(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年7月2日(02.07.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/138386 A1

(51) 国際特許分類:
G06F 11/36 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/051344

(22) 国際出願日： 2019年12月26日(26.12.2019)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
16/234,205 2018年12月27日(27.12.2018) US

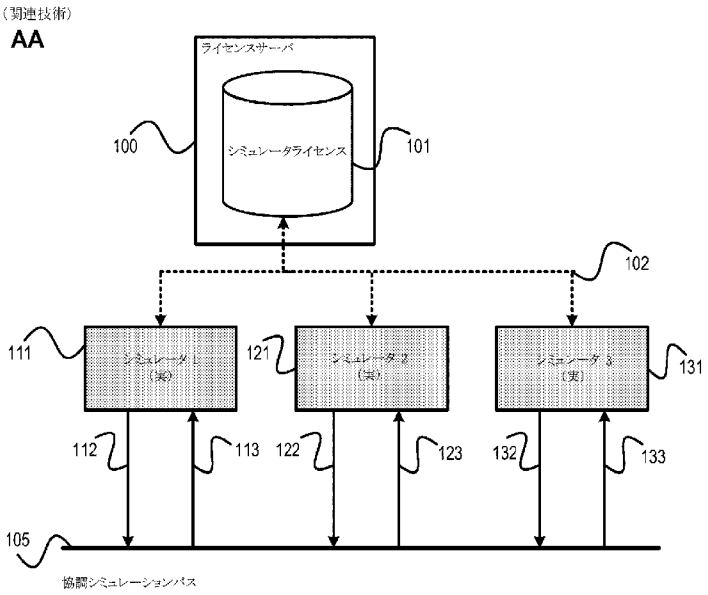
(71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社(**HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.**) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 Ibaraki (JP).

(72) 発明者: 本間 一樹(**HOMMA, Ichiki**); 48335 ミシガン州ファーミントンヒルズ グランドリバーアベニュー ３４５００ 日立オートモティブシステムズアメリカズ インコーポレーテッド内 Michigan (US). チェン ヘミング(**CHEN, Heming**); 48335 ミシガン州ファーミントンヒルズ グランドリバーアベニュー ３４５００ 日立オートモティブシステムズアメリカズ インコーポレーテッド内 Michigan (US). シャオ ユアン(**XIAO, Yuan**); 48335 ミシガン州ファーミントンヒルズ グランドリバーアベニュー ３４５００ 日立オートモティブシステムズアメリカズ インコーポレーテッド内 Michigan (US). ファタク スージット(**PHATAK, Sujit**); 48335 ミシガン州ファーミントンヒルズ グランドリバーアベニュー ３４５００ 日立オートモティブシステムズアメリカズ インコーポレーテッド内 Michigan (US).

(54) **Title:** COOPERATIVE SIMULATION REPEATER EMPLOYING PREVIOUS TRACE DATA

(54) 発明の名称： 以前のトレースデータを使用する協調シミュレーションリピータ

図 1



100 License server
101 Simulator license
105 Cooperative simulation bus
111 Simulator 1 (actual)
121 Simulator 2 (actual)
131 Simulator 3 (actual)
AA Related art

(57) **Abstract:** An exemplary embodiment described in the present specification relates to a system and a method that include storage of an I/F communication activity during cooperative execution, and a repeater for repeating such an I/F communication activity. Therefore, in subsequent re-execution of a simulation or an application, one or more simulations or applications that have been employed are replaced by repeaters, eliminating the need for all simulations or applications to be executed, and thereby providing license usage savings and reducing the amount of hardware resources required for execution.

WO 2020/138386 A1

［続葉有］

(74) 代理人:特許業務法人サンネクスト国際特許事務所(SUNNEXT INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1400002 東京都品川区東品川二丁目３番１２号 シーフォートスクエア センタービルディング１６階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：本明細書において記載の実施例は、協調実行中におけるＩ／Ｆ通信アクティビティの格納とそのようなＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するリピータとを含むシステムおよび方法に関する。したがって、シミュレーションまたはアプリケーションの後続の再実行において、使用されたシミュレーションまたはアプリケーションのうちの１つ以上がリピータと置き換えられ、シミュレーションまたはアプリケーションの全実行を必要とせず、それによってライセンス使用を節約するとともに、実行のためのハードウェアリソースが少なくてよい。

明　細　書

発明の名称 ：

以前のトレースデータを使用する協調シミュレーションリピータ

技術分野

[0001] 本開示は自動車システムに関し、より詳細にはライセンスサーバを含んだシミュレーションプラットフォームの実行に関する。

背景技術

[0002] 先進運転支援システム（ＡＤＡＳ）などの複雑な自動車システムにおいて、システムの埋込み型ソフトウェアの検証手順の最適化が強く望まれている。

[0003] この要望に対する関連技術の解決策の１つは、シミュレーション対象（例えば電子制御ユニット（ＥＣＵ）、電子回路、機械プラントなど）の各部分を表わす様々なタイプのシミュレータを接続するマルチドメインのシミュレーションである「協調シミュレーション」である。そのような関連技術のシステムは埋込み型ソフトウェアを動作させて、実際のハードウェアを使用せずに、むしろパーソナルコンピュータ（ＰＣ）上の仮想環境を使用して、その振る舞いを検証することができる仮想プラットフォームを提供することによって、ソフトウェア設計者はハードウェアプラットフォーム開発の前でもソフトウェアの正しさをチェックおよび検証することができる。

[0004] 一方、ソフトウェア設計者は、以前の演算時に発生したソフトウェアの症状を再現するために、ソフトウェアデバッグ処理時に事前に実行されたシミュレーションを再実行したいと考える場合がある。そのような再実行によって、エンジニアは症状を確認し、障害時にソフトウェアのどの部分が誤っているのかを分析できる。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] そのような場合、現在の協調シミュレーション環境で以前実行したシミュ

レーションを再実行するためには、設計者が該協調シミュレーションプラットフォーム内の対象シミュレータのうちの１つのみをデバッグしたい場合（電気回路または機械プラントではなく、ソフトウェア制御を実行するするＥＣＵのみをシミュレートしたい場合など）でも、設計者は該協調シミュレーションプラットフォームのすべてのシミュレータを呼び出す必要がある。

[0006] そのような状況において、現在の協調シミュレーション環境は、例えば、協調シミュレーション時にすべてのシミュレータを呼び出さなければならないため実行サーバ（例えばＰＣまたはＶＭ）に重い作業負荷を加える実行速度の面、またはシミュレータがサードパーティ製品の場合にすべてのシミュレータが実行のためにそれぞれ特定のライセンスを必要とするためにライセンス管理の面などで、それぞれ非効率的である。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した関連技術の問題に対処するため、本開示は、特に以前の協調シミュレーションの再実行の場合における、以前の協調シミュレーションプラットフォームを用いた場合の実行速度およびライセンス使用の非効率性に関する解決策に関する。

[0008] 本開示は、関連技術における問題に対処するために実行速度およびライセンス管理の両方においてより効率的な協調シミュレーションプラットフォームの再実行のための新規の方法に関する。新規の方法論においては、「Ｉ／Ｆトレース」と呼ばれる、最初の協調シミュレーション中の各時刻における各シミュレータに対するインタフェース（Ｉ／Ｆ）の各値を記録する格納システムが存在し、さらに保存されたＩ／Ｆトレースを使用することによって以前のＩ／Ｆ通信アクティビティを再現でき再実行期間に実際のシミュレータを置き換えることができる、協調シミュレーションプラットフォームにおける各シミュレータのダミーモジュールが存在する。

[0009] さらに、再実行期間において、ソフトウェアエンジニアが分析および／またはデバッグしたい対象シミュレータを除いて、協調シミュレーションプラットフォームのシミュレータを上述したダミーモジュールに置き換えること

によって再実行が行われる。本開示で上述したように、本明細書で説明する実施形態において、デバッグ処理のために１つの対象シミュレータのみが再度呼び出され、以前の協調シミュレーションの再実行中には残りのシミュレータはリピータに置き換えられる。

[0010] そのような実施例は、デバッグの対象シミュレータ以外のシミュレータはダミーモジュールに置き換えられるため実行サーバの実際のシミュレータよりも作業負荷が少なくなるために協調シミュレーション実行速度が改善可能となることから、関連技術の実施例に対する改良点である。そのような実施例は、結果的に、実行サーバのハードウェア構成を変更する必要なくサーバ上でのシミュレーションの実行速度を上げる。

[0011] さらに、以前の協調シミュレーションプラットフォームと置き換えられたダミーモジュールは再実行期間にライセンスを必要としないためシミュレータライセンス使用の数を減らすことができ、関連技術のシステムよりも効果的な協調シミュレーション再実行プロセスを実現する。

[0012] 本開示の態様は、複数のシミュレーションエンジンが関わる協調シミュレーションの実行中に前記複数のシミュレーションエンジンのインタフェース（Ｉ／Ｆ）通信アクティビティレコードを格納し、前記協調シミュレーションの後続の再実行のために、前記複数のシミュレーションエンジンのうちの１つ以上をシミュレーションエンジンリピータと置き換えることを含み得る方法であって、前記シミュレーションエンジンリピータは前記協調シミュレーションの後続の再実行中に前記複数のシミュレーションエンジンのうちの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成される方法を含む。

[0013] 本開示の態様は、複数のシミュレーションエンジンが関わる協調シミュレーションの実行中に前記複数のシミュレーションエンジンのインタフェース（Ｉ／Ｆ）通信アクティビティレコードを格納し、前記協調シミュレーションの後続の再実行のために、前記複数のシミュレーションエンジンのうちの

１つ以上をシミュレーションエンジンリピータと置き換える命令を含み得るコンピュータプログラムであって、前記シミュレーションエンジンリピータは前記協調シミュレーションの後続の再実行中に前記複数のシミュレーションエンジンのうちの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成されるコンピュータプログラムを含む。このコンピュータプログラムは、前記命令を格納する非一時コンピュータ可読媒体に格納され１つ以上のプロセッサによって実行可能である。

[0014] 本開示の態様は、複数のシミュレーションエンジンが関わる協調シミュレーションの実行中に前記複数のシミュレーションエンジンのインタフェース（Ｉ／Ｆ）通信アクティビティレコードを格納する手段と、前記協調シミュレーションの後続の再実行のために、前記複数のシミュレーションエンジンのうちの１つ以上をシミュレーションエンジンリピータと置き換える手段とを含み得るシステムであって、前記シミュレーションエンジンリピータは前記協調シミュレーションの後続の再実行中に前記複数のシミュレーションエンジンのうちの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成されるシステムを含む。

[0015] 本開示の態様は、複数のシミュレーションエンジンが関わる協調シミュレーションの実行中に前記複数のシミュレーションエンジンのインタフェース（Ｉ／Ｆ）通信アクティビティレコードを格納するように構成されたメモリと、前記協調シミュレーションの後続の再実行のために、前記複数のシミュレーションエンジンのうちの１つ以上をシミュレーションエンジンリピータと置き換えるように構成されたプロセッサとを含み得るシステムであって、前記シミュレーションエンジンリピータは前記協調シミュレーションの後続の再実行中に前記複数のシミュレーションエンジンのうちの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成されるシステムを含む

。

[0016] 本開示の態様は、前記複数のソフトウェアアプリケーションの協調実行中にインタフェース（Ｉ／Ｆ）を介して別のソフトウェアアプリケーションと通信する複数のソフトウェアアプリケーションのＩ／Ｆ通信アクティビティレコードを格納し、後続の協調再実行のために、前記複数のソフトウェアアプリケーションのうちの１つ以上をソフトウェアアプリケーションリピータと置き換えることを含み得る方法であって、前記ソフトウェアアプリケーションリピータは、前記後続の協調再実行中に前記複数のソフトウェアアプリケーションの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成される方法を含み得る。

[0017] 本開示の態様は、複数のソフトウェアアプリケーションの協調実行中にインタフェース（Ｉ／Ｆ）を介して別のソフトウェアアプリケーションと通信する複数のソフトウェアアプリケーションのＩ／Ｆ通信アクティビティレコードを格納し、後続の協調再実行のために、前記複数のソフトウェアアプリケーションのうちの１つ以上をソフトウェアアプリケーションリピータと置き換えることを含む命令を含み得るコンピュータプログラムであって、前記ソフトウェアアプリケーションリピータは前記後続の協調再実行中に前記複数のソフトウェアアプリケーションの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成されるコンピュータプログラムを含み得る。このコンピュータプログラムは、前記命令を格納する非一時コンピュータ可読媒体に格納され１つ以上のプロセッサによって実行可能である。

[0018] 本開示の態様は、複数のソフトウェアアプリケーションの協調実行中にインタフェース（Ｉ／Ｆ）を介して別のソフトウェアアプリケーションと通信する複数のソフトウェアアプリケーションのＩ／Ｆ通信アクティビティレコードを格納する手段と、後続の協調再実行のために、前記複数のソフトウェアアプリケーションのうちの１つ以上をソフトウェアアプリケーションリピ

ータと置き換える手段とを含み得るシステムであって、前記ソフトウェアアプリケーションリピータは前記後続の協調再実行中に前記複数のソフトウェアアプリケーションの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成されるシステムを含み得る。

[0019] 本開示の態様は、複数のソフトウェアアプリケーションの協調実行中にインタフェース（Ｉ／Ｆ）を介して別のソフトウェアアプリケーションと通信する複数のソフトウェアアプリケーションのＩ／Ｆ通信アクティビティレコードを格納するように構成されたメモリと、後続の協調再実行のために、前記複数のソフトウェアアプリケーションのうちの１つ以上をソフトウェアアプリケーションリピータと置き換えるように構成されたプロセッサとを含み得るシステムであって、前記ソフトウェアアプリケーションリピータは前記後続の協調再実行中に前記複数のソフトウェアアプリケーションの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成されるシステムを含み得る。

[0020] 本開示の態様は、複数のシミュレーションエンジンが関わる協調シミュレーションの実行中に前記複数のシミュレーションエンジンのインタフェース（Ｉ／Ｆ）通信アクティビティレコードを格納し、前記通信アクティビティレコードは複数のタイムスタンプと関連付けられ、前記複数のタイムスタンプのサブセットにおいて前記複数のシミュレーションエンジンのうちの１つ以上をシミュレーションエンジンリピータと置き換えることを表わす前記協調シミュレーションの後続の再実行のために、前記複数のシミュレーションエンジンの１つ以上をシミュレーションエンジンリピータと置き換えることを含み得る方法であって、前記シミュレーションエンジンリピータは、前記複数のタイムスタンプの前記サブセットによって表わされる時間における前記協調シミュレーションの前記後続の再実行中に前記複数のシミュレーションエンジンの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ

通信アクティビティレコードからＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成され、前記協調シミュレーションの前記後続の再実行中の前記複数のタイムスタンプの前記サブセット以外の別の時間において前記複数のシミュレーションエンジンの前記１つ以上を実行する方法を含み得る。

[0021] 本開示の態様は、複数のシミュレーションエンジンが関わる協調シミュレーションの実行中に前記複数のシミュレーションエンジンのインタフェース（Ｉ／Ｆ）通信アクティビティレコードを格納する命令を含み、前記通信アクティビティレコードは複数のタイムスタンプと関連付けられ、さらに前記複数のタイムスタンプのサブセットにおいて前記複数のシミュレーションエンジンのうちの１つ以上をシミュレーションエンジンリピータと置き換えることを表わす前記協調シミュレーションの後続の再実行のために、前記複数のシミュレーションエンジンの１つ以上をシミュレーションエンジンリピータと置き換える命令を含み、前記シミュレーションエンジンリピータは、前記複数のタイムスタンプの前記サブセットによって表わされる時間における前記協調シミュレーションの前記後続の再実行中に前記複数のシミュレーションエンジンの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成され、そして前記協調シミュレーションの前記後続の再実行中の前記複数のタイムスタンプの前記サブセット以外の別の時間において前記複数のシミュレーションエンジンの前記１つ以上を実行する命令を含み得るコンピュータプログラムを含み得る。このコンピュータプログラムは、前記命令を格納する非一時コンピュータ可読媒体に格納され１つ以上のプロセッサによって実行可能である。

[0022] 本開示の態様は、複数のシミュレーションエンジンが関わる協調シミュレーションの実行中に前記複数のシミュレーションエンジンのインタフェース（Ｉ／Ｆ）通信アクティビティレコードを格納する手段を含み、前記通信アクティビティレコードは複数のタイムスタンプと関連付けられ、さらに前記複数のタイムスタンプのサブセットにおいて前記複数のシミュレーションエ

ンジンのうちの１つ以上をシミュレーションエンジンリピータと置き換えることを表わす前記協調シミュレーションの後続の再実行のために、前記複数のシミュレーションエンジンの１つ以上をシミュレーションエンジンリピータと置き換える手段を含み、前記シミュレーションエンジンリピータは、前記複数のタイムスタンプの前記サブセットによって表わされる時間における前記協調シミュレーションの前記後続の再実行中に前記複数のシミュレーションエンジンの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成され、そして前記協調シミュレーションの前記後続の再実行中の前記複数のタイムスタンプの前記サブセット以外の別の時間において前記複数のシミュレーションエンジンの前記１つ以上を実行する手段を含み得るシステムを含み得る。

[0023] 本開示の態様は、複数のシミュレーションエンジンが関わる協調シミュレーションの実行中に前記複数のシミュレーションエンジンのインタフェース（Ｉ／Ｆ）通信アクティビティレコードを格納するように構成されたメモリを含み、前記通信アクティビティレコードは複数のタイムスタンプと関連付けられ、さらに前記複数のタイムスタンプのサブセットにおいて前記複数のシミュレーションエンジンのうちの１つ以上をシミュレーションエンジンリピータと置き換えることを表わす前記協調シミュレーションの後続の再実行のために、前記複数のシミュレーションエンジンの１つ以上をシミュレーションエンジンリピータと置き換え、前記シミュレーションエンジンリピータは、前記複数のタイムスタンプの前記サブセットによって表わされる時間における前記協調シミュレーションの前記後続の再実行中に前記複数のシミュレーションエンジンの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成され、前記協調シミュレーションの前記後続の再実行中の前記複数のタイムスタンプの前記サブセット以外の別の時間において前記複数のシミュレーションエンジンの前記１つ以上を実行するように構成されたプ

ロセッサを含み得るシステムを含み得る。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]図１は、関連技術の協調シミュレーションプラットフォームを図示する。

[図2]図２は、一実施例によるシミュレータライセンス管理表を図示する。

[図3]図３は、協調シミュレーションのタイミングチャートの一例を図示する。

[図4]図４は、一実施例による協調シミュレーションプラットフォームの一例である。

[図5]図５は、一実施例による各シミュレータの各Ｉ／Ｆアクティビティのタイミングチャートの一例である。

[図6]図６は、一実施例による再実行のための協調シミュレーションプラットフォームの一例である。

[図7]図７は、一実施例による協調シミュレーションプラットフォームの別の例を図示する。

[図8]図８は、一実施例による協調シミュレーションプラットフォームの別の例を図示する。

[図9]図９は、以前の協調シミュレーションの再実行中に再現されなければならない各シミュレータの各Ｉ／Ｆアクティビティのタイミングチャートの別の実施例を図示する。

[図10]図１０は、一実施例によるリピータの一例を図示する。

[図11]図１１は、一実施例によるリピータのフロー図を図示する。

[図12]図１２は、一実施例によるＩ／Ｆトレースおよび／またはリピータを容易化するための専用のハードウェアシステム例を図示する。

[図13]図１３は、実施例における使用に適した例示のコンピュータ装置を用いたコンピューティング環境例を図示する。

発明を実施するための形態

[0025] 以下の詳細な説明は、本願の図面および実施例のさらなる詳細を提供する

ものである。明確性のため、図面間において重複した要素の参照番号および説明は省略される。本明細書全体において使用される用語は例として提供されるものであり、限定を意図するものではない。例えば、「自動」という用語は、本願の実装を実行する通常の技術を有する当業者の所望の実装に応じて、実装の特定の態様に対するユーザまたはアドミニストレータによる制御を含む全自動または半自動の実装を含んでもよい。選択はユーザインタフェースまたはその他の入力手段を介してユーザによって制御可能であり、または所望のアルゴリズムによって実現可能である。本明細書で説明するような実施例は、単体または組み合わせて使用可能であり、そのような実施例の機能性は所望の実装に応じた任意の手段によって実現可能である。

[0026] 本明細書で説明する実施例において、Ｉ／Ｆトレースと呼ばれる、シミュレーションの全実行中の各タイムスタンプにおける各シミュレータのＩ／Ｆ通信アクティビティの各値を記録する格納装置が存在する。また、Ｉ／Ｆトレースによって管理されるＩ／Ｆトレースレコードを使用することによって以前のＩ／Ｆ通信アクティビティを再現することができ該シミュレーションの再実行中に実際のシミュレータと置き換えることができる、協調シミュレーションプラットフォームの各シミュレータのダミーモジュールが存在する。さらに、再実行中において、協調シミュレーションプラットフォームにおいて所望のシミュレータは上述したダミーモジュールと置き換えられることが可能であり、ユーザが分析および／またはデバッグしたい対象シミュレータの全実行はそのままとすることができる。そのようなダミーモジュールをここではリピータと呼ぶ。

[0027] 本明細書で説明する実施例において、所望ではないが演算上高価なシミュレータを、そのような計算リソースを消費しないリピータと置き換えることができるため、基本となるシステムの処理能力を節約可能である。さらに、デバッグの対象シミュレータ以外のシミュレータは実行サーバの実際のシミュレータよりも作業負荷が小さいダミーモジュールと置き換えられるため協調シミュレーション再実行速度が改善可能であり、さらに以前の協調シミュ

レーションプラットフォームと置き換えられたダミーモジュールは再実行期間中のライセンスを必要としないため、使用が必要なシミュレータライセンスは少なくてもよい。このような実装は、特にリソースが高価なアルゴリズムまたは特定目的のハードウェアが協調シミュレーションバスを介してシミュレーションされている場合、演算上高価なモデリング環境を必要とするハードウェア集中のシミュレーションを伴うハードウェアインザループシミュレーション（ＨＩＬＳ）またはソフトウェアインザループシミュレーション（ＳＩＬＳ）に対して特に効果的である。本明細書で説明される実施例は、所望の実装によるＥＣＵ、車両運動性、使用可能性試験などのシミュレーションのためのＨＩＬＳプラットフォーム、または所望の実装によるローカルでホストされるコンパイラによる制御アルゴリズムもしくはメカトロニックシステムをシミュレーションするためのＳＩＬＳプラットフォームに対して適用可能である。

[0028] 図１は、最初の実行および後続の再実行の両方のための関連技術の協調シミュレーションプラットフォームの一例であり、ライセンスサーバ１００、シミュレータライセンスストレージ１０１、ライセンス割り当てプロシージャ１０２、シミュレータ１ １１１、シミュレータ２ １２１、シミュレータ３ １３１、シミュレータ１Ｉ／Ｆ（出力１１２、入力１１３）、シミュレータ２Ｉ／Ｆ（出力１２２、入力１２３）、シミュレータ３Ｉ／Ｆ（出力１３２、入力１３３）および協調シミュレーションバス１０５を含む。

[0029] ライセンスサーバ１００は、残っているシミュレータライセンスの数を管理しており、例えば図２に示すように、各シミュレータの最新のライセンス数をシミュレータライセンスストレージ１０１に保持する。ライセンスサーバは、各シミュレータが協調シミュレーションを開始する前にライセンス割り当てプロシージャ１０２を介して各シミュレータ１１１／１２１／１３１に対して適切なライセンスを割り当てる。

[0030] シミュレータ１ １１１、シミュレータ２ １２１およびシミュレータ３ １３１は協調シミュレーションモデルの各部を表わす。シミュレータ１１１／

１２１／１３１は、所望の実装に応じて同種のシミュレータでもよく、互いに異なっていてもよい。各シミュレータ１１１／１２１／１３１は、シミュレータ１　１１１のための入力１１２および出力１１３、シミュレータ２　１２１のための入力１２２および出力１２３、シミュレータ３　１３１のための入力１３２および出力１３３のように、それ自体のＩ／Ｆ入力および出力を有する。各シミュレータの入力および出力は、実装に応じて単一の信号でも複数の信号の組でもよい。各タイムステップの協調シミュレーションの全実行において、各シミュレータ１１１／１２１／１３１は、それぞれ入力１１２／１２２／１３２からそれ自体の入力値を取り出し、その入力を用いて演算してそれ自体の状態を更新し、その演算および状態更新の終了後にそれぞれ出力１１３／１２３／１３３を生成する。

[0031] 各タイムステップの協調シミュレーションの全実行の間、協調シミュレーションバス１０５は、協調シミュレーションモデルによって指定されるように各シミュレータＩ／Ｆ１１２／１１３／１２２／１２３／１３２／１３３を相互接続し、シミュレータの出力からの各値を他のシミュレータの入力へと送受信を行う。図１に示すプラットフォームにおける協調シミュレーション手順は以下の通りである。

[0032] 最初の実際の協調シミュレーションがプラットフォーム上で呼び出されると、各シミュレータ１１１／１２１／１３１は、まず、ライセンス割り当てプロシージャ１０２を介してそれぞれのシミュレーションを進めるために、ライセンスサーバ１００に対してそれぞれのライセンスを取り出す要求を実行する。シミュレータがそれぞれのライセンスを取り出すと、シミュレータ１１１／１２１／１３１は協調シミュレーションに対する準備が整う。

[0033] 図３は、その協調シミュレーションのタイミングチャートの一例を図示する。各シミュレータ１１１／１２１／１３１が協調シミュレーションに対する準備が整うと、タイミングチャートで協調シミュレーション時間（ｓｉｍｔｉｍｅ）が「０」に設定される。この時、各シミュレータの出力Ｉ／Ｆ値は、それぞれ、シミュレータ１１１／１２１／１３１によって、出力１１２

に対してｓ１ｏ０、出力１２２に対してｓ２ｏ０、および出力１３２に対してｓ３ｏ０が設定される。

[0034] 次に、協調シミュレーションバスは、上記の各出力Ｉ／Ｆ値を読み込み、モデルにおいて指定された相互接続とともにそれらを各シミュレータの特定の入力Ｉ／Ｆに対して渡す。それによって、シミュレータ１１１／１２１／１３１に対する各入力Ｉ／Ｆ値は、それぞれ、入力１１３に対してｓ１ｉ０、入力１２３に対してｓ２ｉ０、および入力１３３に対してｓ３ｉ０が設定される。

[0035] 上述した初期手順後、ｓｉｍ ｔｉｍｅは「１」に設定され、協調シミュレーションが次のタイムステップに進んだことを表わす。このとき、ｓｉｍ ｔｉｍｅ「１」におけるそれぞれのシミュレータの入力を用いた状態更新および出力値演算の結果として、シミュレータ１１１／１２１／１３１によって、それぞれ、各シミュレータの出力Ｉ／Ｆ値は、出力１１２に対してｓ１ｏ１、出力１２２に対してｓ２ｏ１、および出力１３２に対してｓ３ｏ１が設定される。

[0036] その後、上述したように、協調シミュレーションバスは出力Ｉ／Ｆ値のそれぞれを読み込み、モデルにおける指定相互接続とともにその値を各シミュレータの対応入力Ｉ／Ｆに対して渡す。この結果、シミュレータ１１１／１２１／１３１の各入力Ｉ／Ｆ値は、それぞれ、入力１１３に対してｓ１ｉ１、入力１２３に対してｓ２ｉ１、入力１３３に対してｓ３ｉｌが設定される。

[0037] 上述した手順後、ｓｉｍ ｔｉｍｅは「２」に設定され、協調シミュレーションが次のタイムステップに進んだことを表わす。このとき、ｓｉｍ ｔｉｍｅ「２」におけるそれぞれのシミュレータの入力を用いた状態更新および出力値演算の結果として、シミュレータ１１１／１２１／１３１によって、それぞれ、各シミュレータの出力Ｉ／Ｆ値は、出力１１２に対してｓ１ｏ２、出力１２２に対してｓ２ｏ２、出力１３２に対してｓ３ｏ２が設定される。ｓｉｍ ｔｉｍｅが特定の終了タイミング、この場合は例えばｓｉｍ ｔｉｍ

ｅ「ｎ」に達するまで、協調シミュレーションは上述した方法と同様に継続する。

[0038] ｓｉｍ ｔｉｍｅが終了タイミング「ｎ」に達すると、シミュレータ１１１／１２１／１３１および協調シミュレーションバス１０５はそれぞれの演算を停止する。その後、シミュレータ１１１／１２１／１３１はそれぞれが保持するシミュレーションライセンスをリリースし、割り当てプロシージャ１０２を介してライセンスサーバ１００にそれらを返す。ライセンスサーバ１００は図２に記載する残りのライセンス数を更新することによって、必要に応じて他の要求に対してそのシミュレーションライセンスを割り当てることができる。

[0039] ユーザがそのプラットフォーム上で後続の協調シミュレーションを呼び出したい場合であって、デバッグ処理の目的のためにｓｉｍ ｔｉｍｅ「ｎ」においてシミュレータ１１１上で同一の状態を再現するという目的で後続の再実行が最初の実行と全く同一の協調シミュレーションとなるようにする場合、協調シミュレーションの後続の再実行が最初の協調シミュレーションと同一であっても、上述したように協調シミュレーション手順は全く同一でなければならない。これは、例えばｓｉｍ ｔｉｍｅ「ｎ」においてシミュレータ１１１上で同一の状態を再現するためには、協調シミュレーションは最初の協調シミュレーション手順で説明したのと同様にして呼び出されなければならず、最初の実行と後続の再実行との間で手順の違いがある場合、ｓｉｍ ｔｉｍｅ「ｎ」におけるシミュレータ１１１上の状態が異なる手順を有することに起因して互いに異なるためである。

[0040] これによって、関連技術の実装では、前の協調シミュレーションの「再実行」であっても、協調シミュレーションプラットフォーム上の全シミュレータを再度呼び出されなければならず、その結果としていくつかの不利益が生じる。例えば、協調シミュレーションの実行処理能力の観点からすると、再実行の分析対象が協調シミュレーションプラットフォーム全体のシミュレータのうちの１つのみである場合でも、協調シミュレーションプラットフォー

ムの全要素は前の実行と同様に処理して呼び出されなければならないため、協調シミュレーション再実行速度は前の実行と全く同じ速度となるはずである。

[0041] さらに、ライセンス管理の観点からすると、協調シミュレーションプラットフォームの全シミュレータが呼び出されなければならないため、再実行に必要なライセンス数は前の実行と全く同一となるはずである。したがって、再実行のための分析対象が協調シミュレーションプラットフォーム全体のうちの１つのシミュレータのみであっても、全シミュレータはそれ自体の実行ライセンスを取り出さなければならない。

[0042] 本明細書に記載の実施例は、関連技術の実装における上記のような問題に対処することに関する。図４は、一実施例による最初の実行におけるＩ／Ｆトレースデータを取り込む新規の方法論を使用した協調シミュレーションプラットフォームの一例である。図４に図示するように、協調シミュレーションプラットフォームは、ライセンスサーバ１００、シミュレータライセンスストレージ１０１、ライセンス割り当てプロシージャ１０２、シミュレータ１ １１１、シミュレータ２ １２１、シミュレータ３ １３１、シミュレータ１Ｉ／Ｆ（出力１１２、入力１１３）、シミュレータ２Ｉ／Ｆ（出力１２２、入力１２３）、シミュレータ３Ｉ／Ｆ（出力１３２、入力１３３）、協調シミュレーションバス１０５、シミュレータ１ １１５上のＩ／Ｆの入力および出力トレースのためのストレージ、シミュレータ２ １２５上のＩ／Ｆの入力および出力トレースのためのストレージ、シミュレータ３ １３５上のＩ／Ｆの入力および出力トレースのためのストレージを含む。シミュレータＩ／Ｆの入力および出力トレースのための各ストレージは、アクティビティを監視し、ｓｉｍタイムステップ毎に入力および出力Ｉ／Ｆ値を格納する。例えば、Ｉ／ＦトレースＩ １１５はシミュレータ１ １１２の出力Ｉ／ＦおよびシミュレータＩ １１３の入力Ｉ／Ｆを監視し、ｓｉｍタイムステップ毎に１１２および１１３の各値を格納する。その他のＩ／Ｆトレース２およびＩ／Ｆトレース３に対しては、シミュレータ２ １２３およびシミュレータ３ １

３１を用いた場合とそれぞれ機能が同じである。図４の要素の残りは、図１で記載したものと同様である。

[0043] 図５は、一実施例による、各シミュレータに対する各Ｉ／Ｆアクティビティのタイミングチャートの一例である。上記において、例えば、それぞれ、最も左の表はＩ／Ｆトレース１ １１５におけるタイミングチャートを表わし、中間の表はＩ／Ｆトレース２ １２５におけるタイミングチャートを表わし、最も右の表は、Ｉ／Ｆトレース３ １３５におけるタイミングチャートを表わす。

[0044] 一実施例において、図４に示すプラットフォーム上の最初の協調シミュレーション手順は、図５の協調シミュレーション手順のタイミングチャートに関して以下の通りとなる。最初の実際の協調シミュレーションが上記プラットフォーム上で呼び出された場合、シミュレータ１１１／１２１／１３１は、ライセンスサーバ１００に対して、ライセンス割り当てプロシージャ１０２を介してそれぞれのシミュレーションを処理するようにそれぞれのライセンスを取り出す要求を行う。シミュレータがそれぞれのライセンスを取り出すと、シミュレータ１１１／１２１／１３１は協調シミュレーションの準備が整う。

[0045] シミュレータ１１１／１２１／１３１が協調シミュレーションに対する準備が整うと、タイミングチャートで協調シミュレーション時間（ｓｉｍ ｔｉｍｅ）が「０」に設定される。この時、各シミュレータの出力Ｉ／Ｆ値は、それぞれ、シミュレータ１１１／１２１／１３１によって、１１２に対してｓ１ｏ０、１２２に対してｓ２ｏ０、および１３２に対してｓ３ｏ０が設定される。

[0046] 次に、協調シミュレーションバスは上記の出力Ｉ／Ｆ値のそれぞれを読み込み、モデルにおいて指定された相互接続とともにそれらを各シミュレータの対応入力Ｉ／Ｆに対して渡す。それによって、シミュレータ１１１／１２１／１３１に対する入力Ｉ／Ｆ値のそれぞれは、それぞれ、１１３に対してｓ１ｉ０、１２３に対してｓ２ｉ０、および１３３に対してｓ３ｉ０が設定

される。

[0047] 一方、Ｉ／Ｆトレース１　１１５はシミュレータ１　１１１の出力１１２および入力１１３を監視し、それらの値を格納する。図５に示すように、最も左の表はＩ／Ｆトレース１　１１５のタイミングチャートであり、Ｉ／Ｆトレース１　１１５が、それぞれ、ｓｉｍ　ｔｉｍｅ「０」の時点における出力１１２の値として値ｓ１ｏ０、および入力１１３の値として値ｓ１ｉ０を格納していることを図示する。中間のチャートにおいて、Ｉ／Ｆトレース２　１２５はシミュレータ２　１２１の出力１２２および入力１２３を監視し、それぞれ、ｓｉｍ　ｔｉｍｅ「０」の時点における出力１２２の値として値ｓ２ｏ０、および入力１２３の値として値ｓ２ｉ０を格納する。最も右のチャートにおいて、Ｉ／Ｆトレース３　１３５はシミュレータ３　１３１の出力１３２および入力１３３を監視し、それぞれ、ｓｉｍ　ｔｉｍｅ「０」の時点における出力１３２の値として値ｓ３ｏ０、および入力１３３の値として値ｓ３ｉ０を格納する。

[0048] 上述した初期手順後、ｓｉｍ　ｔｉｍｅは「１」に設定され、協調シミュレーションが次のタイムステップに進んだことを表わす。このとき、ｓｉｍ　ｔｉｍｅ「１」におけるそれぞれのシミュレータの入力を用いた状態更新および出力値演算の結果として、シミュレータ１１１／１２１／１３１によって、それぞれ、各シミュレータの出力Ｉ／Ｆ値は、１１２に対してｓ１ｏ１、１２２に対してｓ２ｏ１、および１３２に対してｓ３ｏ１が設定される。

[0049] その後、上述したように、協調シミュレーションバスは上記の出力Ｉ／Ｆ値のそれぞれを読み込み、モデルにおける指定相互接続とともにそれらを各シミュレータの対応入力Ｉ／Ｆに対して渡す。それによって、シミュレータ１１１／１２１／１３１の各入力Ｉ／Ｆ値は、それぞれ、１１３に対してｓ１ｉ１、１２３に対してｓ２ｉ１、および１３３に対してｓ３ｉ１が設定される。

[0050] 一方、Ｉ／Ｆトレース１　１１５は、シミュレータ１　１１１の出力１１２および入力１１３を監視し、それらの値を格納する。ｓｉｍ　ｔｉｍｅ「０」

における上記説明と同様に、Ｉ／Ｆトレース１　１１５は、それぞれ、ｓｉｍ　ｔｉｍｅ「１」における出力１１２の値として値ｓ１ｏ１、および入力１１３の値として値ｓ１ｉ１を格納する。Ｉ／Ｆトレース２　１２５はシミュレータ２　１２１の出力１２２および入力１２３を監視し、それぞれ、ｓｉｍ　ｔｉｍｅ「１」の時点における出力１２２の値として値ｓ２ｏ１、および入力１２３の値として値ｓ２ｉ１を格納する。Ｉ／Ｆトレース３　１３５はシミュレータ３　１３１の出力１３２および入力１３３を監視し、それぞれ、ｓｉｍ　ｔｉｍｅ「１」における出力１３２の値として値ｓ３ｏ１、および入力１３３の値として値ｓ３ｉ１を格納する。

[0051] 上述した手順後、ｓｉｍ　ｔｉｍｅは「２」に設定され、協調シミュレーションが次のタイムステップに進んだことを表わす。このとき、ｓｉｍ　ｔｉｍｅ「２」の時点における各シミュレータの入力を用いた状態更新および出力値演算の結果として、シミュレータ１１１／１２１／１３１によって、それぞれ、各シミュレータの出力Ｉ／Ｆ値は、１１２に対してｓ１ｏ２、１２２に対してｓ２ｏ２、および１３２に対してｓ３ｏ２が設定される。

[0052] 一方、上述したものと同様に、Ｉ／Ｆトレース１　１１５、Ｉ／Ｆトレース２　１２５およびＩ／Ｆトレース３　１３５は、ｓｉｍ　ｔｉｍｅ「２」の時点における関連シミュレータのそれぞれの入力および出力Ｉ／Ｆ値を格納する。ｓｉｍ　ｔｉｍｅが特定の終了タイミング、この場合は例えばｓｉｍ　ｔｉｍｅ「ｎ」に達するまで、協調シミュレーションは上述した方法と同様に継続する。

[0053] ｓｉｍ　ｔｉｍｅが終了タイミング「ｎ」に達すると、シミュレータ１１１／１２１／１３１および協調シミュレーションバス１０５はそれぞれの演算を停止する。その後、シミュレータ１１１／１２１／１３１はそれぞれのシミュレーションライセンスをリリースし、割り当てプロシージャ１０２を介してライセンスサーバ１００にそれらを返す。ライセンスサーバ１００は図２に記載する残りのライセンス数を更新することによって、必要に応じて他の要求に対してそのシミュレーションライセンスを割り当てることができる

。

[0054] 図６は、一実施例による、再実行のための新規方法論を使用した協調シミュレーションプラットフォームの一例である。具体的には、図６の協調シミュレーションプラットフォームは、ライセンスサーバ１００、シミュレータライセンスストレージ１０１、ライセンス割り当てプロシージャ１０２、シミュレータ１ １１１、リピータ２ ２２１、リピータ３ ２３１、シミュレータ１Ｉ／Ｆ（出力１１２、入力１１３）、シミュレータリピータ２Ｉ／Ｆ（出力２２２、入力２２３）、シミュレータリピータ３Ｉ／Ｆ（出力２３２、入力２３３）、協調シミュレーションバス１０５、シミュレータ２ １２５上のＩ／Ｆの入力および出力トレースのためのストレージ、シミュレータ３ １３５上のＩ／Ｆの入力および出力トレースのためのストレージを含む。

[0055] リピータ２ ２２１およびリピータ３ ２１３は、それぞれ、シミュレータ２ １２１およびシミュレータ３ １３１を置き換えるダミーモジュールである。各リピータは、ｓｉｍ ｔｉｍｅ毎にＩ／Ｆの入力および出力トレースのためのそれ自体のストレージを読み込み、以前の協調シミュレーション実行とともにその出力Ｉ／Ｆアクティビティを再現するように構成される。それぞれ、リピータ２ ２２１はシミュレータ２ １２１の出力Ｉ／Ｆアクティビティを再現し、リピータ３ ２３１はシミュレータ３ １３１の出力Ｉ／Ｆアクティビティを再現する。リピータは重い演算または状態更新手順を伴わないため、各リピータを加えると、結果的に、置き換えられたシミュレータと比較して実行サーバに対する作業負荷が軽くなる。

[0056] これらのシミュレータの置き換えとともに、シミュレータ２ １２１の出力１２２および入力１２３Ｉ／Ｆは、それぞれ、リピータ２ ２２１の出力２２２および入力２２３と置き換えられ、シミュレータ３ １３１の出力１３２および入力１３３Ｉ／Ｆは、それぞれ、リピータ３ ２３１の出力２３２および入力２３３と置き換えられる。各リピータの入力および出力は、実装に応じて単一信号または複数の信号の集合でもよい。

[0057] シミュレータＩ／Ｆの入力および出力トレースの各格納は、図４において

既に上述した以前の協調シミュレーション実行の結果であり、関連シミュレータの入力および出力Ｉ／Ｆアクティビティを再現するためのタイミングチャートとして使用される。例えば、Ｉ／Ｆトレース２　１２５はリピータ２　２２１の入力および出力Ｉ／Ｆアクティビティを再現するためのタイミングチャートとして使用され、Ｉ／Ｆトレース３　１３５は、リピータ３　２３１の入力および出力Ｉ／Ｆアクティビティを再現するためのタイミングチャートとして使用される。

[0058] 各タイムステップにおける協調シミュレーションの全実行の間、協調シミュレーションバス１０５は協調シミュレーションモデルによって指定されるように各シミュレータまたはリピータＩ／Ｆ１１２／１１３／２２２／２２３／２３２／２３３を相互接続し、シミュレータの出力からシミュレータの入力へ各値を送受信する。

[0059] 図６の要素の残りは、図１で説明したものと同様である。

[0060] 図６に示すプラットフォーム上の協調シミュレーション再実行手順は以下の通りである。協調シミュレーション再実行がプラットフォーム上で呼び出されると、まず、シミュレータ１　１１１は、ライセンス割り当てプロシージャ１０２を介してそのシミュレーションを進めるために、ライセンスサーバ１００に対してそれ自体のライセンスを取り出す要求を実行する。シミュレータ１　１１１がそれ自体のライセンスを取り出すと、シミュレータ１　１１１は協調シミュレーションに対する準備が整う。

[0061] 一方、リピータ２　２２１およびリピータ３　２３１は、以前の実行中に格納された最初の協調シミュレーションのタイミングチャートを含むＩ／Ｆトレース２およびＩ／Ｆトレース３　１３５を開く。それらを開いた後、リピータ２　２２１およびリピータ３　２３１は協調シミュレーションに対して準備が整う。図５は、以前の協調シミュレーションの再実行の間に再現されなければならない各シミュレータに対する各Ｉ／Ｆアクティビティのタイミングチャートの一例である。

[0062] シミュレータ１　１１１、リピータ２　２２１およびリピータ３　２３１が協

調シミュレーションに対する準備が整うと、タイミングチャートで協調シミュレーション時間（ｓｉｍ　ｔｉｍｅ）が「０」に設定される。このとき、シミュレータ１　１１１、リピータ２　２２１およびリピータ３　２３１に対する出力Ｉ／Ｆ値は、シミュレータ１　１１１、リピータ２　２２１およびリピータ３　２３１によって、それぞれ、１１２に対してｓ１ｏ０、２２２に対してｓ２ｏ０、および２３２に対してｓ３ｏ０が設定される。

[0063] 次に、協調シミュレーションバスは上記の各出力Ｉ／Ｆ値を読み込み、モデルにおける指定相互接続とともに、シミュレータ毎の特定の入力Ｉ／Ｆに対して渡す。その結果、シミュレータ１　１１１、リピータ２　２２１およびリピータ３　２３１に対する各入力Ｉ／Ｆ値は、それぞれ、１１３に対してｓ１ｉ０、２２３に対してｓ２ｉ０、および２３３に対してｓ３ｉ０が設定される。

[0064] 上述した初期手順後、ｓｉｍ　ｔｉｍｅは「１」に設定され、協調シミュレーションが次のタイムステップに進んだことを表わす。このとき、ｓｉｍ　ｔｉｍｅ「１」における各シミュレータでの状態更新および出力値演算の結果として、シミュレータ１　１１１に対する出力Ｉ／Ｆ値は、１１２に対してｓ１ｏ１が設定される。ｓｉｍ　ｔｉｍｅ「１」のストレージからそれ自体の出力トレース値を読み込んでそれらの出力Ｉ／Ｆに対してそれらを再現した結果として、リピータの出力Ｉ／Ｆ値は、リピータ２　２２１およびリピータ３　２３１によってそれぞれ２２２に対してｓ２ｏ１および２３２に対してｓ３ｏ１が設定される。その後、協調シミュレーションバスは上記の各出力Ｉ／Ｆ値を読み込み、モデルにおける指定相互接続とともに各シミュレータの特定の入力Ｉ／Ｆに対して渡す。その結果、シミュレータ１　１１１、リピータ２　２２１およびリピータ３　２３１に対する入力Ｉ／Ｆ値のそれぞれは、それぞれ、１１３に対してｓ１ｉ１、２２３に対してｓ２ｉ１、および２３３に対してｓ３ｉ１が設定される。

[0065] 上述した手順後、ｓｉｍ　ｔｉｍｅは「２」に設定され、協調シミュレーションが次のタイムステップに進んだことを表わす。このとき、ｓｉｍ　ｔｉｍ

ｅ「２」におけるそれぞれのシミュレータにおける状態更新および出力値演算の結果として、シミュレータ１　１１１に対する出力Ｉ／Ｆ値は、１１２に対してｓ１ｏ２が設定される。ｓｉｍ　ｔｉｍｅ「２」におけるストレージからそれ自体の出力トレース値を読み込んでそれらの出力Ｉ／Ｆに対してそれらを再現した結果として、リピータに対する出力Ｉ／Ｆ値は、リピータ２　２２１およびリピータ３　２３１によって、それぞれ、２２２に対してｓ２ｏ２、２３２に対してｓ３ｏ２が設定される。

[0066] ｓｉｍ　ｔｉｍｅが特定の終了タイミング、この場合は例えばｓｉｍ　ｔｉｍｅ「ｎ」に達するまで、協調シミュレーションは上述した方法と同様に継続する。ｓｉｍ　ｔｉｍｅが終了タイミング「ｎ」に達すると、シミュレータ１　１１１、リピータ２　２２１およびリピータ３　２３１および協調シミュレーションバス１０５はそれぞれの演算を停止する。その後、シミュレータ１１１１はそのシミュレーションライセンスをリリースし、割り当てプロシージャ１０２を介してライセンスサーバ１００に返す。ライセンスサーバ１００は図２で説明したように残りのライセンス数を更新することによって、必要に応じて他の要求に対してそのシミュレーションライセンスを割り当てることができる。

[0067] 図７は、一実施例による協調シミュレーションプラットフォームの別の例を図示する。図７の例において、シミュレーションエンジンのうちの１つ以上は、さらに、シミュレーション中に対応するシミュレーションエンジンによって行われたＩ／Ｆ通信アクティビティのＩ／Ｆ通信アクティビティレコードを格納および管理する機能を含んでもよい。そのような実施例において、シミュレーションエンジンリピータは対応するシミュレーションエンジンによって格納されたデータからＩ／Ｆ通信アクティビティレコードを取得することができ、または対応するシミュレーションエンジンは、所望の実装により、リピータに対してＩ／Ｆ通信アクティビティレコードを供給するように実行されることができる。

[0068] 図８は、一実施例による、協調シミュレーションプラットフォームの別の

例を図示する。この実施例において、Ｉ／Ｆトレース１４５は、協調シミュレーションバス１０５と相互接続されることによって実現され、Ｉ／Ｆ通信アクティビティレコードを記録および格納するために協調シミュレーションバス１０５の物理的相互接続にタップする。このような実施例は、Ｉ／Ｆ通信アクティビティレコードを管理するための専用のメモリを含む専用のハードウェアシステムによって容易に実現されることが可能であり、フィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）などの１つ以上のプログラマブルハードウェアチップは、リピータに対して対応するＩ／Ｆ通信アクティビティレコードを供給するように特化されプログラミングされてもよい。また、所望の実装に応じて、１つ以上のプログラマブルチップは、リピータの機能を容易化するように特化およびプログラミングされてもよい。そのような実装は、シミュレーションエンジンが（例えば、バスに接続されたようなイーサネットを介して協調シミュレーション装置に接続された外部のモノのインターネット（ＩｏＴ）装置から、バスに物理的に接続されたキオスク、印刷装置、入力装置、およびその他の装置などの特定の外部装置から、および所望の実装に応じた装置などから）協調シミュレーションバス１０５にプラグインされた外部の特定目的の装置と一体化している場合に望ましい場合がある。

[0069] 図９は、以前の協調シミュレーションの再実行の間に再現されなければならない各シミュレータの各Ｉ／Ｆアクティビティのタイミングチャートの別の実施例を図示する。Ｉ／Ｆ通信アクティビティを示すこのタイミングチャート例は、所望の実装による、本明細書に記載の任意のＩ／Ｆトレース実装のために実装されることができる。

[0070] 図１０は、一実施例によるリピータの一例を図示する。図１０の実施例において、リピータは、（例えば協調シミュレーション実行前の）協調シミュレーショントレースからＩ／Ｆアクティビティデータを取り出すように構成されるトレースファイル読込装置２５０を含む。レジスタ２５１は出力インタフェース２２２に対する出力をタイムスタンプするために使用される。レ

ジスタ２５２は、入力インタフェース２２３を介して受信される入力をタイムスタンプするために使用される。

[0071] 図１１は、一実施例によるリピータのフロー図を図示する。５１０において、リピータはＩ／Ｆ通信アクティビティレコードを含むトレースファイルを開く。そのようなファイルは、シミュレーションエンジンまたはソフトウェアアプリケーション、メモリから取り出しバックグラウンドで実行されるソフトウェアアプリケーション、メモリからトレースファイルを取り出すリピータ、または所望の実装によりリピータの専用のハードウェアシステム内のメモリから供給され得る。

[0072] ５２０において、リピータの開始点が初期化される。例えば、リピータがシミュレーションエンジンまたはソフトウェアアプリケーションを全体として置き換えなければならない場合、開始点は時間＝０に初期化される。シミュレーションの一部のみの置き換えとして実装される場合、開始点は置き換えのために設けられた特定の時点に初期化される（例えばインタフェースを介してユーザによって行われる）。その後、５３０において、リピータは、ループ内の特定時点におけるＩ／Ｆ通信アクティビティレコードから対応するレコードを取り出すループを初期化する。

[0073] ５４０において、リピータはループ内の特定時点におけるＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからの出力Ｉ／Ｆ値を用いて出力Ｉ／Ｆを設定する。５５０において、リピータがＩ／Ｆ通信を実現するための要件ｎの終了点に達したかを決定するためにチェックが実行される。例えば、リピータがシミュレーションエンジンまたはソフトウェアアプリケーションを全体として置き換えなければならない場合、ｎは、ソフトウェアアプリケーションのシミュレーションまたは協調実行の終了と関連付けられたタイムスタンプである。シミュレーションの一部のみの置き換えとして実装される場合、ｎはシミュレーションまたは協調実行の所望の終了と関連付けられるタイムスタンプに応じた終了点に設定される（例えばユーザインタフェースによって定義される通り）。もしそうであれば（Ｙｅｓ）、フローは５７０に進み、そこでリ

ピータはトレースファイルを閉じてフローが終了する。そうでない場合（Ｎｏ）、フローは５６０に進んでソフトウェアアプリケーションのシミュレーションまたは協調実行の次のタイムスタンプに進む。

[0074] 図１１の実施例によって、リピータは、シミュレーションまたは協調実行の全期間において、またはシミュレーションまたは協調実行の所望のＩ／Ｆ通信アクティビティに対応する複数のタイムスタンプの所望のサブセットにおいて、シミュレーションエンジンまたはソフトウェアアプリケーションを置き換えるように構成されることができる。

[0075] 図１２は、一実施例によるＩ／Ｆトレースおよび／またはリピータを容易化する専用のハードウェアシステム例を図示する。一実施例において、協調シミュレーションバス１０５はプロセッサ１３１０および専用ハードウェアシステム１２００に接続される。専用ハードウェアシステム１２００は協調シミュレーションバス１０５に物理的に接続され、本明細書で説明するようにＩ／Ｆトレース機能を容易化するように構成された１つ以上のプログラマブルチップ１２０１およびメモリ１２０２を含む。例えば、メモリ１２０２は、シミュレータ１１１／１２１／１３１間のＩ／Ｆ通信アクティビティのレコードを維持するように、上述したタイミングチャートを管理するように構成可能である。所望の実装に応じて、１つ以上のプログラマブルチップ１２０１は、協調シミュレーションバス１０５をタップしてＩ／Ｆ通信アクティビティをメモリ１２０２に供給するようにＩ／Ｆトレースの機能を実行するようプログラミングされることが可能である。また、１つ以上のプログラマブルハードウェアチップ１２０１は、適切なタイムスタンプ中に置き換えられた１つ以上のシミュレータに対してＩ／Ｆ通信アクティビティを実現するように、図１０に図示したようなリピータの機能を実行するようにプログラミングされることも可能である。１つ以上のプログラマブルハードウェアチップ１２０１は、プロセッサ１３１０および協調シミュレーションバス１０５に対する負荷を低減するフィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）などの専用のプロセッサでもよい。

[0076] 図１３は、本明細書に記載の機能を実行または容易化するように構成された、実行サーバまたはパーソナルコンピュータなどの実施例での使用に適したコンピュータ装置例を有するコンピューティング環境例を図示する。コンピューティング環境１３００におけるコンピュータ装置１３０５は、１つ以上の処理部、コア、またはプロセッサ１３１０、メモリ１３１５（例えば、ＲＡＭ、ＲＯＭ、および／または同様のもの）、内部ストレージ１３２０（例えば、磁気、光学、固体ストレージ、および／または有機）、および／または入出力インタフェース１３２５を含んでもよく、そのうちのいくつかは情報を通信するために通信機構またはバス１３３０上で接続されもてよく、コンピュータ装置１３０５に埋め込まれてもよい。

[0077] コンピュータ装置１３０５は、入力／ユーザインタフェース１３３５および出力装置／インタフェース１３４０と通信可能に接続されてもよい。入力／ユーザインタフェース１３３５および出力装置／インタフェース１３４０の一方または両方は有線または無線インタフェースでもよく、脱着可能でもよい。入力／ユーザインタフェース１３３５は、入力を供給するために使用可能な、物理的または仮想の装置、構成要素、センサ、またはインタフェース（例えば、ボタン、タッチスクリーンインタフェース、キーボード、ポインティング／カーソル制御、マイク、カメラ、ブレイユ、動きセンサ、光学読取装置、および／または同様のもの）を含んでもよい。出力装置／インタフェース１３４０は、ディスプレイ、テレビ、モニタ、印刷装置、スピーカ、ブレイユなどを含んでもよい。いくつかの実施例において、入力／ユーザインタフェース１３３５および出力装置／インタフェース１３４０は、コンピュータ装置１３０５に埋め込まれてもよく、または物理的に接続され得る。他の実施例において、他のコンピュータ装置はコンピュータ装置１３０５用の入力／ユーザインタフェース１３３５および出力装置／インタフェース１３４０として機能してもよく、その機能を提供してもよい。タッチスクリーンディスプレイ、テレビディスプレイまたは他の形態のディスプレイを含む実施例において、ディスプレイはユーザインタフェースを提供するように

構成される。

[0078] コンピュータ装置１３０５の例は、高可動性装置（スマートフォン、車両および他の機械内の装置、人間および動物によって運ばれる装置など）、可動性装置（例えば、タブレット、ノートブック、ラップトップ、パーソナルコンピュータ、ポータブルテレビ、ラジオなど）、および可動性のために設計されていない装置（例えば、デスクトップコンピュータ、他のコンピュータ、情報キオスク、１つ以上のプロセッサが埋め込まれた、および／またはそこに接続されたテレビ、ラジオなど）を含んでもよいが、それに限定されない。

[0079] コンピュータ装置１３０５は、同様または異なる構成の１つ以上のコンピュータ装置を含む、いずれかの数のネットワーク化された構成要素、装置およびシステムと通信するための外部ストレージ１３４５およびネットワーク１３５０に通信可能に接続され得る（例えば、入出力インタフェース１３２５を介する）。コンピュータ装置１３０５またはいずれかの接続されたコンピュータ装置は、サーバ、クライアント、シンサーバ、汎用マシン、特化型マシン、または他のラベルとして機能でき、それらのサービスを提供でき、またはそのように呼ばれることが可能である。

[0080] 入出力インタフェース１３２５は、コンピューティング環境１３００における少なくともすべての接続された構成要素、装置、およびネットワーク間での情報を通信するための通信または入出力プロトコルまたは標準（例えばイーサネット、８０２．１１ｘ、ユニバーサルシステムバス、ＷｉＭａｘ、モデム、セルラーネットワークプロトコルなど）を使用した有線および／または無線インタフェースを含み得るが、それに限定されない。ネットワーク１３５０は任意のネットワークまたはネットワークの組み合わせでもよい（例えば、インターネット、ローカルエリアネットワーク、ワイドエリアネットワーク、電話ネットワーク、セルラーネットワーク、衛星ネットワークなど）。

[0081] コンピュータ装置１３０５は、一時媒体および非一時媒体を含むコンピュ

ータ使用可能またはコンピュータ可読媒体を使用することができ、および／またはそれを使用して通信することができる。一時媒体は、伝送媒体（例えば金属ケーブル、光ファイバ）、信号、搬送波などを含む。非一時媒体は、磁気媒体（例えばディスクおよびテープ）、光媒体（例えばＣＤ ＲＯＭ、デジタルビデオディスク、Ｂｌｕ－ｒａｙディスク）、固体媒体（例えばＲＡＭ、ＲＯＭ、フラッシュメモリ、固体ストレージ）、およびその他の不揮発性記憶装置またはメモリを含む。

[0082] コンピュータ装置１３０５は、いくつかのコンピューティング環境例において、技術、方法、アプリケーション、処理、またはコンピュータ実行可能な命令を実現するために使用できる。コンピュータ実行可能な命令は、一時媒体から取り出して、非一時媒体上に格納して、それから取り出すことができる。実行可能な命令は、プログラミング、スクリプティングおよび機械語（例えばC、Ｃ＋＋、Ｃ#、Ｊａｖａ、Ｖｉｓｕａｌ Ｂａｓｉｃ、Ｐｙｔｈｏｎ、Ｐｅｒｌ、ＪａｖａＳｃｒｉｐｔなど）のうちの１つ以上からなってもよい。

[0083] メモリ１３１５は、図２、３、５、９に図示したようなデータなどの処理対象のデータとともに、例えば図１１のフローに記載するようなプロセッサ１３１０によって実行されるアルゴリズムを格納または管理するように構成されてよい。本明細書に記載するような実施例は、所望の実装に応じて単体で実行されてもよく、互いに組み合わされて実行されてもよいが、特定の実施例に限定されない。

[0084] プロセッサ１３１０は、ネイティブ環境または仮想環境において、任意のオペレーティングシステム（ＯＳ）（不図示）の下で実行することができる。論理部１３６０、アプリケーションプログラミングインタフェース（ＡＰＩ）部１３６５、入力部１３７０、出力部１３７５、異なる部が互いに通信したり、ＯＳと通信したり、他のアプリケーション（不図示）と通信したりするための部間通信機構１３９５を含む１つ以上のアプリケーションが配備され得る。記載された部および要素は、設計、機能、構成、または実装にお

いて変更可能であり、説明の内容に限定されない。プロセッサ１３１０は、メモリ１３１５からロードされた命令を実行するように構成された物理的プロセッサまたは中央演算装置（ＣＰＵ）の形態をとり得る。

[0085] いくつかの実施例では、ＡＰＩ部１３６５は、情報または実行命令を受信すると、１つ以上の他の部（例えば、論理部１３６０、入力部１３７０、出力部１３７５）と通信を行ってもよい。いくつかの例では、上述したいくつかの実施例において、論理部１３６０は部間での情報フローを制御してＡＰＩ部１３６５、入力部１３７０、出力部１３７５によって提供されるサービスを渡すように構成されてもよい。例えば、１つ以上のプロセスまたは実装のフローは、論理部１３６０単体で制御されもよく、またはＡＰＩ部１３６５と協働して制御されてもよい。入力部１３７０は、上記の実施例で説明した演算のための入力を取得するように構成されてもよく、出力部１３７５は、実施例において説明した演算に基づいて出力を供給するように構成されてもよい。

[0086] 実施例において、プロセッサ１３１０は、複数のシミュレーションエンジンが関わる協調シミュレーションの実行中に複数のシミュレーションエンジンのインタフェース（Ｉ／Ｆ）通信アクティビティレコードを格納し、その協調シミュレーションの後続の再実行のために、複数のシミュレーションエンジンのうちの１つ以上を、シミュレーションエンジンリピータと置き換えるように構成可能であり、シミュレーションエンジンリピータは、図４～６に図示したような協調シミュレーションの後続の再実行中に複数のシミュレーションエンジンのうちの置き換えられた１つ以上に対応する格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成される。

[0087] 実施例において、プロセッサ１３１０は複数のシミュレーションエンジンのそれぞれに対するシミュレーションライセンスを取得することによって協調シミュレーションを実行するように構成されてもよく、その場合、協調シミュレーションの後続の再実行は、図４～６で記載したような複数のシミュ

レーションエンジンの置き換えられた１つ以上以外の複数のシミュレーションエンジンのそれぞれのためにシミュレーションライセンスを取得することを含む。リピータはライセンスを必要としないため、リピータのためのシミュレーションライセンスは取得される必要はなく、所望の実装に応じて他の目的のために使用できる。

[0088] 実施例において、複数のシミュレーションエンジンの少なくともサブセットは、同一のシミュレーションエンジンのインスタンスである。例えば、シミュレーションエンジンは、所望の実装に応じて、ＶＤＫ、Ｓａｂｅｒ、Ｍａｔｌａｂ、またはその他のシミュレーションエンジンのインスタンス上で実行され得る。しかしながら、いくつかの実装において、同一のシミュレーションエンジンの複数のインスタンスを実行したい場合がある（例えばＭａｔｌａｂの複数のインスタンスを実行）。そのような実装では、シミュレーションは同一のシミュレーションエンジンのインスタンスを含む場合があるが、その場合、リピータは所望の実装に応じて同一のシミュレーションエンジンのインスタンスのいくつかまたはすべてに対して使用可能である。

[0089] 所望の実装に応じて、プロセッサ１３１０は協調シミュレーション中にバックグラウンドでソフトウェアアプリケーションを実行し、その場合、複数のシミュレーションエンジンのうちの１つ以上のＩ／Ｆ通信アクティビティレコードの格納はそのソフトウェアアプリケーションによって実行される。そのような一実施例において、スタンドアロンのソフトウェアアプリケーションは、図６に図示するような再現のために、複数のシミュレーションエンジンのうちの置き換えられた１つ以上に対応する格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからのＩ／Ｆ通信アクティビティレコードをシミュレーションエンジンリピータに対して供給する。

[0090] 所望の実装に応じて、シミュレーションエンジンは、図７に図示するようにＩ／Ｆ通信アクティビティの格納を実行する機能を有してもよい。そのような実装において、シミュレーションエンジンはその機能を実行するように指示されることが可能であり、それによって複数のシミュレーションエンジ

ンのうちの１つ以上のＩ／Ｆ通信アクティビティの格納は、複数のシミュレーションエンジンのうちの対応する１つ以上によって実行される。

[0091] 所望の実装に応じて、プロセッサ１３１０の機能は、図１２において図示するように、専用のハードウェアシステムにおいても実装可能である。そのような実施例において、プログラマブルチップアレイ１２０１は、複数のシミュレーションエンジンのうちの置き換えられた１つ以上に対応するＩ／Ｆ通信アクティビティレコードの格納を実行するように構成されてプログラミングされた専用のハードウェアを含み、その場合、その専用のハードウェアシステムは、再現のため、複数のシミュレーションエンジンのうちの置き換えられた１つ以上に対応する格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからのＩ／Ｆ通信アクティビティレコードをシミュレーションエンジンリピータに対して供給する。

[0092] さらに、所望の実装に応じて、リピータはシミュレーションのサブセットのみに対して実行可能であり、その後、シミュレーションエンジンはシミュレーションの残りの期間において連動する。例えば、所望の実装により、上記タイミングチャートからのシミュレーションの複数のタイムスタンプのサブセットは、インタフェースの使用によってリピータの利用のために指定可能である。複数のタイムスタンプのサブセットが指定されると、複数のシミュレーションエンジンのうちの１つ以上はシミュレーションエンジンリピータと置き換えられ、このシミュレーションエンジンリピータは、複数のタイムスタンプのサブセットによって示された時間における協調シミュレーションの後続の再実行時に複数のシミュレーションエンジンの置き換えられた１つ以上に対応する格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成される。そのような実施例において、所望の実装に応じて、リピータは、シミュレーションのための時間のサブセットにおいて連動される。

[0093] 本開示において記載するように、本明細書に記載の実施例により、デバッグ処理のための１つの対象シミュレータのみ再び呼び出す必要があり、以前

の協調シミュレーションの再実行時には残りのシミュレータはリピータと置き換えられる。

[0094] 協調シミュレーション実行処理能力の観点からすると、協調シミュレーションプラットフォームにおけるシミュレータのサブセットのみを呼び出して、プラットフォームの残りは実行サーバからの少ない演算リソースを必要とするリピータと置き換えられるため、協調シミュレーション再実行速度は速くなると考えられる。

[0095] さらに、ライセンス管理の観点からすると、協調シミュレーションプラットフォームにおけるシミュレータのサブセットのみが実行ライセンスを必要とし、プラットフォームの残りはそのような実行ライセンスを必要としないリピータと置き換えられるため、再実行のために必要とされるライセンスの数は減少する。それによって、そのようなシミュレータのための実行ライセンスは、他のシミュレーションのために利用することができる。

[0096] 上述したシミュレータはインタラクティブなＩ／Ｆ通信を伴う協調実行機能を有する任意の種類のアプリケーションソフトウェアと置き換えられることが可能であるため、上記の協調シミュレーション方法論はソフトウェアおよびハードウェア開発シーンの両方に使用可能であり、ファームウェア開発および制御論理設計などの領域に限定されない。

[0097] 本明細書でシミュレーションエンジンに関して実施例を説明したが、Ｉ／Ｆ通信アクティビティを実現し協調実行されることが可能な一般的なソフトウェアアプリケーションに拡張可能である。そのようなソフトウェアアプリケーションの例は、独自開発のデータベースからデータを取り出すように構成されたデータベースアプリケーション、デバッグ処理トレースソフトウェア、所望の実装に応じて外部接続を介してデータを取り出して供給するイーサネットまたはインターネットに接続したアプリケーションを含み得るが、それに限定されない。したがって、そのソフトウェアアプリケーションは、本明細書で説明する実施例によりそのようなＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成されたソフトウェアアプリケーションリピータに置き換え

てもよく、対応するライセンスはそのようなソフトウェアアプリケーションのライセンスを管理するライセンシングサーバから取り出されることが可能である。また、ソフトウェアアプリケーションは、シミュレーションエンジンと同時に実行可能であり（例えば、独自開発のデータベースからシミュレーションエンジンへデータを取り出して供給するソフトウェアアプリケーション）、またはその協調実行はソフトウェアアプリケーションのみが関わってもよく、そうでない場合は所望の実装に従う。

[0098] 上記の詳細な説明の一部はコンピュータ内の動作のアルゴリズムおよび記号表現に関して提示されている。これらのアルゴリズム記載および記号表現は、データ処理業界の当業者が他の当業者に対して新規技術の要旨を伝えるための手段である。アルゴリズムは、所望の終了状態または結果へと導く一連の定義された工程である。実施例において、それらの実行される工程は、有形の結果を達成するために有形の量の物理的操作を必要とする。

[0099] 特記しない限り、上記説明から明らかなように、本明細書全体において「処理」、「演算」、「計算」、「決定」、「表示」などを使用した説明は、コンピュータシステムのレジスタおよびメモリ内の物理的（電気的）量として表わされるデータを、コンピュータシステムのメモリまたはレジスタまたはその他の情報格納装置、伝送装置または表示装置内の物理的量として同様に表わされる他のデータに操作および変換するコンピュータシステムまたはその他の情報処理装置の動作および処理を含み得ることが理解される。

[0100] 実施例は、本明細書における動作を実行する装置にも関する。この装置は、要求される目的に応じて特別に構築されてもよく、または１つ以上のコンピュータプログラムによって選択的に活性化または再構成される１つ以上の汎用コンピュータを含んでもよい。そのようなコンピュータプログラムは、コンピュータ可読格納媒体またはコンピュータ可読信号媒体などのコンピュータ可読媒体に格納されてもよい。コンピュータ可読格納媒体は、光学ディスク、磁気ディスク、読取専用メモリ、ランダムアクセスメモリ、固体装置およびドライブ、または電子情報格納するのに適した有形または非一時媒体

の任意の他の種類の有形の媒体を含んでもよいが、それに限定されない。コンピュータ可読信号媒体は、搬送波などの媒体を含んでもよい。本明細書で提示されるアルゴリズムおよび表示は、特定のコンピュータまたはその他の装置に本質的に関係しない。コンピュータプログラムは、所望の実装の動作を実行する命令を含む純粋なソフトウェア実装を含み得る。

[0101] 本明細書の例に応じて様々な汎用システムをプログラムおよびモジュールとともに使用してもよく、または所望の方法の工程を実行するように特化型装置を構築することが便利な場合もある。さらに、実施例は、特定のプログラミング言語を参照して説明されない。様々なプログラミング言語を使用して本明細書に記載の実施例の教示を実装可能であることは理解されるであろう。プログラミング言語の命令は、例えば中央演算装置（ＣＰＵ）、プロセッサ、または制御装置などの１つ以上の処理装置によって実行可能である。

[0102] 当業界で既知なように、上述の動作は、ハードウェア、ソフトウェア、またはソフトウェアおよびハードウェアの任意の組み合わせによって実行可能である。上記実施例の様々な態様は回路および論理装置（ハードウェア）を使用して実装可能である一方、他の態様は、機械可読媒体（ソフトウェア）上に格納された命令を使用して実装可能であり、命令は、プロセッサによって実行されると、プロセッサに本願の実装を実行する方法を実行させる。さらに、本願のいくつかの実施例はハードウェアのみによって実行されてもよい一方、他の実施例はソフトウェアのみによって実行されてもよい。さらに、上述した様々な機能は単体で実行可能であり、または任意の数の方法で複数の構成要素に分散実行可能である。ソフトウェアによって実行される場合、コンピュータ可読媒体上に格納された命令に基づいて、汎用コンピュータなどのプロセッサによって上記方法が実行されてもよい。所望の場合、命令は圧縮および／または暗号化形式で上記媒体上に格納可能である。

[0103] さらに、本願の他の実装は、本願の教示の明細書および実行を考慮することにより当業者にとって明らかであろう。上述の実施例の様々な態様および／または構成要素は単体または任意の組み合わせで使用可能である。本明細

書および実施例は例として考慮されることを意図しており、本願の真の範囲および趣旨は以下の特許請求の範囲によって示される。

符号の説明

[0104] １００　ライセンスサーバ

１０１　シミュレータライセンスストレージ

１０２　ライセンス割り当てプロシージャ

１０５　協調シミュレーションバス

１１１　シミュレータ１

１１２　シミュレータ１Ｉ／Ｆ（出力）

１１３　シミュレータ１Ｉ／Ｆ（入力）

１１５　Ｉ／Ｆトレース１

１２１　シミュレータ２

１２２　シミュレータ２Ｉ／Ｆ（出力）

１２３　シミュレータ２Ｉ／Ｆ（入力）

１２５　Ｉ／Ｆトレース２

１３１　シミュレータ３

１３２　シミュレータ３Ｉ／Ｆ（出力）

１３３　シミュレータ３Ｉ／Ｆ（入力）

１３５　Ｉ／Ｆトレース３

２２１　リピータ２

２２２　シミュレータリピータ２Ｉ／Ｆ（出力）

２２３　シミュレータリピータ２Ｉ／Ｆ（入力）

２３２　シミュレータリピータ３Ｉ／Ｆ（出力）

２３３　シミュレータリピータ３Ｉ／Ｆ（入力）

請求の範囲

[請求項1] 複数のシミュレーションエンジンが関わる協調シミュレーションの実行中に前記複数のシミュレーションエンジンのインタフェース（Ｉ／Ｆ）通信アクティビティレコードを格納し、

前記協調シミュレーションの後続の再実行のために、前記複数のシミュレーションエンジンのうちの１つ以上をシミュレーションエンジンリピータと置き換えることを含む方法であって、前記シミュレーションエンジンリピータは前記協調シミュレーションの後続の再実行中に前記複数のシミュレーションエンジンのうちの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成される方法。

[請求項2] 前記協調シミュレーションの前記実行は、前記複数のシミュレーションエンジンのそれぞれに対してシミュレーションライセンスを取得することを含み、

前記協調シミュレーションの前記後続の再実行は、前記複数のシミュレーションエンジンのうちの前記置き換えられた１つ以上以外の前記複数のシミュレーションエンジンのそれぞれに対するシミュレーションライセンスを取得することを含む請求項１に記載の方法。

[請求項3] 前記複数のシミュレーションエンジンの少なくともサブセットは、同一のシミュレーションエンジンのインスタンスである請求項１に記載の方法。

[請求項4] 前記複数のシミュレーションエンジンのうちの前記１つ以上の前記Ｉ／Ｆ通信アクティビティレコードの前記格納は、前記協調シミュレーション中にバックグラウンドにおいて実行されるソフトウェアアプリケーションによって実行され、

再現のために、前記ソフトウェアアプリケーションは、前記複数のシミュレーションエンジンのうちの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからの前記

Ｉ／Ｆ通信アクティビティレコードを前記シミュレーションエンジンリピータに供給する請求項１に記載の方法。

[請求項5] 前記複数のシミュレーションエンジンのうちの前記１つ以上の前記Ｉ／Ｆ通信アクティビティの前記格納は、前記複数のシミュレーションエンジンのうちの対応する１つ以上によって実行される請求項１に記載の方法。

[請求項6] 前記複数のシミュレーションエンジンのうちの前記１つ以上は、専用のハードウェアシステムに接続されたＩ／Ｆバスによって相互接続され、前記専用のハードウェアシステムは前記複数のシミュレーションエンジンのうちの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記Ｉ／Ｆ通信アクティビティレコードの前記格納を実行するように構成され、

再現のため、前記専用のハードウェアシステムは、前記複数のシミュレーションエンジンの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからの前記Ｉ／Ｆ通信アクティビティレコードを前記シミュレーションエンジンリピータに供給する請求項１に記載の方法。

[請求項7] 複数のソフトウェアアプリケーションの協調実行中にインタフェース（Ｉ／Ｆ）を介して別のソフトウェアアプリケーションと通信する複数のソフトウェアアプリケーションのＩ／Ｆ通信アクティビティレコードを格納し、

後続の協調再実行のために、前記複数のソフトウェアアプリケーションのうちの１つ以上をソフトウェアアプリケーションリピータと置き換えることを含む方法であって、前記ソフトウェアアプリケーションリピータは前記後続の協調再実行中に前記複数のソフトウェアアプリケーションの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成される方法。

[請求項8] 前記協調実行は、前記複数のソフトウェアアプリケーションのそれぞれに対するソフトウェアライセンスを取得することを含み、

前記後続の協調再実行は、前記複数のソフトウェアアプリケーションの前記置き換えられた１つ以上以外の前記複数のソフトウェアアプリケーションのそれぞれに対するソフトウェアライセンスを取得することを含む請求項７に記載の方法。

[請求項9] 前記複数のソフトウェアアプリケーションの少なくともサブセットは同一のソフトウェアアプリケーションのインスタンスである請求項７に記載の方法。

[請求項10] 前記複数のソフトウェアアプリケーションのうちの前記１つ以上の前記Ｉ／Ｆ通信アクティビティレコードの前記格納は、前記協調シミュレーション中にバックグラウンドにおいて実行される別のソフトウェアアプリケーションによって実行され、

再現のために、前記別のソフトウェアアプリケーションは、前記複数のソフトウェアアプリケーションのうちの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからの前記Ｉ／Ｆ通信アクティビティレコードを前記ソフトウェアアプリケーションリピータに供給する請求項７に記載の方法。

[請求項11] 前記複数のソフトウェアアプリケーションのうちの前記１つ以上の前記Ｉ／Ｆ通信アクティビティの前記格納は、前記複数のソフトウェアアプリケーションの対応する１つ以上によって実行される請求項７に記載の方法。

[請求項12] 前記複数のソフトウェアアプリケーションのうちの前記１つ以上は、専用のハードウェアシステムに接続されるＩ／Ｆバスによって相互接続され、前記専用のハードウェアシステムは、前記複数のソフトウェアアプリケーションの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記Ｉ／Ｆ通信アクティビティレコードの前記格納を実行するように構成され、

再現のために、前記専用のハードウェアシステムは、前記複数のソフトウェアアプリケーションのうちの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからの前記Ｉ／Ｆ通信アクティビティレコードを前記ソフトウェアアプリケーションリピータに供給する請求項７に記載の方法。

[請求項13] 複数のシミュレーションエンジンが関わる協調シミュレーションの実行中に前記複数のシミュレーションエンジンのインタフェース（Ｉ／Ｆ）通信アクティビティレコードを格納し、前記通信アクティビティレコードは複数のタイムスタンプと関連付けられ、

前記複数のタイムスタンプのサブセットにおいて前記複数のシミュレーションエンジンのうちの１つ以上をシミュレーションエンジンリピータと置き換えることを表わす前記協調シミュレーションの後続の再実行のために、前記複数のシミュレーションエンジンの前記１つ以上を前記シミュレーションエンジンリピータと置き換え、前記シミュレーションエンジンリピータは、前記複数のタイムスタンプの前記サブセットによって表わされる時間における前記協調シミュレーションの前記後続の再実行中に前記複数のシミュレーションエンジンの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからＩ／Ｆ通信アクティビティを再現するように構成され、

前記協調シミュレーションの前記後続の再実行中の前記複数のタイムスタンプの前記サブセット以外の別の時間において前記複数のシミュレーションエンジンのうちの１つ以上を実行する方法。

[請求項14] 前記協調シミュレーションの前記実行は、前記複数のシミュレーションエンジンのそれぞれに対するシミュレーションライセンスを取得することを含み、

前記協調シミュレーションの前記後続の再実行は、前記複数のタイムスタンプの前記サブセットによって表わされる時間における前記複

数のシミュレーションエンジンのうちの前記置き換えられた１つ以上以外の複数のシミュレーションエンジンのそれぞれに対する前記シミュレーションライセンスを取得することを含む請求項１３に記載の方法。

[請求項15] 前記複数のシミュレーションエンジンの少なくともサブセットは同一のシミュレーションエンジンのインスタンスである請求項１３に記載の方法。

[請求項16] 前記複数のシミュレーションエンジンのうちの前記１つ以上の前記Ｉ／Ｆ通信アクティビティレコードの前記格納は、前記協調シミュレーション中にバックグラウンドにおいて実行されるソフトウェアアプリケーションによって実行され、

再現のために、前記複数のタイムスタンプの前記サブセットによって表わされる時間において、前記ソフトウェアアプリケーションは前記複数のシミュレーションエンジンの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからの前記Ｉ／Ｆ通信アクティビティレコードを前記シミュレーションエンジンリピータに供給する請求項１３に記載の方法。

[請求項17] 前記複数のシミュレーションエンジンのうちの前記１つ以上の前記Ｉ／Ｆ通信アクティビティの前記格納は、前記複数のシミュレーションエンジンのうちの対応する１つ以上によって実行される請求項１３に記載の方法。

[請求項18] 前記複数のシミュレーションエンジンのうちの前記１つ以上は専用のハードウェアシステムに接続されるＩ／Ｆバスによって相互接続され、前記専用のハードウェアシステムは前記複数のシミュレーションエンジンの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記Ｉ／Ｆ通信アクティビティレコードの前記格納を実行するように構成され、

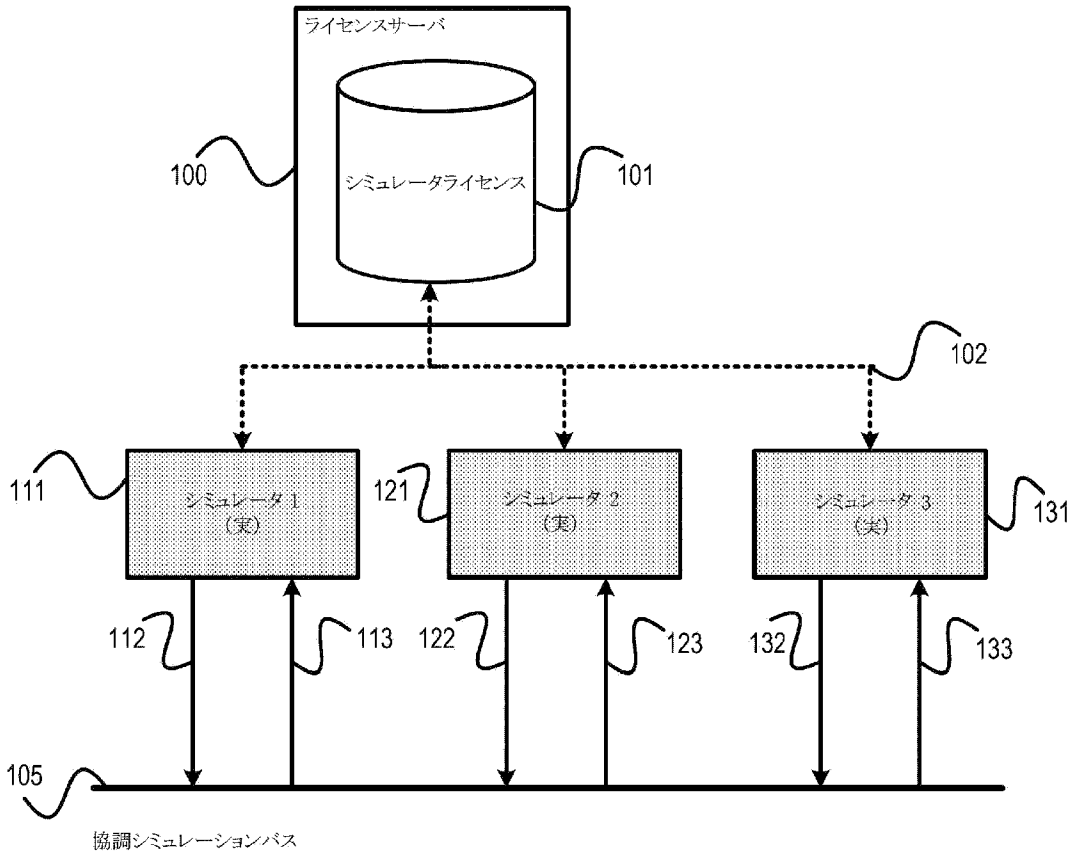
再現のため、前記複数のタイムスタンプの前記サブセットによって表わされる時間において、前記専用のハードウェアシステムは、前記

複数のシミュレーションエンジンのうちの前記置き換えられた１つ以上に対応する前記格納されたＩ／Ｆ通信アクティビティレコードからの前記Ｉ／Ｆ通信アクティビティレコードを前記シミュレーションエンジンリピータに供給する請求項１３に記載の方法。

[図1]

図 1

(関連技術)


ライセンスサーバ
シミュレータライセンス
100
101
102
111
シミュレータ 1
(実)
121
シミュレータ 2
(実)
131
シミュレータ 3
(実)
112
113
122
123
132
133
105
協調シミュレーションバス

[図2]

図 2

シミュレータライセンス管理表

ライセンス	残り
シミュレータ 1	1
シミュレータ 2	1
シミュレータ 3	1
シミュレータ 4	1

[図3]

図 3

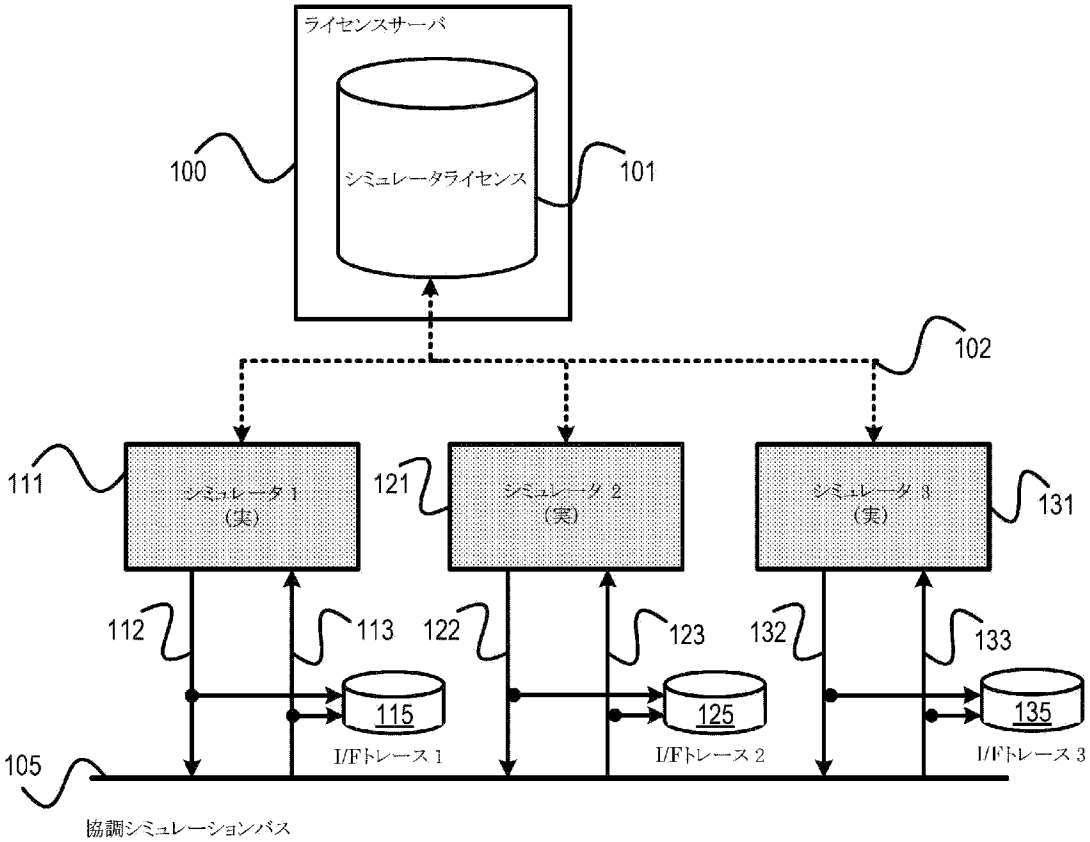
協調シミュレーションバス上のタイミングチャート

	シミュレータ 1	シミュレータ 2	シミュレータ 3
Sim time	112 113	122 123	132 133
0	S1o0 s1i0	S2o0 s2i0	S3o0 s3i0
1	S1o1 s1i1	S2o1 s2i1	S3o1 s3i1
2	S1o2 s1i2	S2o2 s2i2	S3o2 s3i2
…	… …	… …	… …
n	S1on s1in	S2on s2in	S3on s3in
…	… …	… …	… …

t

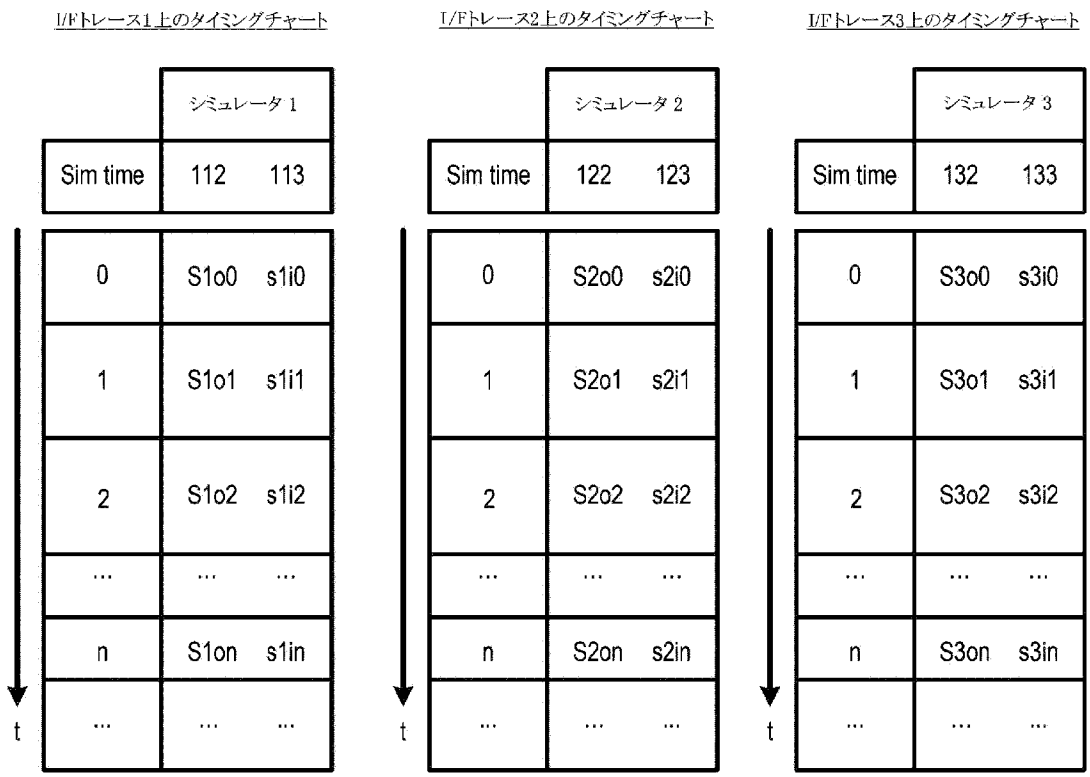
[図4]

図 4


ライセンスサーバ
100
シミュレータライセンス
101
102
111
シミュレータ 1
(実)
121
シミュレータ 2
(実)
131
シミュレータ 3
(実)
112
113
122
123
132
133
115
125
135
I/Fトレース 1
I/Fトレース 2
I/Fトレース 3
105
協調シミュレーションバス

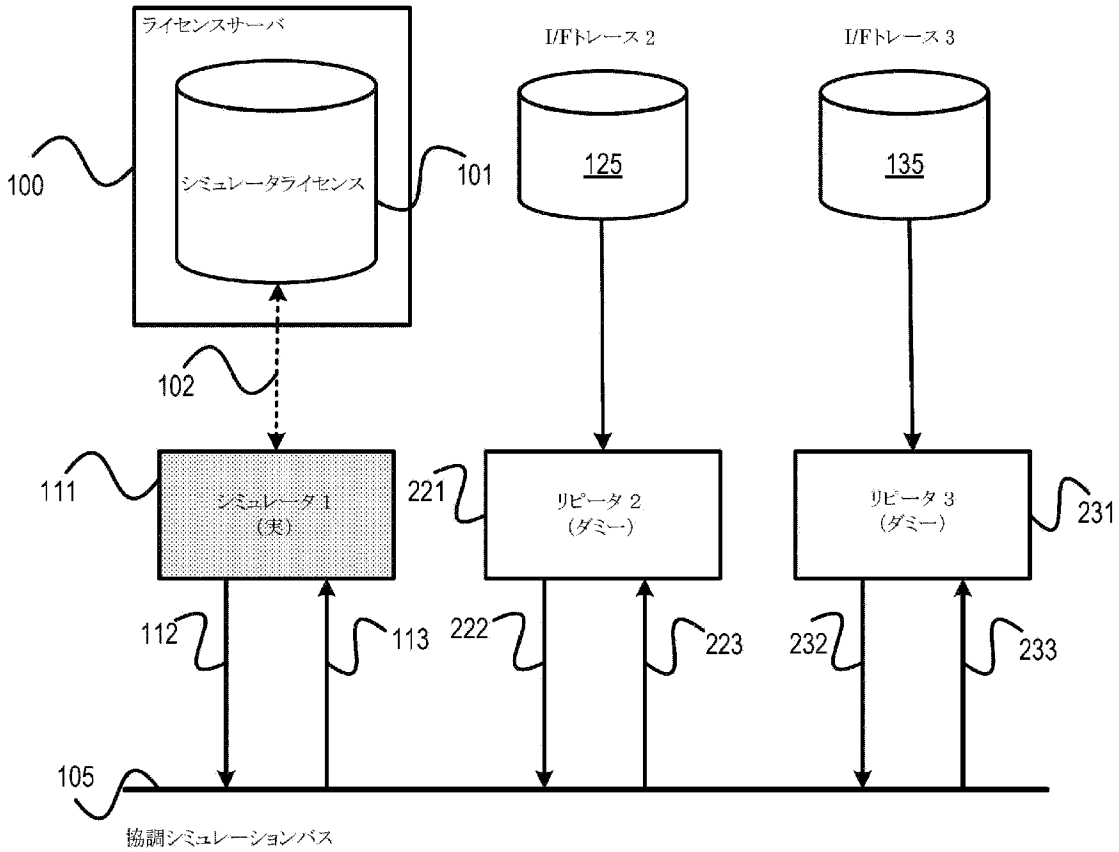
[図5]

図 5


I/Fトレース1上のタイミングチャート
シミュレータ 1
Sim time
112 113
0 S1o0 s1i0
1 S1o1 s1i1
2 S1o2 s1i2
… … …
n S1on s1in
… … …
t
I/Fトレース2上のタイミングチャート
シミュレータ 2
Sim time
122 123
0 S2o0 s2i0
1 S2o1 s2i1
2 S2o2 s2i2
… … …
n S2on s2in
… … …
t
I/Fトレース3上のタイミングチャート
シミュレータ 3
Sim time
132 133
0 S3o0 s3i0
1 S3o1 s3i1
2 S3o2 s3i2
… … …
n S3on s3in
… … …
t

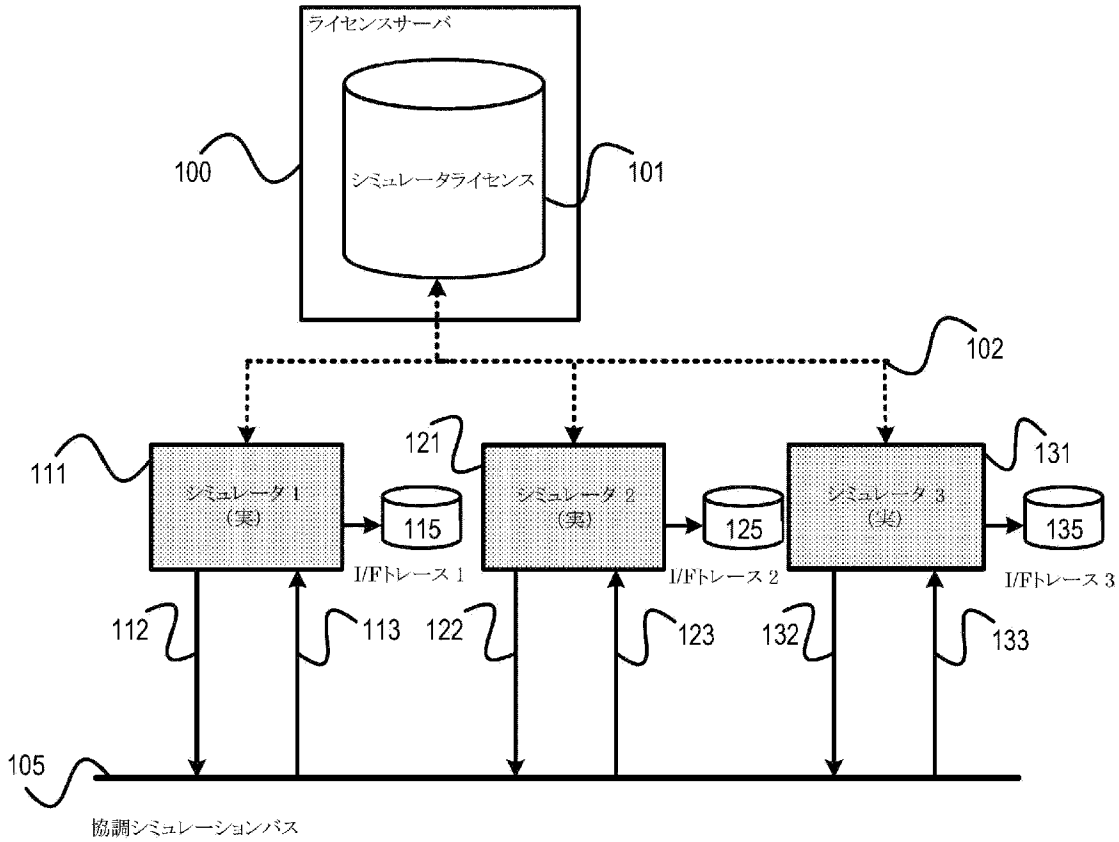
[図6]

図 6


ライセンスサーバ
シミュレータライセンス
100
101
I/Fトレース 2
125
I/Fトレース 3
135
102
111
シミュレータ 1
(実)
221
リピータ 2
(ダミー)
リピータ 3
(ダミー)
231
112
113
222
223
232
233
105
協調シミュレーションバス

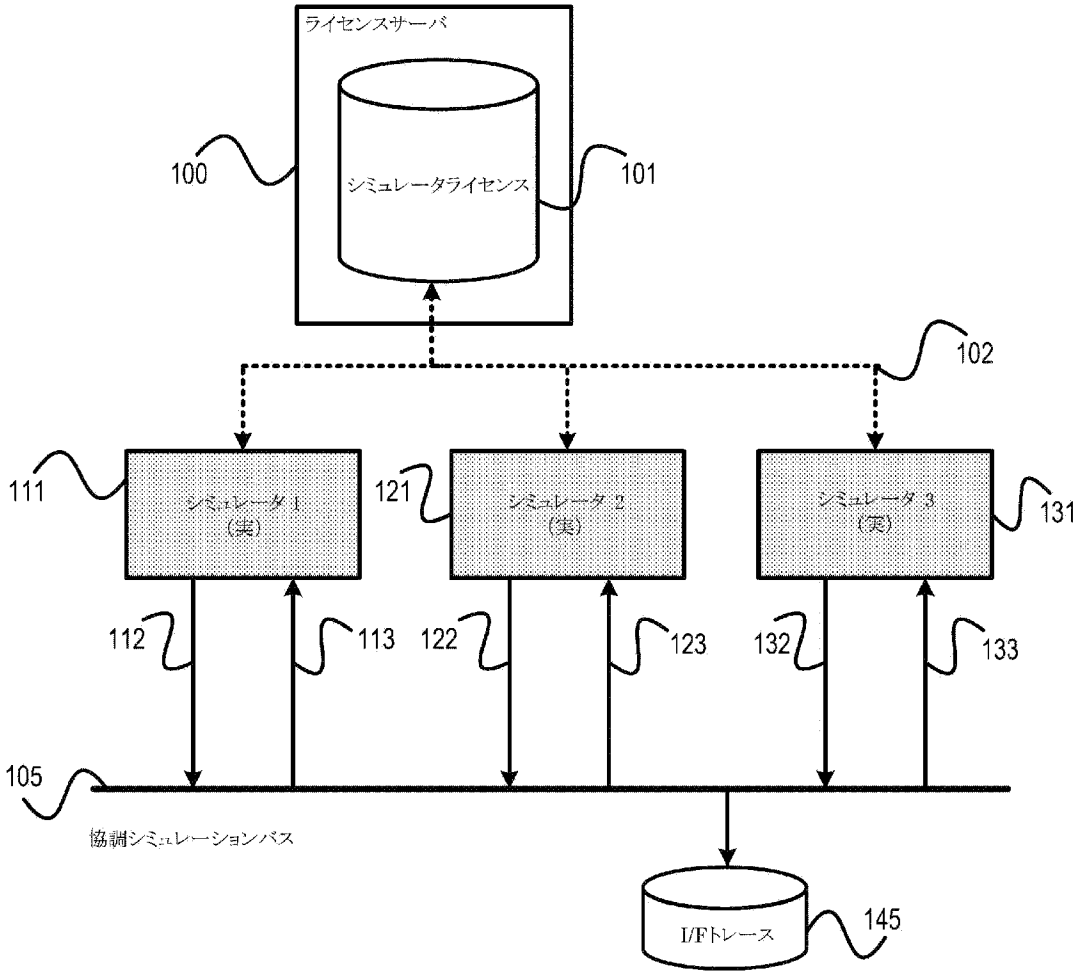
[図7]

図 7


ライセンスサーバ
100
シミュレータライセンス
101
102
111
シミュレータ 1
(実)
115
I/Fトレース 1
121
シミュレータ 2
(実)
125
I/Fトレース 2
131
シミュレータ 3
(実)
135
I/Fトレース 3
112
113
122
123
132
133
105
協調シミュレーションバス

[図8]

図 8


ライセンスサーバ
100
シミュレータライセンス
101
102
111
シミュレータ 1
(実)
121
シミュレータ 2
(実)
131
シミュレータ 3
(実)
112
113
122
123
132
133
105
協調シミュレーションバス
I/Fトレース
145

[図9]

図 9

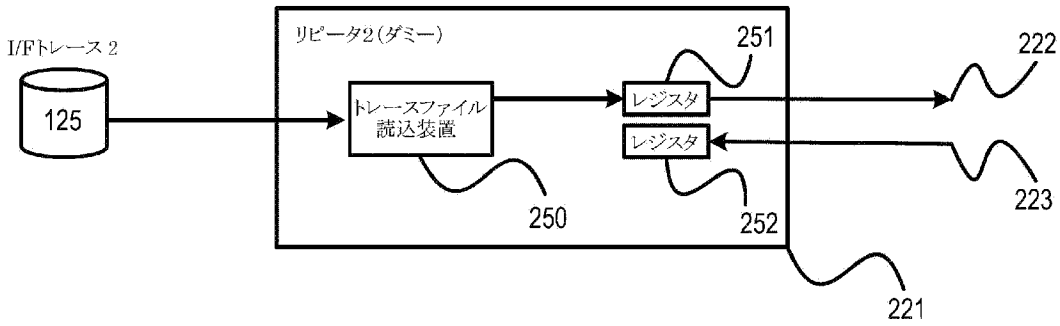
I/Fトレース上のタイミングチャート

	シミュレータ 1	シミュレータ 2	シミュレータ 3
Sim time	112 113	122 123	132 133
0	S1o0 s1i0	S2o0 s2i0	S3o0 s3i0
1	S1o1 s1i1	S2o1 s2i1	S3o1 s3i1
2	S1o2 s1i2	S2o2 s2i2	S3o2 s3i2
…	… …	… …	… …
n	S1on s1in	S2on s2in	S3on s3in
…	… …	… …	… …

t

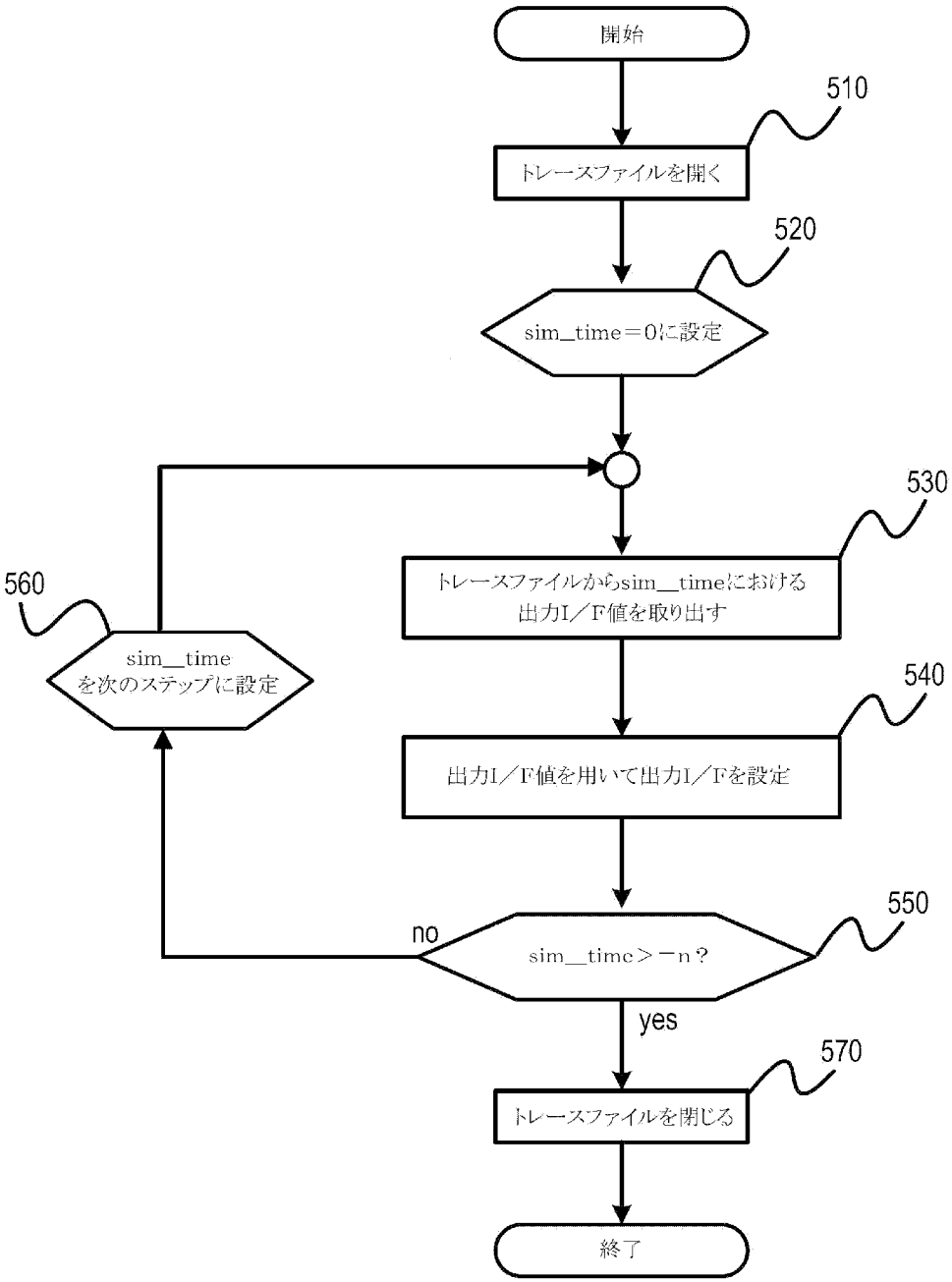
[図10]

図１０


I/Fトレース２
125
リピータ2(ダミー)
トレースファイル
読込装置
250
レジスタ
レジスタ
251
252
222
223
221

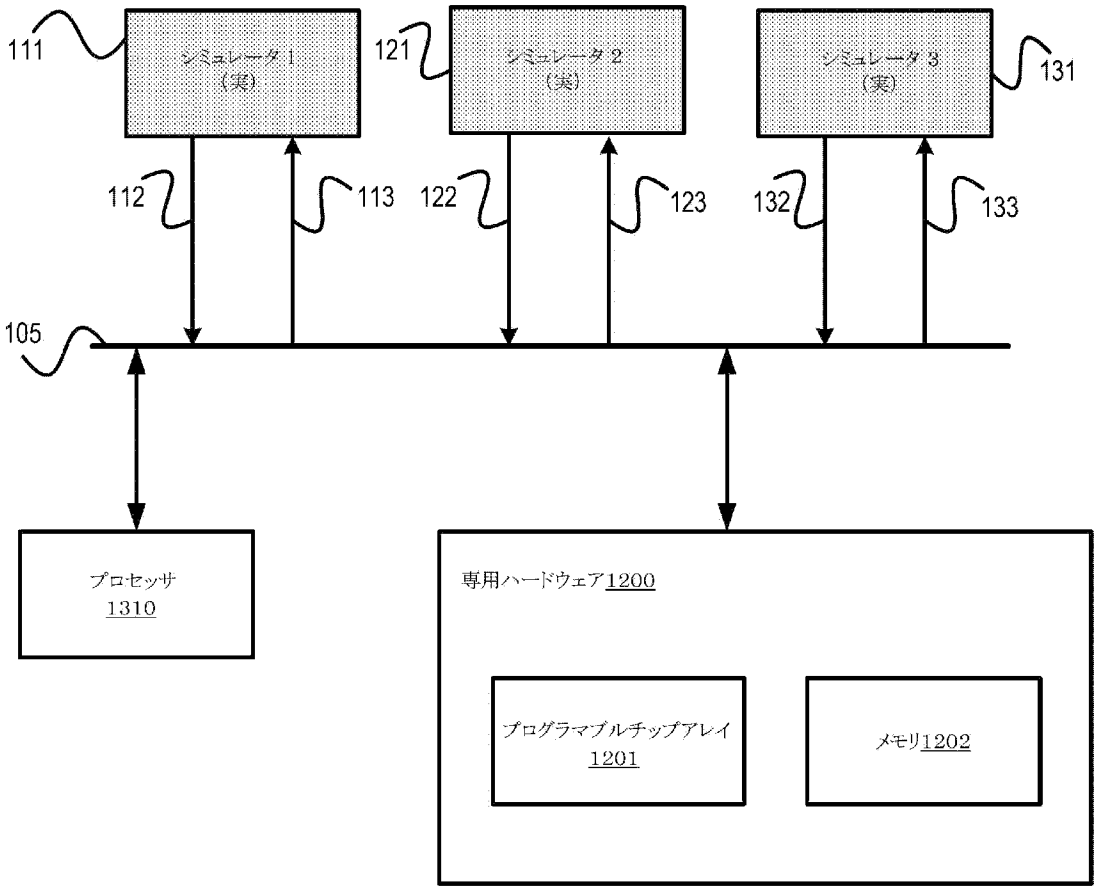
[図11]

図１１


開始
510
トレースファイルを開く
520
sim_time＝0に設定
530
トレースファイルからsim__timeにおける
出力I／F値を取り出す
540
出力I／F値を用いて出力I／Fを設定
550
sim__time＞－n？
no
yes
560
sim__time
を次のステップに設定
570
トレースファイルを閉じる
終了

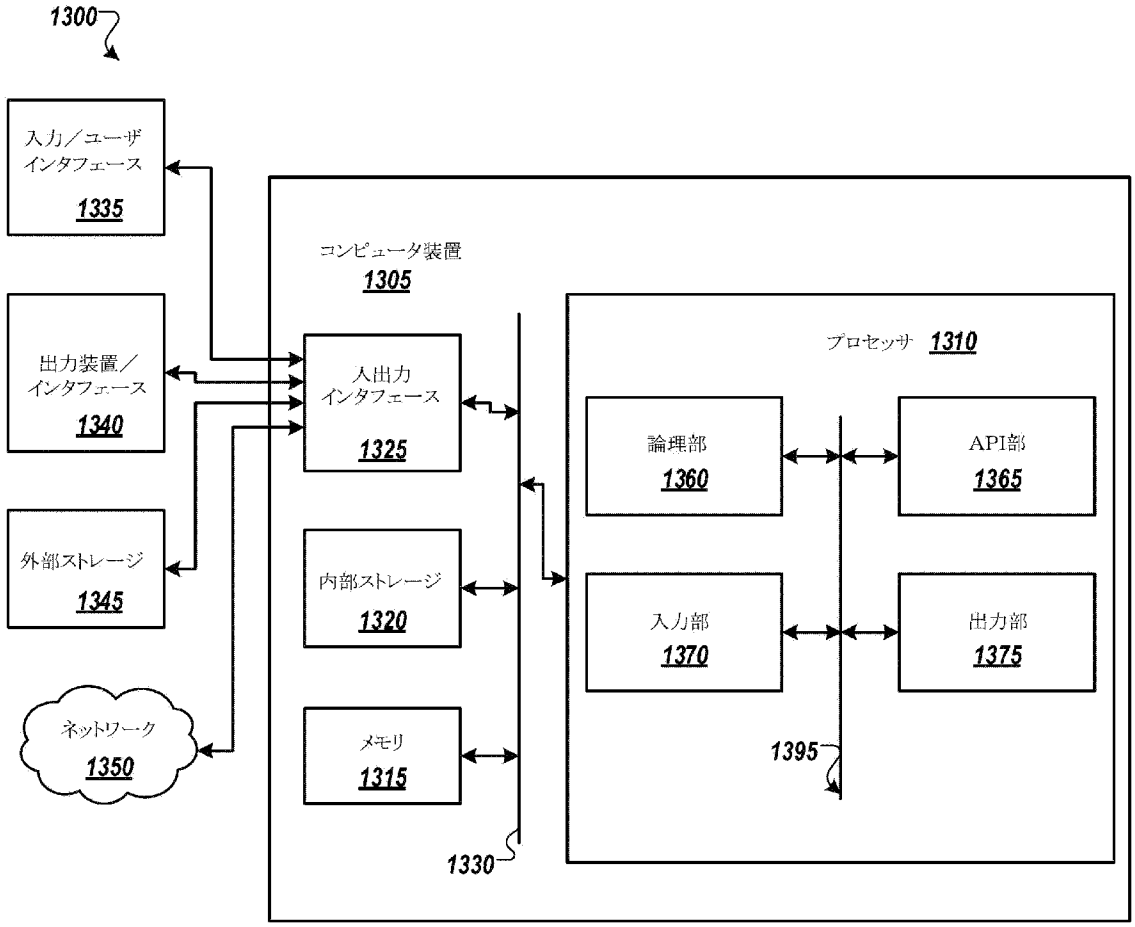
[図12]

図１２


111
シミュレータ１
（実）
121
シミュレータ２
（実）
シミュレータ３
（実）
131
112
113
122
123
132
133
105
プロセッサ
1310
専用ハードウェア1200
プログラマブルチップアレイ
1201
メモリ1202

[図13]

図１３


1300
入力／ユーザ
インタフェース
1335
出力装置／
インタフェース
1340
外部ストレージ
1345
ネットワーク
1350
コンピュータ装置
1305
入出力
インタフェース
1325
内部ストレージ
1320
メモリ
1315
1330
プロセッサ 1310
論理部
1360
API部
1365
入力部
1370
出力部
1375
1395

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/051344

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G06F11/36(2006.01)i
FI: G06F11/36164, G06F11/36196

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. G06F11/28-11/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 9-73425 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 18.03.1997 (1997-03-18), paragraphs [0020]-[0030], [0035], [0036], [0052], [0053], fig. 1-8, 13, 14, 27	7, 9-12 1-6, 8, 13-18
Y	JP 2000-268005 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 29.09.2000 (2000-09-29), paragraphs [0056]-[0090], [0194]-[0197], fig. 1-17, 52	1-6, 13-18
Y	JP 2012-164038 A (ELPIDA MEMORY INC.) 30.08.2012 (2012-08-30), paragraphs [0041], [0056]-[0058]	2, 8, 14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20.02.2020	03.03.2020

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2019/051344

JP 9-73425 A	18.03.1997	(Family: none)
JP 2000-268005 A	29.09.2000	(Family: none)
JP 2012-164038 A	30.08.2012	(Family: none)

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2019/051344

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G06F 11/36(2006.01)i
FI: G06F11/36 164; G06F11/36 196

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

G06F11/28-11/36

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 9-73425 A (三菱電機株式会社) 18.03.1997 (1997-03-18) 段落［００２０］－［００３０］，［００３５］－［００３６］，［００５２］－［００５３］，図１－８，１３－１４，２７	7,9-12
Y		1-6,8,13-18
Y	JP 2000-268005 A (三菱電機株式会社) 29.09.2000 (2000-09-29) 段落［００５６］－［００９０］，［０１９４］－［０１９７］，図１－１７，５２	1-6,13-18
Y	JP 2012-164038 A (エルピーダメモリ株式会社) 30.08.2012 (2012-08-30) 段落［００４１］，［００５６］－［００５８］	2,8,14

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊ 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
20.02.2020	03.03.2020

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）

杉浦　孝光 5B 5287

電話番号 03-3581-1101 内線 3545

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2019/051344

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 9-73425 A	18.03.1997	（ファミリーなし）	
JP 2000-268005 A	29.09.2000	（ファミリーなし）	
JP 2012-164038 A	30.08.2012	（ファミリーなし）	