として時刻進行を要求する次時刻進行要求を前記論理時刻管理装置に送信する処理、

40

をコンピュータに実行させる模擬プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、論理時刻に基づいて移動体の動きをシミュレーションする分散シミュレーションシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

移動体の模擬を複数の論理プロセッサで模擬するような分散シミュレーションシステム

50

では、時々刻々と変化する移動体の移動情報を計算し、その移動情報を必要とするような、例えばレーダ等を模擬する論理プロセッサに送信する。このような分散シミュレーションシステムでは、模擬する移動体の数が多くなるにつれ、全体としての移動情報の送信回数が増えるため、通信処理の負荷が増大化し全体の処理性能に悪影響を及ぼすという課題がある。

【0003】

非特許文献1は、人間の訓練に利用するような、実時刻に基づいた分散シミュレーションシステムを構築するための通信プロトコルである「DIS (Distributed Interactive Simulation)」の規約である。DISでは、上記の課題を解決するために「Dead Reckoning」と呼ばれるリアルタイムな外挿処理による移動情報の通信回数削減機能を規定している。

10

【0004】

図8は、DISによる分散シミュレーションの例を示す。図において、

(1) 送信側論理プロセッサ101は、移動体の模擬処理を行い、移動情報を他の論理プロセッサに対して送信する。

(2) 模擬処理部102は、送信側論理プロセッサ101において移動体の模擬処理を行う。

(3) 外挿処理部103は、移動体の移動情報を外挿する。

(4) 送信可否判定部104は、模擬処理部102における移動体模擬処理の結果である移動情報と、外挿処理部103における移動体外挿処理の結果である移動情報を比較し、ある閾値を超えた場合にのみ外部の論理プロセッサに移動情報を送信することを決定する。

20

(5) 受信側論理プロセッサ201は、他の送信側論理プロセッサから移動体の移動情報を受信する。

(6) 模擬処理部202は、受信側論理プロセッサにおいて、他の送信側論理プロセッサで模擬された移動体移動情報を基にレーダの模擬処理を行う。

(7) 外挿処理部203は、他の送信側論理プロセッサで模擬されている移動体の移動情報を外挿する。

(8) 受信処理部204は、他の送信側論理プロセッサから送信された情報を受信する。

(9) ネットワーク300は、各論理プロセッサを接続し、情報の送受信に使用されるネットワークである。

30

【0005】

次に動作について説明する。DISで規定されたDead Reckoningでは、処理の前提条件として、送信側論理プロセッサ101と受信側論理プロセッサ201のそれぞれの外挿処理部103、203において、全く同一のアルゴリズムによって外挿処理を行う。その上で送信側論理プロセッサ101では、模擬処理部102において移動体の模擬処理を実行し、その結果である移動情報を、送信可否判定部104に送る。それと同時に外挿処理部103では、該当移動体の前の時刻における位置、進行方向、速度、加速度などから移動情報の外挿を行い、送信可否判定部104に送る。図9に、DISで実際に用いられている外挿アルゴリズムの例を示す。Dead Reckoningによって効果をを得るためには、外挿処理の処理負荷が削減される通信処理負荷を上回ってはならないため、DISでは図9の例のように前の時刻の移動情報を用いて現在時刻の移動情報を外挿する。

40

【0006】

図10に、模擬処理部102において模擬処理された結果である移動情報の位置と、外挿処理部103において外挿処理された結果である移動情報の位置をプロットした例を示す。送信可否判定部104では、図10のように同一時刻における模擬処理された位置と外挿処理された位置の差分が閾値を超えた場合にのみ、模擬処理された移動情報を外部の論理プロセッサに対して送信する必要があると判断し、ネットワーク300を介して移動情報を送信する。また同時に外挿処理部103に対して模擬処理された移動情報を送信し

50

、外挿処理部103で外挿処理に利用するパラメータ（図9における t_i 、 $P(t_i)$ 、 $v(t_i)$ 、 $a(t_i)$ ）を更新する。

【0007】

一方、受信側論理プロセッサ201では、受信処理部204において移動情報を受信していない間、模擬処理部202は、外挿処理部203において該当移動体の外挿処理された移動情報を利用して模擬処理を行う。受信処理部204において移動情報を受信した場合は、模擬処理部202はその受信した移動情報を利用して模擬処理を行うと共に、外挿処理部203に受信した移動情報を送信し、外挿処理部203で外挿処理に利用するパラメータ（図9における t_i 、 $P(t_i)$ 、 $v(t_i)$ 、 $a(t_i)$ ）を更新する。

【0008】

DISは、人間の訓練に利用するような、実時刻に基づいた分散シミュレーションシステムを構築するための通信プロトコルの規約のため、移動体の移動情報は、人間の操縦の結果として任意に変化する場合が多い。また、移動情報も、2次元や3次元による人間に対するリアルタイム表示に用いられるのが主要目的なため、Dead Reckoningによる送信可否の判定に閾値が用いられる（正確性よりも送信処理の回数削減を重視しているため）。

【非特許文献1】IEEE 1278.1, IEEE Standard for Distributed Interactive Simulation – Application Protocols

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

DISで規定されたDead Reckoningは、リアルタイムな外挿処理により移動情報の通信回数削減を行うため、移動情報が更新されたタイミングでその移動情報を他の論理プロセッサに対して送信する必要があるか否かを決定することができ、全体として見た場合に通信回数を削減することができるが、リアルタイムの処理であり将来の時刻における移動情報について送信する必要があるか否かを決定できない。そのため、論理時刻に基づき時刻進行を行う分散シミュレーションでは、論理時刻の進行回数を削減することができない。その状況を図11に示す。すなわち、図11に示すように、Dead Reckoningにより移動情報の送信が削除されるが、送信側論理プロセッサ101にて次時刻として進行要求できる時刻が、移動体の移動情報の更新間隔（時刻 $T_0 \sim T_1$ 、 $T_1 \sim T_2$ 等の間隔）に制約される。このため、受信側論理プロセッサ201の進行許可間隔が大きくとれず、時刻進行回数は削除できない。よって、図11において、時刻 T_2 、 T_3 、 T_4 における同期処理等が必要になり、シミュレーション処理の高速化の妨げの一因となっている。

【0010】

本発明は、論理時刻に基づき時刻進行する分散シミュレーションシステムにおいて外挿処理を適用し、さらに将来の時刻における移動情報についても外挿処理を行うことによって、移動情報の送信回数と論理時刻の進行回数の両方の削減を実現するものである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

この発明の論理時刻を用いた模擬システムは、

移動体の動きを論理時刻に基づいて模擬することにより模擬による前記移動体の移動状況を示す模擬移動情報を生成すると共に所定のアルゴリズムを用いた第1外挿処理により外挿処理による前記移動体の移動状況を示す第1外挿移動情報を生成し、生成された前記模擬移動情報と前記第1外挿移動情報とが一致するかを所定の基準に従って判定し、前記模擬移動情報と前記第1外挿移動情報とが一致しないと判定した場合に、前記模擬移動情報を送信し、かつ、前記第1外挿移動情報と一致しないと判定された前記模擬移動情報に基づいて前記第1外挿処理に用いられるパラメータを更新し、パラメータ更新後の前記第1外挿処理により前記第1外挿移動情報を生成する送信側模擬装置と、

10

20

30

40

50

前記所定のアルゴリズムと同一のアルゴリズムを用いた第2外挿処理により前記移動体の外挿移動情報である第2外挿移動情報を生成し、生成された前記第2外挿移動情報を用いて前記移動体を含む模擬を前記送信側模擬装置の用いる前記論理時刻に対応する論理時刻に基づいて実行すると共に、前記送信側模擬装置から前記模擬移動情報が送信された場合には前記模擬移動情報を受信し、受信された前記模擬移動情報に基づいて前記第2外挿処理に用いられるパラメータを更新し、パラメータ更新後の前記第2外挿処理により前記第2外挿移動情報を生成し、生成された前記第2外挿移動情報を用いて前記移動体を含む模擬を継続する受信側模擬装置と、

前記送信側模擬装置と前記受信側模擬装置とが用いる前記論理時刻の進行を管理する論理時刻管理装置と

を備え、

前記送信側模擬装置は、

前記模擬移動情報と前記第1外挿移動情報とが一致しないと判定した場合に、さらに、予め設定された時刻進行幅から定まる将来時刻までの前記移動体の動きを模擬して模擬移動情報を生成し、前記将来時刻までの模擬移動情報と、パラメータ更新後の前記第1外挿処理により生成された前記第1外挿移動情報とが一致するかを所定の基準に従って判定し、一致すると判定した場合に、前記将来時刻を次に進行すべき次時刻として、前記論理時刻管理装置に要求することの特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

この発明により、時刻進行回数を削減することにより、高速なシミュレーションを実行することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

実施の形態1.

図1は、実施の形態1の分散シミュレーションシステム1000（模擬システム）を実現するコンピュータシステムの外観の一例を示している。分散シミュレーションシステム1000を構成する後述の送信側論理プロセッサ501、受信側論理プロセッサ601、分散シミュレーション基盤700等は、例えばソフトウェア（プログラム）としてコンピュータシステムで実行され実現される。分散シミュレーションシステム1000は、図1に示すように1台のコンピュータで実現されてもよいし、図2に示すように、ネットワークを介して接続された複数のコンピュータにより実現されても構わない。分散シミュレーションシステム1000が実現されるハードウェアは限定されない。

【0014】

図3は、分散シミュレーションシステム1000を実現するコンピュータシステムのハードウェア構成を示す図である。図3において、分散シミュレーションシステム1000を実現するコンピュータは、論理プロセッサ等のプログラムを実行するCPU810（中央処理装置、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、プロセッサともいう）を備えている。CPU810は、バス825を介してROM（Read Only Memory）811、RAM（Random Access Memory）812、表示装置813、キーボード814、マウス815、通信ボード816、FDD817、CDD818、プリンタ装置819、磁気ディスク装置820と接続され、これらのハードウェアデバイスを制御する。磁気ディスク装置820の代わりに、フラッシュメモリ、光ディスク装置、メモリカード読み書き装置などの記憶装置でもよい。

【0015】

RAM812は、揮発性メモリの一例である。ROM811、FDD817、CDD818、磁気ディスク装置820等の記憶媒体は、不揮発性メモリの一例である。これらは、記憶装置あるいは記憶部、格納部の一例である。通信ボード816、キーボード814、FDD817などは、入力部、入力装置の一例である。また、通信ボード816、表示

10

20

30

40

50

装置 8 1 3、プリンタ装置 8 1 9などは、出力部、出力装置の一例である。

【0016】

通信ボード 8 1 6は、ネットワーク（LAN等）に接続されている。通信ボード 8 1 6は、LANに限らず、インターネット、ISDN等のWAN（ワイドエリアネットワーク）などに接続されていても構わない。

【0017】

磁気ディスク装置 8 2 0には、オペレーティングシステム 8 2 1（OS）、ウィンドウシステム 8 2 2、プログラム群 8 2 3、ファイル群 8 2 4が記憶されている。プログラム群 8 2 3のプログラムは、CPU 8 1 0、オペレーティングシステム 8 2 1、ウィンドウシステム 8 2 2により実行される。

10

【0018】

上記プログラム群 8 2 3には、以下に述べる実施の形態の説明において「～部」として説明する機能を実行するプログラムが記憶されている。プログラムは、CPU 8 1 0により読み出され実行される。

【0019】

ファイル群 8 2 4には、以下に述べる実施の形態の説明において、「～の判定結果」、「～の算出結果」、「～の抽出結果」、「～の生成結果」、「～の処理結果」として説明する情報や、データや信号値や変数値やパラメータなどが、「～ファイル」や「～データベース」の各項目として記憶されている。「～ファイル」や「～データベース」は、ディスクやメモリなどの記録媒体に記憶される。ディスクやメモリなどの記憶媒体に記憶された情報やデータや信号値や変数値やパラメータは、読み書き回路を介してCPU 8 1 0によりメインメモリやキャッシュメモリに読み出され、抽出・検索・参照・比較・演算・計算・処理・出力・印刷・表示などのCPUの動作に用いられる。抽出・検索・参照・比較・演算・計算・処理・出力・印刷・表示のCPUの動作の間、情報やデータや信号値や変数値やパラメータは、メインメモリやキャッシュメモリやバッファメモリに一時的に記憶される。

20

【0020】

また、以下に述べる実施の形態の説明においては、データや信号値は、RAM 8 1 2のメモリ、FDD 8 1 7のフレキシブルディスク、CDD 8 1 8のコンパクトディスク、磁気ディスク装置 8 2 0の磁気ディスク、その他光ディスク、ミニディスク、DVD（Digital・Versatile・Disk）等の記録媒体に記録される。また、データや信号は、バス 8 2 5や信号線やケーブルその他の伝送媒体によりオンライン伝送される。

30

【0021】

また、以下に述べる実施の形態の説明において「～部」として説明するものは、「～回路」、「～装置」、「～機器」、「手段」であってもよく、また、「～ステップ」、「～手順」、「～処理」であってもよい。すなわち、「～部」として説明するものは、ROM 8 1 1に記憶されたファームウェアで実現されていても構わない。或いは、ソフトウェアのみ、或いは、素子・デバイス・基板・配線などのハードウェアのみ、或いは、ソフトウェアとハードウェアとの組み合わせ、さらには、ファームウェアとの組み合わせで実施されても構わない。ファームウェアとソフトウェアは、プログラムとして、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、DVD等の記録媒体に記憶される。プログラムはCPU 8 1 0により読み出され、CPU 8 1 0により実行される。すなわち、プログラムは、以下に述べる「～部」としてコンピュータを機能させるものである。あるいは、以下に述べる「～部」の手順や方法をコンピュータに実行させるものである。

40

【0022】

図 4は、本実施の形態 1の分散シミュレーション方式に基づき実行される、分散シミュレーションシステム（模擬システム）の構成図である。図 4に示す分散シミュレーションシステム 1 0 0 0は、論理時刻に基づき時刻進行する複数の論理プロセッサから構成され

50

る分散シミュレーションシステムにおける、移動体の位置、進行方向、速度、加速度、姿勢などの移動体の運動模擬によって計算された情報（以降、移動情報と称する）の情報交換と時刻進行に関するシステムであり、情報送信側と情報受信側の双方の論理プロセッサにおいて同じアルゴリズムによる移動情報の外挿処理を行い、情報送信側論理プロセッサで移動体の模擬処理結果と外挿処理結果の移動情報が異なるかどうかを判定し、異なる場合のみ移動情報を受信側論理プロセッサに送信する。さらに、送信側論理プロセッサは、将来の時刻においても模擬処理結果と外挿処理結果の移動情報が異なるかどうかを判定し、一致する場合には、その将来の時刻まで時刻進行要求を延ばす。これにより、移動情報の送信回数の削減に加え、時刻進行回数を削減することが可能となり、高速なシミュレーションを可能とする。

10

【0023】

図4に示すように、分散シミュレーションシステム1000は、送信側論理プロセッサ501（送信側模擬装置）、受信側論理プロセッサ601（受信側模擬装置）、分散シミュレーション基盤700（論理時刻管理装置）を備える。送信側論理プロセッサ501と受信側論理プロセッサ601とは、分散シミュレーション基盤700を介して情報のやりとりが可能である。送信側論理プロセッサ501は、模擬処理部502、外挿処理部503、送信可否判定部504（送信判定部）、要求次時刻決定部505（次時刻進行要求部）を備えている。また、受信側論理プロセッサ601は、模擬処理部602、外挿処理部603、受信処理部604を備えている。

【0024】

20

（送信側論理プロセッサ501）

（1）送信側論理プロセッサ501は、分散シミュレーションシステムを構成する論理プロセッサのうち、移動体の模擬処理を実行し、模擬処理による移動情報を他の論理プロセッサに送信する。

（2）模擬処理部502は、送信側論理プロセッサ501において移動体の模擬処理を実行する。

（3）外挿処理部503は、模擬処理部502において模擬される移動体の移動情報を外挿処理する。

（4）送信可否判定部504は、模擬処理部502において模擬処理された結果を、外挿処理部503の外挿処理結果と比較し、送信するか否かを決定する。

30

（5）要求次時刻決定部505は、外挿処理部503において将来の時刻に渡って外挿処理を行った結果に基づき、送信側論理プロセッサ501が分散シミュレーション基盤700に対して要求する要求次時刻を決定する。

【0025】

（受信側論理プロセッサ601）

（1）受信側論理プロセッサ601は、送信側論理プロセッサ501から送信される移動体の移動情報を受信し、その移動情報に基づき模擬を行う。

（2）模擬処理部602は、受信側論理プロセッサ601において模擬処理を実行する。

（3）外挿処理部603は、受信側論理プロセッサ601において、他の送信側論理プロセッサ501で模擬される移動体の移動情報を外挿処理する。

40

（4）受信処理部604は、受信側論理プロセッサ601において送信側論理プロセッサ501から送信された情報を受信する。

【0026】

（分散シミュレーション基盤700）

分散シミュレーション基盤700は、各論理プロセッサの論理時刻による進行管理や、情報通信の管理を実行する。分散シミュレーション基盤700は、分散シミュレーションシステムの構築規約であるHLA（High Level Architecture：IEEE Std 1516）における、RTI（Run-Time Infrastructure）に相当する基盤機能であり、論理時刻に基づく分散シミュレーションでは、各論理プロセッサからの要求次時刻や受信するイベントを基に、各論理プロセッサが

50

次に進むことができる論理時刻までの時刻進行許可を各論理プロセッサに返す。

【0027】

なお、図4における送信側論理プロセッサ501と受信側論理プロセッサ601は、分散シミュレーションシステムにおける最も単純な構成例を示したものであり、移動体の移動情報の送信と受信の双方を行うような論理プロセッサが複数個存在するような複雑な分散シミュレーションシステムであっても、基本的な動作に変わりはない。

【0028】

(動作の説明)

図5は、送信側論理プロセッサ501の動作を示すシーケンスである。また図6は、図5の動作に関して、送信側論理プロセッサ501と受信側論理プロセッサ601との時刻進行状況を示す図である。

10

【0029】

以下では、図5のシーケンスに沿って、図6を参照し、動作を説明する。

【0030】

(外挿アルゴリズム)

DISで規定されたDead Reckoningと同様に、処理の前提条件として、送信側論理プロセッサ501と受信側論理プロセッサ601との外挿処理部503(第1外挿処理を実行)と外挿処理部603(第2外挿処理を実行)とは、全く同一のアルゴリズムで外挿処理を行う。

【0031】

20

(模擬処理部502)

その上で、送信側論理プロセッサ501では、模擬処理部502が移動体の模擬処理を実行し(ステップS11)、その模擬処理の結果である模擬移動情報(模擬処理により得られた移動情報を模擬移動情報という場合がある)を、送信可否判定部504に送る。この例では、図6に示すように、模擬処理部502は、S11において、現在時刻T0のときに、次の時刻である時刻T1における模擬移動情報を生成する。

【0032】

(外挿処理部503)

それと同時に、外挿処理部503は、該当移動体の前の時刻における位置、進行方向、速度、加速度などから移動情報(時刻T1)の外挿処理(第1外挿処理:送信側の外挿処理)を行い(S12)、時刻T1における外挿移動情報(外挿処理の結果得られた移動情報を、外挿移動情報という場合がある)を送信可否判定部504に送る。外挿アルゴリズムは、例えば図9に示したような、前の時刻の移動情報を用いた外挿アルゴリズムを用いる。

30

【0033】

(送信可否判定部504)

送信可否判定部504は、まず同一時刻(時刻T1)における模擬処理された位置(模擬移動情報の一例)と外挿処理された位置(外挿移動情報の一例)とを比較(S13a)し、予め設定された判定基準に従って、両者が一致するかどうかを判定する。例えば図10で説明したような閾値による判定基準である。送信可否判定部504は、両者が一致しないと判定した場合は(S13aの不一致)、模擬移動情報を外部の受信側論理プロセッサ601に送信する必要があると判断し、分散シミュレーション基盤700を介して模擬移動情報(時刻T1)を受信側論理プロセッサ601に送信する(S13b、S21)。図6のS21を付した時刻T0からT1に向かう矢印が、図5のS21に相当する。また、送信可否判定部504は、同時に外挿処理部503に対して、模擬移動情報(時刻T1)を送信する(S13c)。一方、送信可否判定部504が模擬移動情報と外挿移動情報とが一致すると判定すると(S13aの一致の場合)、模擬処理部502及び外挿処理部503とは、次時刻「 T_{i+1} 」の処理を実行する。この場合の次時刻の処理とは、図6において時刻 T_i に対する次の時刻 T_{i+1} ($i=1, 2, 3, 4$ 等)を意味する。

40

【0034】

50

(外挿処理部 503)

外挿処理部 503 は、送信可否判定部 504 からの模擬移動情報 (時刻 T_1) を基に、外挿処理に利用するパラメータを更新する (S14)。パラメータの更新は、例えば図 9 に示した「 t_i 、 $P(t_i)$ 、 $v(t_i)$ 、 $a(t_i)$ 」等と同様である。さらに、外挿処理部 503 は、「予め設定された時刻進行幅から定まる論理時刻 (将来時刻)」までの移動体の模擬移動情報 (時刻 $T_2 \sim T_5$) を模擬処理部 502 に要求 (S15) する。図 6 で説明する。外挿処理部 503 には、「予め設定された一定時間」として、時刻 4 きざみ ($T_1 \sim T_5$) ぶんの時刻進行幅である「 T (進行)」が設定されている。図 5 の S15 において、外挿処理部 503 は、将来の移動情報として、「 $T_1 + T$ (進行)」における時刻、すなわち時刻 T_5 までの各時刻 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 における模擬移動情報を模擬処理部 502 に要求する。外挿処理部 503 は、模擬処理部 502 から、各時刻 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 における模擬移動情報を受信 (S17) する。外挿処理部 503 は、各時刻における模擬移動情報を受信すると、S16 で生成している各時刻 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 における外挿移動情報と、前記各時刻における模擬移動情報とを比較し、所定の基準に従って、時刻 $T_2 \sim T_5$ までの間で模擬処理結果 (模擬移動情報) と外挿処理結果 (外挿移動情報) とが一致しているかどうかを判定する (S18)。判定基準は例えば図 10 の場合と同じである。外挿処理部 503 は、一致していると判定すれば、その時刻 (図 6 の例では時刻 T_5) を送信側論理プロセッサ 501 が次に進むべき「次時刻」として要求次時刻決定部 505 に出力する (S18 の一致)。なお、送信側論理プロセッサ 501 は、この「次時刻」までの模擬移動情報と外挿移動情報との比較を全ての移動体に関して実行する。

【0035】

(要求次時刻決定部 505)

要求次時刻決定部 505 は、外挿処理部 503 が出力した全ての移動体に関する「次時刻」と、模擬処理部 502 における更新間隔 (図 6 における進行刻みである、 $T_0 \sim T_1$ の間隔) による次時刻のうち、一番小さい時刻を、送信側論理プロセッサ 501 の次時刻として分散シミュレーション基盤 700 (論理時刻管理装置) に時刻進行要求を行う (S19)。すなわち、要求次時刻決定部 505 は、S18 の判定処理において、不一致の判定がなければ時刻 T_1 に対して「予め設定された時刻進行幅から定まる論理時刻」 (将来時刻) である時刻 T_5 を次時刻として分散シミュレーション基盤 700 に時刻進行要求を送信する。一方、要求次時刻決定部 505 は、S18 の判定処理において不一致の判定があれば時刻 T_1 に対して模擬処理部 502 における更新間隔だけ先の時刻 T_2 を次時刻として分散シミュレーション基盤 700 に時刻進行要求を送信する。

【0036】

(分散シミュレーション基盤 700)

S20 において、分散シミュレーション基盤 700 は、要求次時刻決定部 505 から受信した時刻進行要求に従って次時刻進行処理を実行する。分散シミュレーション基盤 700 は、時刻 T_5 (将来時刻) を次時刻とする時刻進行要求を受信した場合には、送信側論理プロセッサ 501 の時刻進行要求に従って、図 6 のように、「時刻の進行許可間隔」を時刻 T_1 から時刻 T_5 に延長する。したがって、受信側論理プロセッサ 601 の時刻の進行許可も将来時刻 T_5 まで延長される。これにより、時刻進行回数を減らすことができる。すなわち、図 6 に示したように、Dead-Rec-koning により移動情報の送信が削除され、且つ送信側論理プロセッサ 501 の時刻進行要求が将来時刻 T_5 まで延びたことにより、受信側論理プロセッサ 601 の時刻の進行許可も将来時刻 T_5 まで延ばすことができ、結果として時刻進行回数を減らすことができる。「時刻の進行許可間隔」が時刻 T_1 から時刻 T_5 に延長されることで、時刻 T_2 、 T_3 、 T_4 における同期処理が不要となり、処理の高速化を図ることができる。

【0037】

10

20

30

40

50

(受信側論理プロセッサ601)

一方、受信側論理プロセッサ601では、受信処理部604が模擬移動情報を送信側論理プロセッサ501から受信していない間は、模擬処理部602が、外挿処理部603により該当移動体の外挿処理(第2外挿処理)された外挿移動情報を利用して前記移動体を含む模擬処理を実行する。

【0038】

受信処理部604が移動情報(模擬)を受信した場合は、模擬処理部602は、その受信した模擬移動情報を利用して模擬処理を行うと共に、受信した模擬移動情報を外挿処理部603に送信する。

【0039】

外挿処理部603は、この模擬移動情報を用いて、外挿処理(第2外挿処理)に利用するパラメータを更新する。パラメータの更新は、外挿処理部503の場合と同様である。

【0040】

受信側論理プロセッサ601は、分散シミュレーション基盤700の動作で述べたように、「時刻の進行許可間隔」が時刻T1から時刻T5に延長されるので、時刻T2、T3、T4における同期処理が不要となり、処理の高速化を図ることができる。

【0041】

このように、移動体の移動情報を模擬処理結果(模擬移動情報)と外挿処理結果(外挿移動情報)とを比較して送信可否を決定すると共に、将来の時刻についても模擬処理結果と外挿処理結果とを比較することで要求次時刻を決定することにより、移動情報の送信回数と時刻進行回数を削減することができる。これにより、高速なシミュレーションを実行することが可能となる。

【0042】

実施の形態2.

実施の形態1では、前の時刻の移動情報を用いて外挿処理を行う例を示した。実施の形態2では、シミュレーションに予めシナリオとして与えられる移動体の経路情報を用いる例を示す。この経路情報は、図5のステップS16の外挿処理部503による外挿処理(第1外挿処理)において、外挿処理部503により使用される。

【0043】

図7は、論理時刻に基づくシミュレーションにおいて設定される、移動体の経路情報の例である。一般的に、移動体の経路情報は、経路点の番号、論理時刻、位置情報などから構成される。図4に示した送信側論理プロセッサ501の外挿処理部503は、このような移動体の経路情報を用いて、図5のステップS16の外挿処理を実行する。また、外挿処理部503は、この経路情報を用いることで、シミュレーションの開始時点においても将来の時刻における移動体の位置が予測可能であり、さらに論理時刻と位置の関係から速度や進行方向等も予測可能である。そのため、実施の形態1に比べて、開始時点における外挿が可能なことや、より確度の高い外挿を行うことが可能である。

【0044】

このように、シミュレーションに予めシナリオとして与えられる移動体の経路情報を用いて外挿処理を行うことで、より確度の高い外挿を行うことが可能となる。

【0045】

以上の実施の形態では、図4のように、分散シミュレーションシステム1000、送信側論理プロセッサ501、受信側論理プロセッサ601を説明したが、送信側論理プロセッサ501の各構成要素の動作を処理と把握することにより、送信側論理プロセッサ501を模擬プログラムと把握することもできる。同様に、分散シミュレーションシステム1000を各ステップと把握することにより、分散シミュレーションシステム1000を分散シミュレーション方法と把握することも可能である。

【0046】

以上の実施の形態1では、次の分散シミュレーションシステムを説明した。

論理時刻に基づいて移動体を模擬する分散シミュレーションシステムにおいて、

10

20

30

40

50

送信側論理プロセッサと受信側論理プロセッサとは、
移動体の位置、進行方向、速度、加速度、姿勢などの移動情報を、同じアルゴリズムによる外挿処理を行い、

送信側論理プロセッサは、

実際の移動体の模擬処理による模擬移動情報と外挿処理による外挿移動情報とが異なる場合にのみ模擬移動情報を受信側論理プロセッサに送信し、さらに将来の時刻についても模擬移動情報と外挿移動情報が一致するか否かを判定し、一致する場合にはその将来の時刻を次時刻として分散シミュレーション基盤に要求する時刻とする。これにより、移動情報の送信回数と論理時刻の進行回数を削減し、高速なシミュレーションを実行することが可能な分散シミュレーションシステムを提供できる。

10

【0047】

以上の実施の形態2では、送信側論理プロセッサによる上記の移動体の移動情報の外挿処理（図5のS16）においてシミュレーションシナリオに定義された移動体の経路情報を用いることにより、外挿する移動情報の精度をより高め、移動情報の送信回数と論理時刻の進行回数を削減する分散シミュレーションシステムを説明した。

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】実施の形態1の分散シミュレーションシステム1000を実現するコンピュータシステムの外観を示す図。

【図2】実施の形態1の分散シミュレーションシステム1000を複数のコンピュータで実現する場合の構成。

20

【図3】図1のコンピュータシステムのハードウェア資源の一例。

【図4】実施の形態1の分散シミュレーションシステム1000のシステム構成図。

【図5】実施の形態1の送信側論理プロセッサ501の動作を示すシーケンス図。

【図6】実施の形態1の送信側論理プロセッサ501と受信側論理プロセッサ601との時刻進行状況を示す図。

【図7】実施の形態2の経路情報を示す図。

【図8】従来技術のDISを示す図。

【図9】従来技術のDISにおける外挿アルゴリズムの例。

【図10】従来技術のDISにおける模擬処理された位置と、外挿処理された位置の例。

30

【図11】従来技術のDISのDead Reckoningを論理時刻を用いた分散シミュレーションに適用した例。

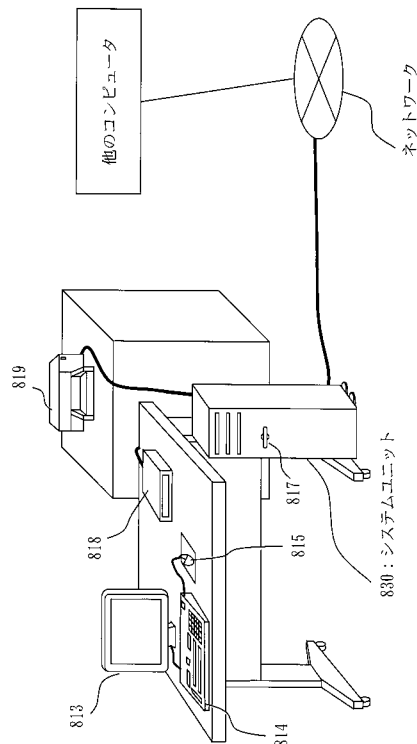
【符号の説明】

【0049】

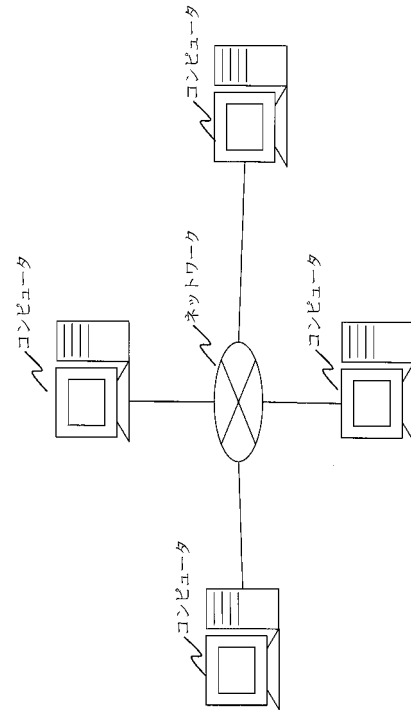
101 送信側論理プロセッサ、102 模擬処理部、103 外挿処理部、104 送信可否判定部、201 受信側論理プロセッサ、202 模擬処理部、203 外挿処理部、204 受信処理部、300 ネットワーク、501 送信側論理プロセッサ、502 模擬処理部、503 外挿処理部、504 送信可否判定部、505 要求次時刻決定部、601 受信側論理プロセッサ、602 模擬処理部、603 外挿処理部、604 受信処理部、700 分散シミュレーション基盤、1000 分散シミュレーションシステム。

40

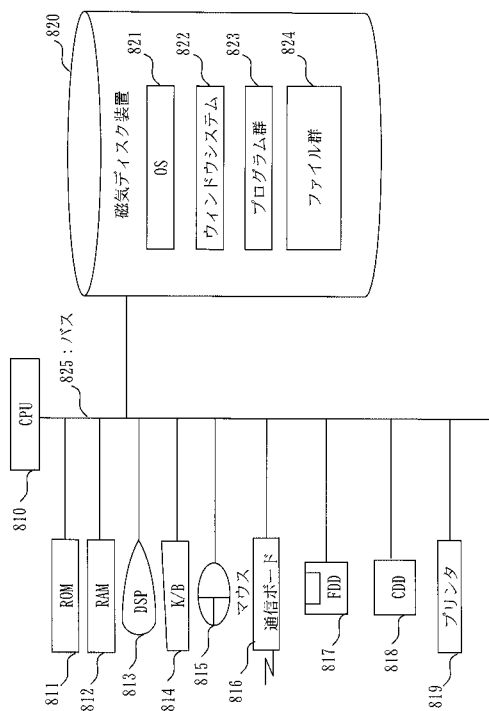
【図 1】



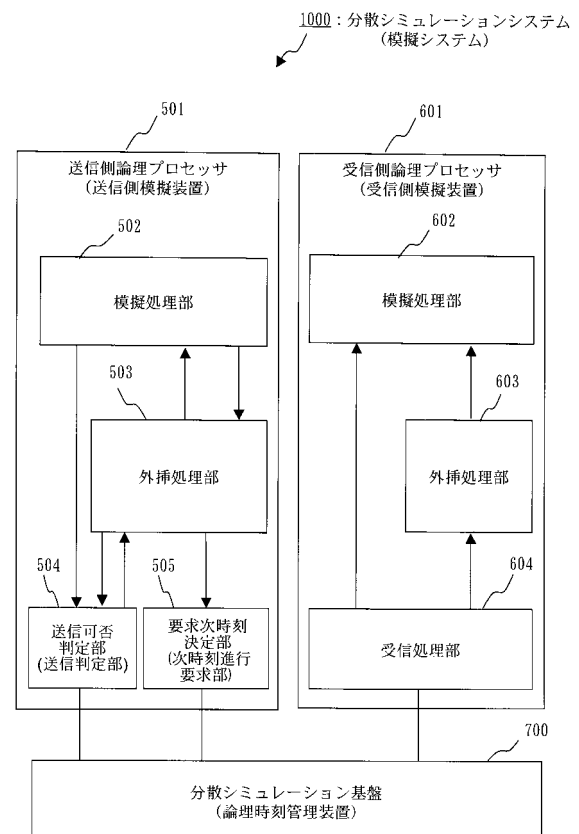
【図 2】



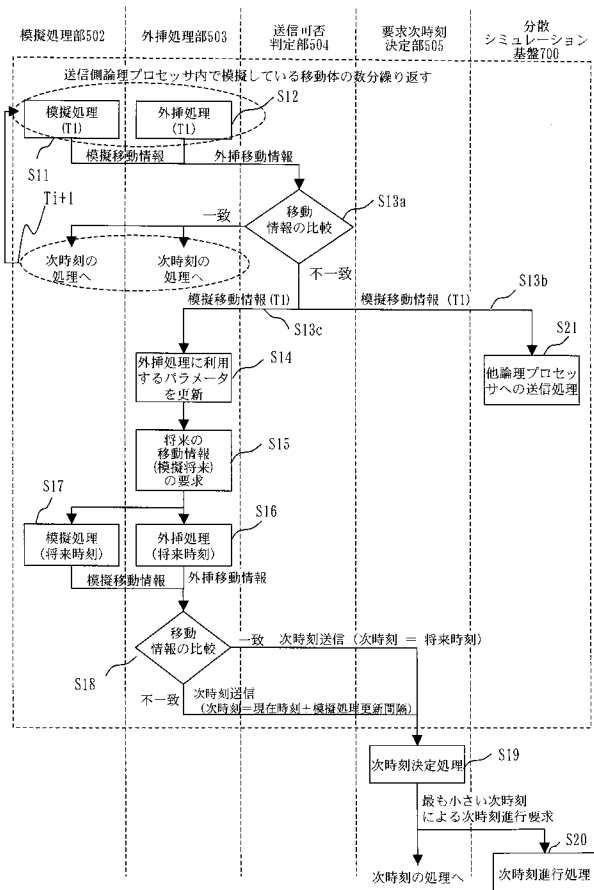
【図 3】



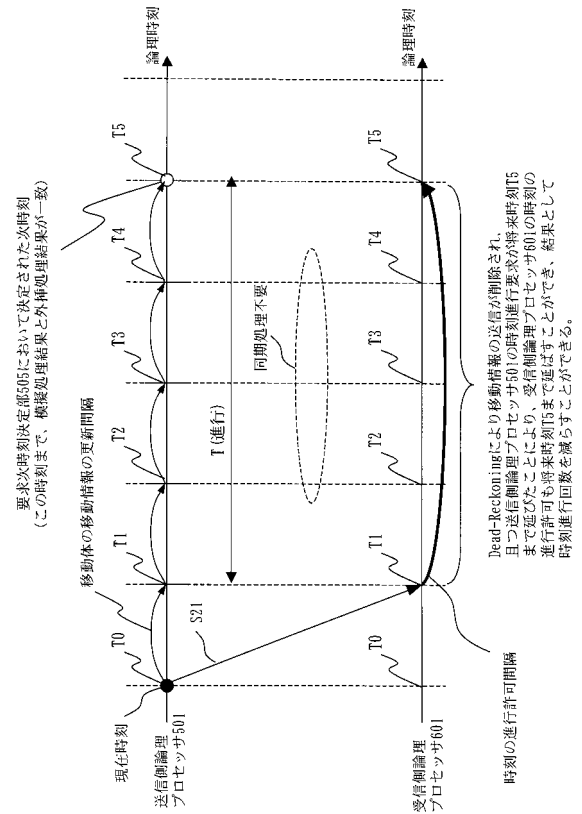
【図 4】



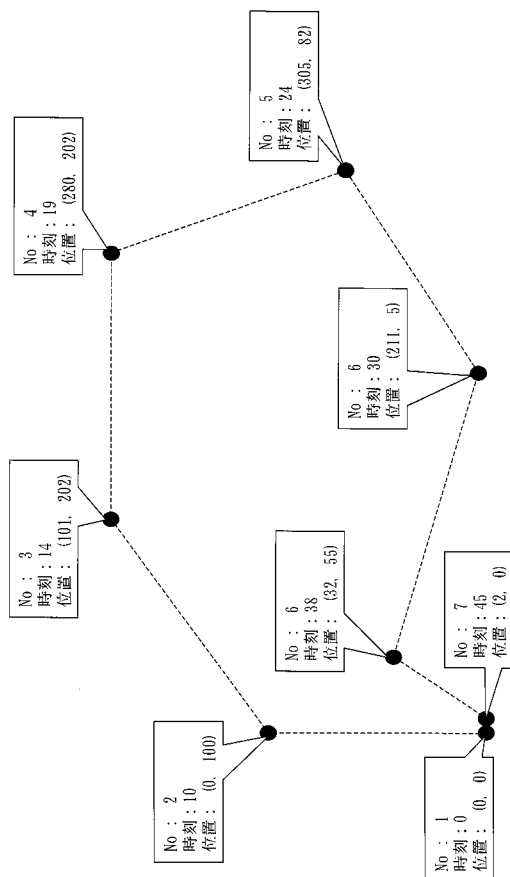
【 図 5 】



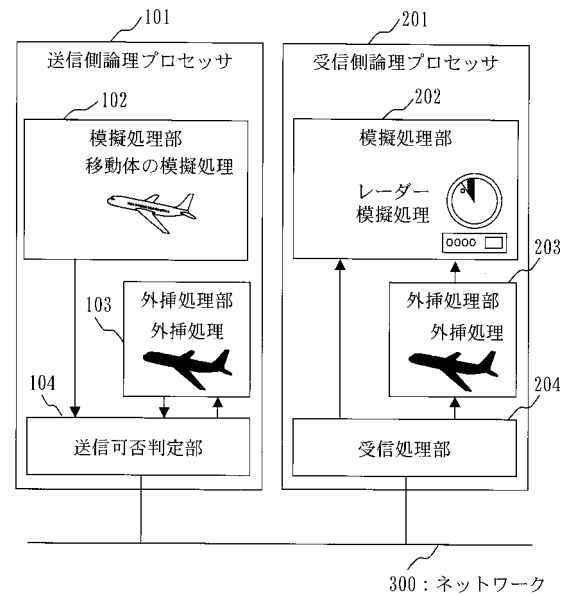
【 図 6 】



【图 7】



【图 8】



【図 9】

ある時刻 (t) において移動体の位置を計算する外挿アルゴリズムの例

- ・ 初回 (模擬処理部で模擬処理された結果である移動情報が外部に送信された時点)

$$D(t) = P(t_i)$$
- ・ 2 回目 (初回の次の時刻における外挿)

$$D(t) = P(t_i) + v(t_i) \cdot \Delta t$$
- ・ 3 回目以降

$$D(t) = P(t_i) + v(t_i) \cdot \Delta t + 0.5 \cdot a(t_i) \cdot (\Delta t)^2$$

$D(t)$: ある時刻 (t) における外挿処理による位置

$P(t)$: ある時刻 (t) における模擬処理による位置

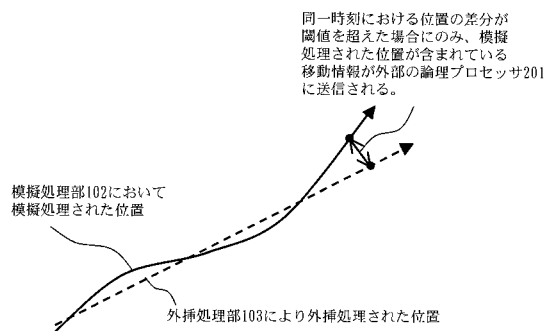
$v(t)$: ある時刻 (t) における速度

$a(t)$: ある時刻 (t) における加速度

t_i : 模擬処理による移動情報が外部に送信された、最も最近の時刻

Δt : $t - t_i$

【図 10】



【図 11】

