

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 3 区分

【発行日】平成20年10月16日(2008.10.16)

【公開番号】特開2008-40983(P2008-40983A)

【公開日】平成20年2月21日(2008.2.21)

【年通号数】公開・登録公報2008-007

【出願番号】特願2006-217393(P2006-217393)

【国際特許分類】

G 0 6 F 19/00 (2006.01)

【F I】

G 0 6 F 19/00 1 1 0

【手続補正書】

【提出日】平成20年8月29日(2008.8.29)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

管理装置と複数のシミュレータとがネットワークを介して接続され、前記管理装置の管理下で各シミュレータに割り付けられた複数のシミュレーションモデルが分散して実行される分散型シミュレーションシステムであって、

前記管理装置に表示されるシミュレーションモデルに関する情報とそのシミュレーションモデルに基づく演算を行うシミュレータとを対応付けて報知する報知手段を備えている分散型シミュレーションシステム。

【請求項 2】

シミュレーションモデルに基づくシミュレータの演算結果を前記管理装置に表示するものであり、前記報知手段は各シミュレーションモデルに基づく演算を行うシミュレータと対応付けるように各演算結果を異なる表示形態で表示する請求項 1 記載の分散型シミュレーションシステム。

【請求項 3】

シミュレーションモデルに基づくシミュレータの演算結果を前記管理装置に表示するものであり、前記報知手段は、前記演算結果の表示部位に対して所定の操作がなされたときに、対応するシミュレータの識別情報をその近傍に表示する請求項 1 または 2 記載の分散型シミュレーションシステム。

【請求項 4】

シミュレーションモデルに基づくシミュレータの演算結果を前記管理装置に表示するものであり、前記報知手段は、前記演算結果の表示部位に対して所定の操作がなされたときに、対応するシミュレータに識別可能に報知させる請求項 1 から 3 の何れかに記載の分散型シミュレーションシステム。

【請求項 5】

前記報知手段は、シミュレータに対して所定の操作がなされたときに、操作がなされたシミュレータの演算結果の表示形態を他のシミュレータの演算結果の表示形態と異ならせて表示する請求項 1 から 4 の何れかに記載の分散型シミュレーションシステム。

【請求項 6】

互いに異なるシミュレーションモデルに基づく演算を行う複数の CPU ボードを少なくとも一つのシミュレータが備え、前記報知手段は、前記管理装置にシミュレータの構成を

ツリー形式で階層表示する際に、シミュレータの構成要素である各CPUボードの階層下にそのCPUボードにより演算されるシミュレーションモデルに関する情報を表示する請求項1から5の何れかに記載の分散型シミュレーションシステム。

【請求項7】

互いに異なるシミュレーションモデルに基づく演算を行う複数のCPUボードを少なくとも一つのシミュレータが備え、前記報知手段は、前記管理装置にシミュレータの構成をツリー形式で階層表示する際に、シミュレータの構成要素である各CPUボードとそのCPUボードにより演算されるシミュレーションモデルに関する情報をその対応が識別できるように、他のCPUボード及びシミュレーションモデルに関する情報とは異なる表示形態で表示する請求項1から5の何れかに記載の分散型シミュレーションシステム。

【請求項8】

互いに異なるシミュレーションモデルに基づく演算を行う複数のCPUボードを少なくとも一つのシミュレータが備え、前記報知手段は、前記管理装置にシミュレータの構成をツリー形式で階層表示する際に、シミュレータの構成要素である各CPUボードまたは各CPUボードにより演算されるシミュレーションモデルの演算結果の表示部位に対して所定の操作がなされたときに、対応するシミュレーションモデルまたはCPUボードの識別情報をその近傍に表示する請求項1から5の何れかに記載の分散型シミュレーションシステム。

【請求項9】

前記管理装置にシステムを構成する各シミュレータに関する情報とその構成要素がツリー形式で階層表示され、前記報知手段は特定のシミュレータに関する情報の表示部位に対して所定の操作がなされたときに、対応するシミュレータに識別可能に報知させる請求項1から8の何れかに記載の分散型シミュレーションシステム。

【請求項10】

管理装置と複数のシミュレータとがネットワークを介して接続され、前記管理装置の管理下で、各シミュレータに割り付けられた複数のシミュレーションモデルが分散して実行される分散型シミュレーションシステムにおけるシミュレータとシミュレーションモデルの識別方法であって、

前記管理装置に表示された任意のシミュレーションモデルに関する情報とそのシミュレーションモデルに基づく演算を行うシミュレータとを対応付けるための視覚および／または聴覚による識別情報を出力するシミュレーションモデルの識別方法。

【請求項11】

ネットワークを介して複数のシミュレータを接続し、各シミュレータに割り付けられた複数のシミュレーションモデルの演算を分散して行う分散シミュレーションにおける、シミュレータとシミュレーションモデルとの対応関係の識別を支援するシミュレータの識別支援方法であって、

複数のシミュレータで演算された複数のシミュレーションモデルの演算結果が表示される表示画面における、所定のシミュレーションモデルに基づく演算結果を表示した表示部位に対して所定の操作が行われたときに、当該シミュレーションモデルの演算を行っているシミュレータの識別情報を、前記表示部位の近傍に表示するシミュレータの識別支援方法。

【請求項12】

ネットワークを介して複数のシミュレータを接続し、各シミュレータに割り付けられた複数のシミュレーションモデルの演算を分散して行う分散シミュレーションにおける、シミュレータとシミュレーションモデルとの対応関係の識別を支援する識別支援方法であって、

複数のシミュレータで演算された複数のシミュレーションモデルの演算結果が表示される表示画面における、所定のシミュレーションモデルに基づく演算結果を表示した表示部位に対して所定の操作が行われたときに、当該シミュレーションモデルの演算を行っているシミュレータが所定の報知動作を行うシミュレータの識別支援方法。

【請求項 13】

ネットワークを介して複数のシミュレータを接続し、各シミュレータに割り付けられた複数のシミュレーションモデルの演算を分散して行う分散シミュレーションにおける、シミュレータとシミュレーションモデルとの対応関係の識別を支援する識別支援方法であって、

シミュレータに対して所定の操作が行われたときに、複数のシミュレータで演算された複数のシミュレーションモデルの演算結果が同時に表示された表示画面における、前記操作が行われたシミュレータで演算を行っているシミュレーションモデルに基づく演算結果の表示を、他の演算結果の表示とは表示形態を異ならせて表示するシミュレータの識別支援方法。

【請求項 14】

ネットワークを介して複数のシミュレータを接続し、各シミュレータに割り付けられた複数のシミュレーションモデルの演算を分散して行う分散シミュレーションを行う場合に、分散シミュレーションの管理を行う分散シミュレーションの管理装置であって、

複数のシミュレータで演算される複数のシミュレーションモデルに関する情報を表示する表示手段と、

前記表示手段に表示されたシミュレーションモデルに関する情報と、当該シミュレーションモデルに基づく演算を行うシミュレータとを対応付けるための報知を行う報知手段と

を備えている。

【請求項 15】

ネットワークを介して複数のシミュレータを接続し、車両における各部位に関する複数のシミュレーションモデルの演算を、複数のシミュレータで分散して行う車両シミュレーションシステムであって、

複数のシミュレータで演算される複数のシミュレーションモデルに関する情報を表示する表示手段と、

前記表示手段に表示されたシミュレーションモデルに関する情報と、当該シミュレーションモデルに基づく演算を行うシミュレータとを対応付けるための報知を行う報知手段と

を備えている車両シミュレーションシステム。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】分散型シミュレーションシステム、及び、シミュレータとシミュレーションモデルの識別方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、管理装置と複数のシミュレータとがネットワークを介して接続され、前記管理装置の管理下で各シミュレータに割り付けられた複数のシミュレーションモデルが分散して実行される分散型シミュレーションシステム、及び、前記分散型シミュレーションシステムにおけるシミュレータとシミュレーションモデルの識別方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、様々な分野において、実際の装置やプラントにおけるメカニズムや電氣的信号等の果たす役割を数式化したモデルをコンピュータに演算させる、つまり、仮想空間においてシミュレーションすることにより、現実の実証実験を行なうことなく製品特性の確認や

起こり得る問題の抽出を可能とするシミュレーション装置が利用されている。前記シミュレーション装置を利用することで製品開発に要する期間やコストを削減し、製品開発に係る安全性を向上させることができる。

【0003】

複雑な装置やプラント等のシステムに対応して多数の複雑なモデルを処理する必要がある場合に単体のシミュレーション装置では演算速度を律するハードウェアによる限界や、ソフトウェアを処理する演算装置の処理負荷の増大による限界等があるため、モデルを複数に分割し、各モデルに対応した複数のシミュレーション装置を相互にネットワーク接続した分散型シミュレーションシステムが多く利用されている。

【0004】

このような分散型シミュレーションシステムでは、シミュレーションに要する時間やコストを削減するため、システム全体のハードウェア能力を効率よく使用する必要がある。

【0005】

特許文献1には、分散シミュレーションシステムにおいて、個々のモデルの実行時のCPU負荷率やメモリ消費量、他のモデルとのデータ交換量等の実際のシステムリソース消費量に基づいて各モデルの配置を決定することを目的として、各モデルの消費するシステムリソースを計測し、前記計測値に基づき、次に実行すべき一連のモデル群中の各モデルの配置先を決定し、決定された配置先に各モデルを複数のプロセッサに割り付ける分散シミュレーション制御装置が提案されている。

【0006】

特許文献1の分散シミュレーション制御装置は、最適なハードウェアリソースに最適なモデルを割り付け、システム全体として最適な条件でシミュレーションを実行する。

【0007】

【特許文献1】特開2002-342297号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、特許文献1の分散シミュレーション制御装置では、例えばシミュレーション実行中等にハードウェアリソースに不具合が生じ、システムのメンテナンスが必要となったときに、実行不能なモデルが判明していても、どのハードウェアリソースにどのモデルが割り付けられているのかが不明であり、逆にハードウェアリソースから前記ハードウェアリソースに割り付けられたモデルを判断することもできず、不具合を生じているハードウェアリソースを判別することが困難であった。

【0009】

本発明は、ハードウェアリソースと前記ハードウェアリソースに割り付けられたモデル等のソフトウェアリソースとを容易に対応付けて把握することのできる分散型シミュレーションシステムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上述の目的を達成するため、本発明による分散型シミュレーションシステムの第一の特徴構成は、管理装置と複数のシミュレータとがネットワークを介して接続され、前記管理装置の管理下で各シミュレータに割り付けられた複数のシミュレーションモデルが分散して実行される分散型シミュレーションシステムであって、前記管理装置に表示されるシミュレーションモデルに関する情報とそのシミュレーションモデルに基づく演算を行うシミュレータとを対応付けて報知する報知手段を備えている点にある。

【0011】

上述の構成によれば、報知手段はシミュレーションモデルに関する情報と前記シミュレーションモデルに基づく演算を行うシミュレータを対応付けて報知するため、どのシミュレーションモデルがどのシミュレータに割り付けられているのかを容易に把握することができる。

【発明の効果】

【0012】

以上説明した通り、本発明によれば、ハードウェアリソースと前記ハードウェアリソースに割り付けられたモデル等のソフトウェアリソースとを容易に対応付けて把握することのできる分散型シミュレーションシステムを提供することができるようになった。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下に、管理装置と車両の各部を模擬する複数のシミュレータがネットワーク接続された分散型シミュレーションシステムを例に、本発明による分散型シミュレーションシステム、及び、シミュレータとシミュレーションモデルの識別方法を説明する。

【0014】

図2に示すように、評価対象である制御系2、3、4と夫々ローカル接続され、前記制御系2、3、4により制御される被制御系を模擬する複数のシミュレータ20、21、30、40と、各シミュレータ20、21、30、40を管理して前記制御系2、3、4を評価する管理装置としてのホストコンピュータ（以下、「ホストPC」と記す。）5とがネットワーク（イーサネット（ゼロックス社の登録商標））6により接続され、各シミュレータ20、21、30、40が所定の単位模擬演算処理を所定周期で繰り返すことにより前記被制御系全体の動作、つまり車両の動作を模擬する分散型シミュレーションシステム1が構成されている。

【0015】

前記シミュレータ21は、前記シミュレータ20をマスタシミュレータとするスレーブシミュレータであり、前記ネットワーク6と直接接続していない。前記シミュレータ21と前記シミュレータ20とは、ネットワーク8を介して接続し、前記シミュレータ21は前記ホストPC5からのデータを前記ネットワーク8を介して受信するように構成されている。尚、前記マスタシミュレータ及び前記スレーブシミュレータについては後述する。

【0016】

前記シミュレータ20、21、30、40は、エンジンやブレーキ等の車両の各機能ブロックを模擬するもので、具体的にはシミュレータ20、21はエンジンシステムを模擬し、シミュレータ30はブレーキシステムを模擬し、シミュレータ40はトランスミッションシステムを模擬するものである。本実施形態ではこれらを中心に説明するが、実際には、車両の他の機能ブロックを構成する複数のシミュレータが前記ネットワーク6に接続されている。

【0017】

各シミュレータ20、21、30、40には、それらを電子制御するマイクロコンピュータを備えた制御系としての電子制御装置（以下、「ECU」と記す。）2、3、4がローカル接続され、各ECU2、3、4からの制御指令に基づいて所定の模擬演算を実行し、その結果を各ECU2、3、4に出力するように構成されている。ここで、ECU2はエンジン制御ECU、ECU3はブレーキ制御ECU、ECU4はトランスミッション制御ECUである。

【0018】

尚、ECUとしては、CPUボードに実装された実機搭載可能な形態に限らず、ECUの開発段階等にECUをエミュレートするPCとその動作プログラムや周辺機器などから構成される擬似ECUが前記シミュレータに接続されることも可能である。

【0019】

前記ホストPC5は、演算処理部と表示部と記憶部等を備えて構成され、前記シミュレータ20、21、30、40に割り付ける複数のシミュレーションモデル（エンジンやブレーキ等の車両の機能ブロックである被制御系を数式で模擬するプログラムで、以下「モデル」とも記す。）や、シミュレーション条件を設定する制御プログラムが記憶部に格納され、演算処理部と表示部を用いて実現されるGUI（グラフィカルユーザインターフェース）を介したオペレータからの設定条件に基づき、前記ネットワーク6を介して前記シ

ミュレータ 20、21、30、40 にシミュレーションモデルを割り付けるとともに、所定のシミュレーション条件を入力してシミュレーションを実行制御する。

【0020】

前記ホスト PC 5 は、後述するノード単位で各ミュレータ 20、21、30、40 を認識し、その表示部に前記設定条件やノード構成、さらには、各ミュレータ 20、21、30、40 から吸い上げた各部の計測データ、例えばエンジン回転数や油温等のデータである割り付けられたシミュレーションモデルに基づく演算結果がグラフィカルに表示されるように構成され、オペレータが表示画面を操作または確認しながら各 ECU 2、3、4 の評価が行えるように構成されている。

【0021】

前記ミュレータ 20、21、30、40 は単独、または協働でモデルに基づく演算を行う。即ち、動作が複雑または実行による演算負荷が多くなる等のモデルは、当該モデル実行用のハードウェア構成を備えた単独のミュレータで演算が行われるのではなく、それらの機能を分割したハードウェア構成を備えた複数のミュレータで演算が行われるように構成されている。

【0022】

夫々のモデルに基づき演算を行うハードウェアつまりミュレータの単位を「ノード」といい、前記ノードが複数のミュレータから構成される場合、前記ノードは 1 つのマスタミュレータと単一または複数のスレーブミュレータから構成される。本実施例において、前記ミュレータ 20、21 はノード 1 を、前記ミュレータ 30 はノード 2 を、前記ミュレータ 40 はノード 3 を構成する。

【0023】

各ミュレータ 20、21、30、40 は、図 3 に示すように、前記ネットワーク 6 と接続するためのポートをオンボードで備え、自身を統括制御するオペレーティングシステムを実行する CPU を備えた管理ボード 90 と、前記ホスト PC 5 から割り付けられたシミュレーションモデルに基づいて演算を行う CPU を備えた単一または複数の CPU ボードからなるモデル演算処理ユニット 91 と、前記モデル演算処理ユニット 91 から入力された演算結果に基づく論理レベルを物理レベルの信号に変換するとともに前記 ECU 2、3、4 からの物理レベルの制御信号を論理レベルの制御信号に変換して前記モデル演算処理ユニット 91 に出力する各種のドライバを備えた複数の I/O ボード 920、921 と、各ミュレータ 20、30、40 間で演算に必要なプロセスデータ等である関連データを相互に遣り取りする共有メモリ 923 を備えた共有メモリボード 922 等からなる I/O ユニット 92 と、前記 ECU 2、3、4 と前記 I/O ユニット 92 との間で信号レベルを整合させるレベル変換機能等を備えた I/F ボード 930 や、各 ECU 間のデータ伝送を行なう CAN バスの信号を中継する CAN ボード 931 とを備えた I/F ユニット 93 とからなり、夫々が PCI バス 94 により前記管理ボード 90 と接続されると共に、前記モデル演算処理ユニット 91 と前記 I/O ユニット 92 と前記 I/F ユニット 93 が複数のローカル信号ライン 95、96、97 で接続されている。

【0024】

つまり、前記 ECU 2、3、4 の入出力ポートと前記 I/F ユニット 93 が実際の車両で使用されるごとき信号伝達用のハーネス 98 で接続され、前記 I/F ユニット 93 により前記 I/O ユニット 92 との間で信号レベルが整合される。

【0025】

前記ホスト PC 5 から割り付けられるモデルは単一または複数のモデルからなり、前記モデル演算処理ユニット 91 を構成する各 CPU ボードは夫々異なるモデルに基づき演算を行う。

【0026】

前記 I/O ユニット 92 は、前記各 CPU ボードで実行されたモデルの演算結果であるエンジンオイルの温度、排ガス温度、排ガスの酸素濃度等のデジタル信号をアナログ信号に変換するとともに前記 I/F ユニット 93 から出力された制御用のアナログ信号をデジ

タル信号に変換するA/D変換ボード920と、前記モデル演算処理ユニット91で実行されたモデルの演算結果である各種の論理レベルのデータをパルス信号に変換するとともに前記I/Fユニット93を介して入力されたパルス信号を論理レベルのデータに変換するパルス処理ボード921等を備えて構成される。例えば、前記パルス処理ボード921では、エンジンモデルに基づいて演算を行う前記モデル演算処理ユニット91の演算結果であるエンジンの回転数をクランクパルス信号に変換し、前記I/Fユニット93を介して入力された前記ECU2、3、4からの各種の電磁バルブに対するデューティ制御信号をデジタルデータに変換する。

【0027】

各マスタシミュレータ20、30、40のI/Oユニット92に装着された共有メモリボード922は、図4に示すように、他のマスタシミュレータとの間でモデル演算に必要な関連データを遣り取りする共有メモリ923と、前記共有メモリ923に記憶されたデータをシミュレータ間で転送制御する光ファイバ7を用いた数十Gbpsから数Gbpsの通信速度を実現するスターファブリックや高速LAN等と接続する通信インターフェース924と、スレーブシミュレータとの間で演算に必要な関連データを遣り取りするローカル共有メモリ925と、前記ローカル共有メモリ925に記憶された関連データを転送する前記ネットワーク8と接続して前記関連データを転送制御するローカル通信インターフェース926等を備え、何れかの共有メモリボード922には、それら通信インターフェース924、926を管理する通信制御手段927、928を備えている。

【0028】

つまり、前記共有メモリボード922と、共有メモリ923またはローカル共有メモリ925とを管理する管理ボード90により各シミュレータ20、21、30、40間でデータを共有するデータ共有手段11が構成される。尚、データ共有化処理については後に詳述する。

【0029】

各共有メモリ923は、図5に示すように、自装置のモデル演算処理ユニット91や自装置に接続されたECUに必要な関連データであって、他のシミュレータから入力される関連データを格納する受信データ領域923aと、他のシミュレータのモデル演算処理ユニット91や他のシミュレータに接続された前記ECUに必要な関連データであって、自装置で生成された関連データを記憶する送信データ領域923bに領域区画され、後述する所定のタイミングで前記通信インターフェース924を介して他のシミュレータの送信データ領域923bに格納された関連データが自装置の受信データ領域923aに配送され、自装置の送信データ領域923bに格納された関連データが他のシミュレータの受信データ領域923aに配送される。ここで、前記受信データ領域923aは送信元である他のシミュレータ毎に異なる領域に区分され、前記送信データ領域923bは送信先である他のシミュレータ毎に異なる領域に区分されている。

【0030】

例えば、自装置に接続されたECUのCANバスを流れる制御信号やデータからなる関連データは自装置のCANボード931を介して送信データ領域923bに格納され、前記通信インターフェース924を介して他のシミュレータの受信データ領域923aに転送された後に当該他のシミュレータのCANボード931を介して当該他のシミュレータに接続されたECUのハーネス98に接続される。また、他のシミュレータに接続されたECUのCANバスを流れる制御信号やデータからなる関連データは当該他のシミュレータのCANボード931を介して前記送信データ領域923bに格納され、通信インターフェース924を介して自装置の受信データ領域923aに転送された後に自装置のCANボード931を介して自装置に接続されたECUのハーネス98に接続される。つまり、前記CANボード931と共有メモリボード922と前記通信インターフェース924により、CANバスがエミュレートされる。

【0031】

各シミュレータ20、30、40のモデル演算処理ユニット91やI/Oユニット92

間で共有されるべき関連データも同様にして、他のシミュレータに配送すべき関連データが送信データ領域 9 2 3 b に格納され、通信インターフェース 9 2 4 を介して他のシミュレータから配送されるべき関連データが受信データ領域 9 2 3 a に取り込まれるのである。

【0032】

尚、上述では各シミュレータ 2 0、3 0、4 0 が備える共有メモリ 9 2 3 間での関連データの遣り取りについて説明したが、シミュレータ 2 0、2 1 が備えるローカル共有メモリ 9 2 5 の関連データの遣り取りについても同様に関連データの遣り取りを行う。つまり、前記ローカル共有メモリ 9 2 5 は受信データ領域 9 2 5 a と、送信データ領域 9 2 5 b とに領域区画され、前記ローカル通信インターフェース 9 2 6 を介して関連データの遣り取りを行うのである。

【0033】

該分散型シミュレーションシステム 1 の行う車両の動作のシミュレーションは、図 6 に示すように、前記ホスト P C 5 が、前記 G U I を介してオペレータから操作されたシミュレーション条件、または、予めプログラムとして準備されたシミュレーション条件で各シミュレータ 2 0、2 1、3 0、4 0 を起動させるべく、前記ネットワーク 6 を介して各シミュレータ 2 0、2 1、3 0、4 0 の管理ボード 9 0 にシミュレーション条件及び起動指令を出力すると (S A 1)、管理ボード 9 0 は当該シミュレーション条件を P C I バス 9 4 を介して各モデル演算処理ユニット 9 1、I / O ユニット 9 2 に反映させ (S A 2)、各シミュレータ 2 0、2 1、3 0、4 0 は、与えられたシミュレーション条件に従って後述の所定の単位模擬演算処理を所定周期で繰り返す (S A 3、S A 4)。

【0034】

例えば、前記 G U I を介して入力された各 E C U 2、3、4 がバッテリーに接続されたというシミュレーション条件で前記ホスト P C 5 から起動指令が出力されると、前記モデル演算処理ユニット 9 1 から前記 I / O ユニット 9 2 にバッテリー電圧信号が出力され、当該バッテリー電圧信号が前記 I / F ユニット 9 3 により D C 1 4 V の電圧に変換されて各 E C U 2、3、4 にバッテリー電圧が供給される。各 E C U 2、3、4 はバッテリー供給電圧に基づいて作動するリセット回路によりリセット信号が入力されて夫々の制御演算を開始する。

【0035】

以後、各 E C U 2、3、4 からの制御指令が、前記 I / F ユニット 9 3、前記 I / O ユニット 9 2 を介して前記モデル演算処理ユニット 9 1 に伝達され、前記モデル演算処理ユニット 9 1 によりエンジン等の動作を模擬する模擬演算が実行されるのである。前記モデル演算処理ユニット 9 1 による模擬演算結果は、前記 I / O ユニット 9 2、前記 I / F ユニット 9 3 を介して実際の車両の各種の状態信号に変換されて前記各 E C U 2、3、4 に入力される。

【0036】

この状態で、前記 G U I を介して入力されたイグニッションスイッチ信号がオンされたというシミュレーション条件が前記ホスト P C 5 から出力されると、例えば、前記エンジン E U C 2 はスタータモータを起動する制御信号を出力し、前記モデル演算処理ユニット 9 1 はスタータモータの模擬演算を実行し、エンジン模擬演算が起動されるのである。

【0037】

また、例えば、エンジンが高速回転中の車両の挙動を解析する場合には、前記ホスト P C 5 からエンジンが高速回転中の車両の状態データがシミュレーション条件としての初期データとして管理ボード 9 0 に入力され、前記管理ボード 9 0 から前記モデル演算処理ユニット 9 1 等に車両の状態データが反映されて各シミュレータが起動する。

【0038】

さらに、例えば、エンジン系のあるセンサが故障したときの各 E C U 2、3、4 の動作を評価する場合には、前記ホスト P C 5 からエンジン起動中であるセンサが故障しているとのシミュレーション条件としてのイベント発生条件が各管理ボード 9 0 に入力され、前

記各管理ボード 90 から前記モデル演算処理ユニット 91 等に車両の状態データが反映されて各シミュレータ 20、21、30、40 が起動する。

【0039】

前記モデル演算処理ユニット 91 への ECU 等からの入力データや、前記モデル演算処理ユニット 91 による演算結果は、前記 P C I バス 94 を介して前記管理ボード 90 に吸い上げられた後に前記ホスト P C 5 にネットワーク 6 を介して出力され、前記ホスト P C 5 の表示部の画面に、例えばトレンドグラフやグラフィックデータ等の表示データに変換されて表示される。具体的には、エンジン回転数や燃費の推移を示すトレンドグラフとして表示され、運転席の表示装置を模擬した回転数表示計や速度表示計として表示される。

【0040】

どのような条件でどのような模擬演算を実行するかというシミュレーション条件や、模擬演算結果を前記ホスト P C 5 の表示装置に表示するために各シミュレータ 20、21、30、40 から吸い上げるべきデータの種類等は予め前記ホスト P C 5 を介して設定されるものであり、これにより各 ECU 2、3、4 の制御状態が評価できるように構成されている。

【0041】

前記ホスト P C 5 は、図 1 に示すように、各シミュレータ 20、21、30、40 のモデル演算処理ユニット（C P U ボード）91 にソフトウェアリソースとしてのモデルを割り付けるモデル割付手段 50 と、割り付けられたソフトウェアリソースと、各シミュレータ 20、21、30、40 を構成するモデル演算処理ユニット（C P U ボード）91 や I/O ユニット 92 や I/F ユニット 93 等のハードウェアリソースでなる各構成要素を表示部に表示する構成要素表示手段 51 と、各シミュレータ 20、21、30、40 での演算結果を吸い上げて前記表示部に表示するコントローラ表示手段 52 と、各シミュレータ 20、21、30、40 にシミュレーション条件を設定する条件設定手段 54 と、シミュレーションの開始または終了を指示するシミュレーション制御手段 55 等を備えている。

【0042】

前記構成要素表示手段 51 は、図 8 に示すように、各シミュレータ 20、21、30、40 の構成要素を構成要素表示画面 510 としてツリー形式で階層表示する。前記構成要素表示画面 510 には、最上位層に各ノードが表示され、下位層にノードを構成する各ハードウェアリソース及びソフトウェアリソースが表示されるように構成され、ノードの左側に配されたボックス 511 が「+」表示されているときにはノード名のみが表示され、ボックス 511 がマウスでクリックされると「-」表示に切り替えられてノード名の下位層に各ハードウェアリソース及びソフトウェアリソースが表示される。なお、構成要素が多く、一度に画面表示ができないときには、画面右側に表示されたスクロールバー 512 を上下に移動させることで、希望のノードの構成要素がスクロール表示され、その構成を確認することができるように構成されている。

【0043】

前記モデル割付手段 50 は、前記ホスト P C 5 に格納されているシミュレーションモデルを前記表示部に一覧表示し、オペレータにより一覧から特定のモデルが選択され前記構成要素表示画面 510 に表示された特定の C P U ボードに関連付け操作（例えば、ドラッグアンドドロップ操作）されると、当該特定モデルを当該 C P U ボードに割り付けるべく、モデルを当該 C P U ボードに移植する。移植されたモデルは、前記構成要素表示画面 510 の対応するノードの配下に表示される。

【0044】

前記コントローラ表示手段 52 は、各ノードに移植され、対応する C P U ボードにより演算が行われるモデルの演算条件を設定する操作スイッチ 522 やモデルの演算結果をグラフィック表示するラベル 521 等で構成されるコントロール画面を、G U I 形式で表示する。例えば、図 7 に示すように、コントロール画面 520 には、エンジンモデルに対応してエンジン回転数やタービン回転数が回転数メータとして、また、アクセル開度やスロットル開度が開度メータとして表示され、無断変速機構のトランスミッションモデルに対

応してプライマリーシープ及びセカンダリーシープの回転数が回転数メータとして表示され、さらには、選択されているシフトレンジに対応した表示灯等が表示されるとともに、シフトレンジを切替操作するシフトスイッチ、バッテリーからの給電状態を制御するバッテリスイッチ、エンジンを始動させるイグニッションスイッチ等が表示される。

【0045】

つまり、各ラベル521が、シミュレーションモデルに基づくシミュレータの演算結果の表示部位として前記ホストPC5に表示される。

【0046】

前記条件設定手段54は、オペレータにより前記コントロール画面520に表示された操作スイッチ522の操作に基づきシミュレーション条件を設定し、或いは変更して、各シミュレータに指令するように構成されている。

【0047】

例えば、シフトスイッチが操作される度に走行レンジが順次変更され、対応する表示灯が表示され、対応するレンジでトランスミッションモデルの演算が行われる。また、バッテリスイッチが操作されると、各シミュレータに接続されているECU等に電源が供給され、イグニッションスイッチが操作されるとエンジンモデルにエンジンの始動または停止が指示される。

【0048】

前記シミュレーション制御手段55からシミュレーションの起動指令が出力されると、前記条件設定手段54により設定された条件に基づいて、各シミュレータに移植されたモデルの演算が行われ、その演算結果が前記コントローラ表示手段52により前記コントロール画面520に表示され、その評価が行なわれる。

【0049】

上述したコントロール画面520は一例に過ぎず、例えば、エンジン回転数であれば、時間軸と回転数軸上にトレンドグラフとして回転数が表示される場合もあり、コントロール画面520の表示を視認することにより、シミュレーション結果が視覚的に認識できるように構成されている。

【0050】

前記ホストPC5には、さらに、前記ホストPC5に接続されたハードウェアリソースとしての各シミュレータと、各シミュレータの何れかのCPUボードに割り付けられたソフトウェアリソースとしてのシミュレーションモデルとの対応関係がオペレータに把握できるように、前記表示部に表示されるシミュレーションモデルに関する情報とそのシミュレーションモデルを実行するシミュレータとを対応付けて報知する報知手段53を備えている。

【0051】

以下に、シミュレーションモデルの演算結果とそのシミュレーションモデルを実行するシミュレータとの対応付けを行なう前記報知手段53の具体的態様について説明する。

【0052】

第一態様では、前記報知手段53は前記コントロール画面520に表示されたシミュレーションモデルの演算結果の表示部位であるラベル521を、前記モデルの演算を行うCPUボードを備えたシミュレータに対応付けるように夫々異なる表示形態で表示するように構成されている。

【0053】

具体的には、前記報知手段53に、各ラベル521の表示色を選択指定する第一表示色選択手段を備え、選択された表示色の色相で各ラベル521を表示するように構成されている。各シミュレータ20、21、30、40のケーシングには、図9(a)に示すように、夫々異なる色のカラープレート990が貼り付けられ、第一表示色選択手段により各ラベル521の表示色に対応するシミュレータ20、21、30、40のカラープレート990と同系色に選択設定することにより、表示部に表示されたラベルつまりシミュレーションモデルの演算結果と、シミュレータとが一意に対応付けられるのである。

【0054】

第一表示色選択手段としては、例えば、各ラベル521の表示エリアにマウスポインタを重ね、右クリックして表示されたメニュー一覧から「表示色選択」メニューを選択して表示されるカラーパレットから対応するカラープレート990と同系色の色を選択するように構成することで実現できる。各シミュレータ20、21、30、40が複数のCPUボードを備え、夫々に異なるシミュレーションモデルが割り付けられる場合には、夫々のシミュレーションモデルに対応したラベルの1つに前記第一表示色選択手段により表示色が選択されると、前記夫々のシミュレーションモデルに対応したラベルの表示色が自動的に同一色に設定されるように構成することもできる。この場合には、前記ラベルの表示色を個別に選択する労力を軽減することができる。

【0055】

各シミュレータ20、21、30、40に設けられるカラープレート990に代えてカラー液晶パネルを備え、第一表示色選択手段により選択されたラベルつまりシミュレーションモデルの演算結果の表示部位の表示色と同系色の色が、前記ホストPC5からの制御信号により表示制御されるように構成してもよい。各シミュレータ20、21、30、40が複数のCPUボードを備え、夫々に異なるシミュレーションモデルが割り付けられるとき、夫々のシミュレーションモデルに対応するラベルに前記第一表示色選択手段により異なる表示色が選択される場合には、前記カラー液晶パネルを領域分割して夫々の表示色を同時に表示制御することができる。これによりラベルの表示色選択の自由度は高くなると共に、前記表示色数に基づいて各シミュレータ20、21、30、40に割り付けられたシミュレーションモデルの個数を判別することができる。尚、前記カラー液晶パネルを領域分割して夫々の表示色を同時に表示制御する構成に替えて、時分割して夫々の表示色を切替えるように表示制御しても良い。

【0056】

さらに、カラープレート990またはカラー液晶パネルに当該シミュレータの名称を表記しておくことにより認識が容易になる。

【0057】

ここでは、表示形態として色相を用いて、シミュレータと対応するシミュレーションモデルの演算結果の表示部位の色相を一致させることにより双方の対応付けが認識できるように構成するものを説明したが、表示形態としては色相以外に彩度、明度、或いはそれらを組み合わせるものであってもよい。

【0058】

第二態様では、前記報知手段53は、前記コントロール画面520に表示されたラベル521つまりシミュレーションモデルの演算結果の表示部位に対して所定の操作がなされたときに、対応するシミュレータの識別情報をその近傍に表示するように構成されている。

【0059】

具体的には、前記報知手段53は、前記所定の操作としてラベル521上にマウスポインタを移動させるように操作すると起動し、マウスポインタが重ねられたラベル521に対応するシミュレータ名（ノード名）とCPUボード名がラベル521の近傍に表示するように制御するのである。

【0060】

例えば、図10に示すように、オペレータがラベルの一つであるエンジン回転数の表示メータにマウスポインタを重ねると、その近傍に、エンジンモデルを実行するCPUボード名と前記CPUボードを備えるノード名がポップアップ表示される。なお、報知手段53が起動される所定の操作としてはラベル521をマウスポインタで指示する操作以外に、予め設定されていれば、ラベル521をマウスポインタで指示して左または右クリックし、或いは、ダブルクリックする等の任意の操作を採用することができる。

【0061】

第三態様では、前記報知手段53は、前記コントロール画面520に表示されたラベル

５２１つまりシミュレーションモデルの演算結果の表示部位に対して所定の操作がなされたときに、対応するシミュレータに識別可能に報知させるように構成されている。

【００６２】

具体的には、各シミュレータの夫々に報知部を備え、前記報知手段５３は、前記所定の操作としてラベル５２１上にマウスポインタを移動させて左クリックすると起動し、マウスポインタが重ねられたラベル５２１に対応するシミュレータの報知部から所定の報知が行なわれるように制御するのである。

【００６３】

例えば、図９（ｂ）に示すように、各シミュレータ２０、２１、３０、４０の夫々に報知部としてＬＥＤ等の発光部９９１を備え、オペレータがラベルの一つであるエンジン回転数の表示メータにマウスポインタを重ねて左クリックすると、エンジンモデルを実行するＣＰＵボードを備えたシミュレータの発光部９９１が点灯または点滅表示されるのである。なお、報知手段５３が起動される所定の操作としては第二態様と同様、ラベル５２１をマウスポインタで指示する操作、ラベル５２１をマウスポインタで指示して右クリックし、或いは、ダブルクリックする等の任意の操作を採用することができる。

【００６４】

また、各シミュレータの夫々に備える報知部としては、ＬＥＤ等の発光部９９１に限るものではなく、液晶パネルにノード名を点滅表示させるもの、液晶パネルの表示色を他のシミュレータと異なるように切り替えるもの、ブザー等の鳴動手段を設けて鳴動させるもの、音声合成回路を備えて発音させるもの、回転振動子等のバイブレータを備えて振動させるもの等、オペレータが認識できるものであれば任意の構成を採用することができる。

【００６５】

第四態様では、前記報知手段５３は、各シミュレータに対して所定の操作がなされたときに、操作がなされたシミュレーションモデルの演算結果の表示形態を他のシミュレーションモデルの演算結果の表示形態と異ならせて表示するように構成されている。

【００６６】

具体的には、各シミュレータ２０、２１、３０、４０のケーシングに例えば自己復帰型のプッシュスイッチを備え、オペレータによりプッシュスイッチが押圧操作されると、前記報知手段５３により対応するシミュレータに割り付けられたモデルの演算結果を反映するラベルつまりシミュレーションモデルの演算結果の表示部位が他のラベルと表示形態を異ならせて表示されるのである。

【００６７】

例えば、オペレータによりブレーキシステムを模擬するシミュレータ３０のプッシュスイッチを押圧操作されると、ブレーキ踏力を表示するラベルを点滅表示するのである。なお、表示形態は点滅表示に限定されるものではなく、他のシミュレーションモデルと識別できるように表示されるものであればよく、対応するラベルの色相、色彩または明度等を他のラベルと異ならせて表示するものであってもよく、色相、色彩、明度、点滅等を組み合わせて他のラベルと識別できるように表示するものであってもよい。

【００６８】

第五態様では、互いに異なるシミュレーションモデルに基づく演算を行う複数のＣＰＵボードを少なくとも一つのシミュレータが備え、前記報知手段５３は、前記ホストＰＣ５の表示部にツリー形式で階層表示される各シミュレータの構成要素である各ＣＰＵボードの階層下に、そのＣＰＵボードにより演算されるシミュレーションモデルに関する情報を表示するように構成されている。

【００６９】

具体的には、図１１に示すように、前記報知手段５３は、前記構成要素表示画面５１０に表示された各ノードの下位層に表示される複数のＣＰＵボードの下位層に、そのＣＰＵボードに割り付けられたシミュレーションモデルのシミュレーションモデル名を表示することにより、表示されるシミュレーションモデルとそのシミュレーションモデルに基づく演算を行うシミュレータとが対応付けて報知されるのである。

【0070】

第六態様では、互いに異なるシミュレーションモデルに基づく演算を行う複数のCPUボードを少なくとも一つのシミュレータが備え、前記報知手段53は、前記ホストPC5の表示部にツリー形式で階層表示される各シミュレータの構成要素である各CPUボードとそのCPUボードにより演算されるシミュレーションモデルに関する情報をその対応が識別できるように、他のCPUボード及びシミュレーションモデルに関する情報とは異なる表示形態で表示するように構成されている。

【0071】

具体的には、前記報知手段53に、各CPUボードの表示色を選択指定する第二表示色選択手段を備え、選択された表示色の色相で各CPUボードとそのCPUボードに割り付けられているシミュレーションモデルに関する情報であるシミュレーションモデル名が表示されるように構成されている。つまり、CPUボード名の表示色と同色で表示されるシミュレーションモデル名のモデルが当該CPUボードに割り付けられていることが識別できるのである。ここでは、表示形態として色相を用いて、シミュレータを構成するCPUボードと対応するシミュレーションモデル名の色相を一致させることにより双方の対応付けが認識できるように構成するものを説明したが、表示形態としては色相以外に彩度、明度、或いはそれらを組み合わせるものであってもよい。

【0072】

第七態様として、互いに異なるシミュレーションモデルを実行する複数のCPUボードを少なくとも一つのシミュレータが備え、前記報知手段53は、前記ホストPC5の表示部にツリー形式で階層表示される各シミュレータの構成要素である各CPUボードまたは各CPUボードにより演算されるシミュレーションモデルの表示部位に対して所定の操作がなされたときに、対応するシミュレーションモデルまたはCPUボードの識別情報をその近傍に表示するように構成されている。

【0073】

具体的には、前記構成要素表示画面510に表示されたCPUボード名の上に、所定の操作としてマウスポインタが移動操作されると、マウスポインタが重ねられたCPUボード名の近傍に当該CPUボードに割り付けられたシミュレーションモデル名がポップアップ表示され、シミュレーションモデル名の上にマウスポインタが移動操作されると、マウスポインタが重ねられたシミュレーションモデル名の近傍に当該シミュレーションモデルが割り付けられたCPUボード名がポップアップ表示されるように構成されている。

【0074】

例えば、図12に示すように、オペレータがノード1のCPUボード1-1にマウスポインタを重ねると、前記CPUボード1-1の近傍に、前記CPUボード1-1に対応するモデル名であるモデル1-1がポップアップで表示される。なお、上述と同様、報知手段53が起動される所定の操作としてはラベル521をマウスポインタで指示する操作以外に、予め設定されていれば、ラベル521をマウスポインタで指示して左または右クリックし、或いは、ダブルクリックする等の任意の操作を採用することができる。

【0075】

第八態様として、前記ホストPC5の表示部にシステムを構成する各シミュレータに関する情報とその構成要素がツリー形式で階層表示され、前記報知手段53は特定のシミュレータに関する情報の表示部位に対して所定の操作がなされたときに、対応するシミュレータに識別可能に報知させるように構成されている。

【0076】

具体的には、各シミュレータの夫々に報知部を備え、前記報知手段53は、前記構成要素表示画面510に表示されたCPUボード名またはCPUボードに割り付けられたシミュレーションモデル名の表示部位に対して、ポインティングデバイスにより所定の操作がなされたときに、それを検知し、マウスポインタが重ねられたCPUボード名またはシミュレーションモデル名に対応するシミュレータの報知部から所定の報知が行なわれるように制御するのである。

【0077】

例えば、各シミュレータ20、21、30、40の夫々に報知部としてLED等の発光部を備え、オペレータによりCPUボード名またはモデル名の表示部位がマウスポインタで左クリックされると、対応するシミュレータの発光部が点滅表示されるのである。

【0078】

なお、報知手段53が起動される所定の操作としては第二態様と同様、CPUボード名またはモデル名の表示部位をマウスポインタで指示する操作、マウスポインタで指示して右クリックし、或いは、ダブルクリックする等の任意の操作を採用することができる。

【0079】

また、各シミュレータの夫々に備える報知部としては、LED等の発光部以外に、液晶パネルを備えてノード名を点滅表示させるもの、液晶パネルの表示色を他のシミュレータと異なるように切り替えるもの、ブザー等の鳴動手段を設けて鳴動させるもの、音声合成回路を備えて発音させるもの、回転振動子等のバイブレータを備えて振動させるもの等、オペレータが認識できるものであれば任意の構成を採用することができるのは上述と同様である。

【0080】

上述したように、本発明による分散型シミュレーションシステムでは、ホストPC5に表示されるソフトウェアリソースである複数のシミュレーションモデルと、各シミュレーションモデルが割り付けられたハードウェアリソースである各シミュレータ20、21、30、40とが対応付けられるように、視覚または聴覚等による識別情報が出力される識別方法が具現化されている。

【0081】

前記ホストPC5により、各シミュレータのCPUボードにシミュレーションモデルが割り付けられ、シミュレーション条件が設定されると、シミュレーション制御手段55により模擬演算処理が起動される。

【0082】

以下に、各シミュレータ20、21、30、40で実行される模擬演算について詳述する。各シミュレータ20、21、30、40は、各管理ボード90による管理の下で、所定の周期、例えば1msec.周期で、機能の異なる複数の演算ステップの集合で構成される単位模擬演算処理を繰り返すように制御される。

【0083】

各シミュレータ20、21、30、40の管理ボード90には、図13に示すように、内部動作を統括する基準クロック発生手段が設けられ、前記モデル演算処理ユニット91や前記I/Oユニット92等の各ユニットは、前記基準クロック発生手段90aからの基準クロックに基づいて演算処理に必要なタイマー値等の管理を行なうように構成されている。つまり、各ユニットに設けられたCPUは内部クロックに基づくタイマーレジスタの値に基づいて予め設定された演算処理を実行するのであるが、演算に必要なタイマー処理は前記基準クロックに基づいて判断されるのである。

【0084】

さらに、管理ボード90には、前記データ共有手段11と協働して該分散型シミュレーションシステム1に組み込まれた全てのシミュレータ20、21、30、40が同期して単位模擬演算処理を実行させるように同期制御手段90bが設けられている。

【0085】

前記同期制御手段90bは、図13に示すように、前記ホストPC5の前記シミュレーション制御手段55から起動指令が送られると、前記基準クロックに基づいて自装置の単位模擬演算処理を起動し、前記単位模擬演算処理が分割された複数ステップのうち、何れかのステップの開始前または終了後に各シミュレータ間での演算タイミングの同期をとり、全シミュレータが同期して前記単位模擬演算処理を実行できるように制御する。尚、前記シミュレータ21は前記シミュレータ20と前記ネットワーク8を介して、前記起動指令を受信する。

【0086】

前記単位模擬演算処理は、図14に示すように、初期に他のシミュレータに必要なデータ、つまり関連データを前記共有メモリ923の送信データ領域923bに格納するとともに、他のシミュレータから自装置に必要な関連データを前記共有メモリ923の受信データ領域923aに取り込む第一データ共有化処理（S1）、E C UからのデータをI/Oユニット92に取り込むデバイス入力処理（S2）、取り込まれたデータのうち、他のシミュレータのモデル演算に必要なデータ、つまり関連データを前記共有メモリ923の送信データ領域923bに格納するとともに、他のシミュレータにより取り込まれたデータのうち自装置のモデル演算に必要な関連データを前記共有メモリ923の受信データ領域923aに取り込む第二データ共有化処理（S3）、共有化処理の終了後に前記モデル演算ユニット91がI/Oユニット92及び受信データ領域923aから必要なデータを取り込んでモデル演算を実行するモデル演算処理（S4）、モデル演算の終了後に演算結果のうち他のシミュレータに必要なデータ、つまり関連データを前記共有メモリ923の送信データ領域923bに格納するとともに、他のシミュレータによる演算結果のうち自装置が必要とする関連データを前記共有メモリ923の受信データ領域923aに取り込む第三データ共有化処理（S5）、モデル演算結果をI/Oユニット92に出力するデバイス出力処理（S6）、モデル演算の結果やモデル演算の完了または未完了等の進捗状況を前記ホストPC5に出力するモデル演算後処理（S7）、デバイス出力処理後にI/Oユニット92からサンプリングして他のシミュレータに関連データとして出力すべきデータを前記共有メモリ923の送信データ領域923bに格納するとともに、他のシミュレータのI/Oユニット92からサンプリングされ自装置に必要な関連データを前記共有メモリ923の受信データ領域923aに取り込む第四データ共有化処理（S8）、予め設定された必要なデータをI/Oユニット92及び受信データ領域923aからサンプリングして管理ボード90のメモリに記憶し前記ホストPC5に出力するサンプリング処理（S9）で構成され、各ステップの終了後に設定された演算周期に同期してステップS1に戻る（S10）。

【0087】

尚、上述したデータ共有化処理ではマスタシミュレータ間での共有処理について説明しているが、このときマスタシミュレータとスレーブシミュレータ間でもデータ共有化処理が行なわれている。

【0088】

即ち、前記単位模擬演算処理は、少なくとも前記制御系からのデータ入力ステップと、前記被制御系を模擬するモデル演算ステップと、モデル演算結果の前記制御系へのデータ出力ステップと、予め設定された必要なデータをサンプリングして管理ボード90のメモリに記憶し前記ホストPC5に出力するサンプリングステップを備えて構成され、前記データ共有手段は、前記データ入力ステップ、前記モデル演算ステップ、前記データ出力ステップ、前記サンプリングステップの各ステップの開始前に各シミュレータ間で関連データを整合させるように構成されている。

【0089】

上述した第一から第四のデータ共有化処理について、図15、図16のフローチャート及び図5に基づいて詳述する。各シミュレータ20、30、40の管理ボード90には予めホストPC5により他のシミュレータと共有すべき関連データが定義されている。この定義データは、システムの初期設定時（SB1）、つまり、シミュレーションモデルが各ノードに割付られるとき、またはシミュレーション開始時にシミュレーション条件の一部として各管理ボード90に入力される（SB2）。

【0090】

各シミュレータの管理ボード90により、他のシミュレータに送信すべき関連データが自装置の共有メモリ923の送信データ領域923bに夫々格納され（SB3）、送信すべき全ての関連データが格納されると（SB4）、送信準備完了フラグ923cがセットされる（SB5）。送信準備完了フラグ923cがセットされた各通信インターフェース

924は、各通信インターフェース924を管理する通信制御手段927に送信要求する（SB6）。前記通信制御手段927は、全ての通信インターフェース924から通信要求があるまで待機する（SB7）。

【0091】

ここで、送信すべき関連データが無いとき、つまり、前回送信した関連データと値が変わらないときには、単に送信準備完了フラグ923cがセットされる。

【0092】

前記通信制御手段927は、全ての通信インターフェース924から通信要求があると（SB7）、全てのシミュレータ20、30、40の送信準備完了フラグ923cがセットされたと確認し（SB8）、予め設定された順に関連データの送信処理を許容する（SB9）。具体的には、先ず、最初のシミュレータ20に設けられた通信インターフェース924は、共有メモリ923の送信データ領域923bに格納された関連データを送信先毎に順次吸い上げて、各送信先のシミュレータ30、40の通信インターフェース924に送信する。各送信先のシミュレータ30、40の通信インターフェース924は、夫々の共有メモリ923の受信データ領域923aに格納する。このような関連データの送信処理をシミュレータ30、40毎に繰り返される。

【0093】

送信元の通信インターフェース924は、送信データ領域923bに格納された関連データの全ての配送処理が終了すると（SB10）、当該送信データ領域923bにセットされている送信準備完了フラグ923cをリセットして（SB11）、当該シミュレータの管理ボード90に関連データの送信処理が終了したことを通知する（SB12）。

【0094】

さらに、送信先の通信インターフェース924は、受信データ領域923aに他のシミュレータからの関連データを格納すると（SB13）、送信元のシミュレータ毎に区画された受信データ領域923aに受信完了フラグ923d1、923d2をセットして（SB14）、送信先のシミュレータの前記同期制御手段90bを備えた管理ボード90に送信元毎に関連データの受信処理が終了したことを通知する（SB15）。送信先のシミュレータの管理ボード90（同期制御手段90b）は、受信データ領域923aの受信完了フラグ923d1、923d2がセットされたときに（SB16）、送信元のシミュレータから関連データの受信が終了したことを確認する（SB17）のである。

【0095】

各シミュレータ20、30、40の管理ボード90（同期制御手段90b）は、自装置の送信データ領域923bの送信準備完了フラグ923cがリセットされ（SB11）、且つ、受信データ領域923aの送信元毎の受信完了フラグ923d1、923d2の全てがセットされるまで待機し（SB16）、送信準備完了フラグ923cがリセットされ（SB11）、且つ、受信データ領域923aの送信元毎の受信完了フラグ923d1、923d2の全てがセットされていると確認すると（SB17）、データ共有化処理が終了したと判断して（SB18）、全ての受信完了フラグ923d1、923d2をリセットして（SB19）、次の処理を開始するように制御する（SB20）。

【0096】

以上の動作により、前記シミュレータ20、30、40において、前記制御系からのデータ入力ステップ、前記被制御系を模擬するモデル演算ステップ、モデル演算結果の前記制御系へのデータ出力ステップ、モデル演算後処理ステップ、サンプリングステップの各ステップが同期して実行され、単位模擬演算処理が円滑に進められるのである。

【0097】

つまり、前記データ共有手段11は、送信準備完了フラグ923cに基づいて、関連データを送信する他のシミュレータと同期をとった後にデータの共有化処理を行なうものであり、データの共有化処理を行なう前に行なう必要がある処理、つまり、上述のデバイス入力処理、モデル演算処理、デバイス出力処理、モデル演算後処理、サンプリング処理の何れかの処理を完了させていることを示す受信完了フラグ923d1、923d2が共有

メモリ 9 2 3 に設定されている場合に、前記他のシミュレータと関連データを整合するための同期が取れたと判断するものである。

【0098】

上述したデータ共有化処理は、各シミュレータ 2 0、3 0、4 0 の管理ボード 9 0 により、他のシミュレータに送信すべき関連データが自装置の共有メモリ 9 2 3 の送信データ領域 9 2 3 b に夫々格納され、送信準備完了フラグ 9 2 3 c がセットされるものであるが、関連データを自装置の共有メモリ 9 2 3 の送信データ領域 9 2 3 b に格納し、送信準備完了フラグ 9 2 3 c をセットするのは管理ボード 9 0 に制限されるものではなく、管理ボード 9 0 の監視下でモデル演算処理に基づくデータ共有化処理ではモデル演算処理ユニット 9 1 が、デバイス入出力処理に基づくデータ共有化処理では I / O ユニット 9 2 が実行してもよい。

【0099】

上述したデータ共有化処理はマスタシミュレータ間でのデータ共有化処理であるが、図 1 7 に示すように、マスタシミュレータ間でのデータ共有化処理の前に (S D 1)、マスタシミュレータとスレーブシミュレータ間で他のマスタシミュレータに送信すべき関連データの共有化処理が行なわれ (S D 2)、前記データ共有化処理後に (S D 3)、マスタシミュレーション間でのデータ共有化処理を行い (S D 4)、マスタシミュレータ間でのデータ共有化処理の後に (S D 5)、マスタシミュレータとスレーブシミュレータ間で他のマスタシミュレータから受信すべき関連データの共有化処理が行なわれる (S D 6)。また、マスタシミュレータとスレーブシミュレータ間でのみ共有する必要のある関連データは、マスタシミュレータ間でのデータ共有化処理の前後の何れで行なわれるものであってもよい。

【0100】

このようにして全てのシミュレータ 2 0、2 1、3 0、4 0 が同期を取って単位模擬演算処理を実行することができるのであるが、前記基準クロック発生手段 9 0 a からの基準クロックはシミュレータ毎に微妙に異なり、各基準クロックに基づく演算結果が累積されると大きな誤差となって、シミュレータの演算精度に大きな影響を与える虞がある。

【0101】

そこで、前記ホスト P C 5 に設けた同期クロック生成手段 5 a により生成された同期クロックデータを前記ネットワーク 6 を介して各シミュレータ 2 0、2 1、3 0、4 0 に送信するように構成してあり、各シミュレータ 2 0、2 1、3 0、4 0 の管理ボード 9 0 に、前記同期クロックデータに基づいてシミュレーション演算の基準クロックに基づくタイマレジスタの値を補正するクロック補正手段 9 0 c を備えている。

【0102】

図 1 8 に示すように、前記同期クロックデータは夫々の前記基準クロックで動作する単位模擬演算処理の時間 1 m s e c . よりも短い時間間隔で入力されるため、前記シミュレータ 2 0、2 1、3 0、4 0 は前記クロック補正手段 9 0 c により前記基準クロックの僅かなずれを補正することができる。

【0103】

以下、別実施形態について説明する。上述の実施形態では、シミュレータ 2 0 がマスタシミュレータ、シミュレータ 2 1 がスレーブシミュレータとして協働して、被制御系であるエンジンのノードを構成したが、マスタシミュレータに接続されるスレーブシミュレータの数は特に制限されるものではない。

【0104】

上述の実施形態では、複数の電子制御装置により分散制御される車両の各機能ブロックを模擬する分散型シミュレーションシステム 1 について説明したが、分散型シミュレーションシステム 1 は車両を対象とするものに限るものではなく、航空機、空調システム、或いは化学プラントシステム等、複雑な処理系を模擬する場合に適用できるものである。

【0105】

上述の実施形態では、各シミュレータ 2 0、2 1、3 0、4 0 に制御系としての電子制

御装置 2、3、4 を接続するものを説明したが、シミュレータに必要な外部データを供給するものであれば、接続される外部機器は被制御系機器に限るものではない。

【0106】

上述した実施形態で説明した報知手段 53 によるモデルに関する情報とそのモデルを実行するシミュレータとの対応付けの態様は、単独で実現されるものであってもよいし、各態様が複数組み合わせられて実現されるものであってもよい。

【0107】

上述した実施形態において、構成要素表示画面 510 とコントロール画面 520 とは、夫々別ウィンドウで表示されるものであってもよいし、前記構成要素表示画面 510 の右横または左横等に前記コントロール画面 520 が並置された 1 つのウィンドウとして表示されるものであってもよい。

【0108】

上述した実施形態は、本発明を実現する一実施例を説明するものであり、各部の具体的な構成は、本発明の作用効果を奏する限りにおいて、構築するシステムに応じて適宜変更設計することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0109】

【図 1】管理装置（ホスト PC）の機能ブロック図

【図 2】分散型シミュレーションシステムの構成図

【図 3】シミュレーション装置（シミュレータ）のブロック構成図

【図 4】シミュレーション装置（シミュレータ）の要部のブロック構成図

【図 5】データ共有手段の説明図

【図 6】分散型シミュレーションシステムを行う車両の動作のシミュレーションの説明に用いるフローチャート

【図 7】コントロール画面の説明図

【図 8】構成要素表示画面の説明図

【図 9】（a）シミュレーション装置（シミュレータ）のイメージ色表示部の説明図、（b）シミュレーション装置（シミュレータ）の発光部の説明図

【図 10】コントロール画面の説明図

【図 11】構成要素表示画面の説明図

【図 12】構成要素表示画面の説明図

【図 13】管理ボードの説明図

【図 14】単位模擬演算処理を示すフローチャート

【図 15】マスタシミュレータ間でのデータ共有化処理の説明に用いるフローチャート

【図 16】マスタシミュレータ間でのデータ共有化処理の説明に用いるフローチャート

【図 17】マスタシミュレータとスレーブシミュレータ間でのデータ共有化処理の説明に用いるフローチャート

【図 18】基準クロックの補正の説明に用いる図

【符号の説明】

【0110】

5：管理装置（ホスト PC）

50：モデル割付手段

51：構成要素表示手段

52：コントローラ表示手段

53：報知手段

54：条件設定手段

55：シミュレーション制御手段