

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4846885号

(P4846885)

(45) 発行日 平成23年12月28日(2011.12.28)

(24) 登録日 平成23年10月21日(2011.10.21)

(51) Int.Cl.

G 0 5 B 17/02 (2006.01)

F I

G 0 5 B 17/02

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願平9-536264	(73) 特許権者	507341301
(86) (22) 出願日	平成9年4月2日(1997.4.2)		エマソン プロセス マネージメント パ
(65) 公表番号	特表2000-508448(P2000-508448A)		ワー アンド ウォーター ソリューショ
(43) 公表日	平成12年7月4日(2000.7.4)		ンズ, インコーポレイテッド
(86) 国際出願番号	PCT/US1997/005259		アメリカ合衆国 1 5 2 3 8 ペンシルヴ
(87) 国際公開番号	W01997/038362		ァニア ピッツバーグ ベータ ドライブ
(87) 国際公開日	平成9年10月16日(1997.10.16)		2 0 0
審査請求日	平成16年4月1日(2004.4.1)	(74) 代理人	100088454
(31) 優先権主張番号	08/628,586		弁理士 加藤 紘一郎
(32) 優先日	平成8年4月4日(1996.4.4)	(72) 発明者	サントライン, リンダ, エル
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国, ペンシルベニア州 1 5
			1 2 9, ライブラリイ, メグオウン・ドラ
			イブ 1 2 4 5

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分散プロセス制御システムのための刺激型シミュレータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

分散プロセス制御システム(3)より制御されるプロセスの動作を該システムが実際に使用する複数の分散処理ユニット及びプロセス制御ソフトウェアを用いてシミュレーションするシミュレータ(1)であって、シミュレータは、
前記プロセスをエミュレーションし、制御信号にตอบสนองして前記プロセスのエミュレーションにより生ずるプロセスパラメータのセンサー値を表わすセンサー信号を与えるモデル化手段(19)と、
前記センサー信号を受けて記憶し、前記制御信号を出力するための入出力手段(53)及び記憶した前記センサー信号を実際のプロセス制御ソフトウェアにより使用されるプロセスパラメータ値に変換し、前記プロセスパラメータ値及びオペレータ信号にตอบสนองして前記実際のプロセス制御ソフトウェアにより前記制御信号を発生させるデジタル処理手段(49)を有する実際の複数の分散処理ユニット(5)と、
オペレータが前記オペレータ信号を発生させるためのオペレータコンソール(5)と、
前記複数の分散処理ユニット(5)間及び前記複数の分散処理ユニット(5)と、前記オペレータコンソール(5)の間の通信を行う通信手段(9)と、
前記複数の分散処理ユニット(5)のうちの各々と、前記モデル化手段(19)とに接続されて、前記モデル化手段からの前記センサー信号を前記複数の分散処理ユニットの入出力手段(53)へ送り、前記複数の分散処理ユニットからの前記制御信号を前記モデル化手段へ送るシミュレータワークステーション(23)から成る刺激手段とより成り、

10

20

前記複数の分散処理ユニット(5)のうちの各々のデジタル処理手段(49)は前記センサー信号を得るために前記入出力手段(53)を走査する所与の走査レートを有し、前記シミュレータワークステーション(23)は前記モデル化手段(19)からの前記センサー信号を前記複数の分散処理ユニット(5)のうちの各々の入出力手段(53)へ、少なくとも該分散処理ユニット(5)のデジタル処理手段(49)の所与の走査レートで送ることを特徴とする分散プロセス制御システムのシミュレータ(1)。

【請求項2】

前記シミュレータワークステーション(23)は、前記モデル化手段(19)からの前記センサー信号を、前記複数の分散処理ユニット(5)のうちの各々の入出力手段(53)へ、該分散処理ユニット(5)のデジタル処理手段(49)の所与の走査レートの選択された倍数であるレートで送る請求項1のシミュレータ(1)。

10

【請求項3】

前記モデル化手段(19)及び前記シミュレータワークステーション(23)はそれぞれ、前記センサー信号及び前記制御信号を反射メモリ(29)を通して前記シミュレータワークステーション及び前記モデル化手段へ送信する請求項1のシミュレータ(1)。

【請求項4】

前記刺激手段は、前記モデル化手段(19)による前記プロセスのシミュレーションを停止する手段と、前記センサー信号の前記複数の分散処理ユニット(5)への送信を中断させて該分散処理ユニット(5)のデジタル処理手段(49)による前記制御信号の発生を停止する手段とを含む請求項1のシミュレータ(1)。

20

【請求項5】

分散プロセス制御システム(3)より制御されるプロセスの動作を該システムが実際に使用する複数の分散処理ユニット及びプロセス制御ソフトウェアを用いてシミュレーションするシミュレータ(1)であって、シミュレータは、

前記プロセスをエミュレーションし、制御信号に応答して前記プロセスのエミュレーションにより生ずるプロセスパラメータのセンサー値を表わすセンサー信号を与えるモデル化手段(19)と、

各々が、所与の走査レートの前記センサー信号を用い、前記センサー信号及びオペレータ信号に応答して実際のプロセス制御ソフトウェアにより前記制御信号を発生させる手段を備えたデジタル処理手段(49)を有する複数の分散処理ユニット(5)と、

30

オペレータが前記オペレータ信号を発生させるためのオペレータコンソール(13)と、前記複数の分散処理ユニット(5)間及び前記複数の分散処理ユニット(5)と、前記オペレータコンソール(13)の間の通信を行う通信手段(9)と、

前記複数の分散処理ユニット(5)のうちの各々と、前記モデル化手段(19)とに接続されて、前記モデル化手段からの前記センサー信号を前記所与のレートで前記複数の分散処理ユニットのデジタル処理手段(49)へ送り、前記複数の分散処理ユニットからの前記制御信号を前記モデル化手段へ送るシミュレータワークステーション(23)から成る刺激手段とより成るシミュレータ(1)。

【請求項6】

前記モデル化手段(19)及び前記シミュレータワークステーション(23)はそれぞれ、前記センサー信号及び前記制御信号を反射メモリ(29)を通して前記シミュレータワークステーション及び前記モデル化手段へ送信する請求項5のシミュレータ(1)。

40

【請求項7】

前記複数の分散処理ユニット(5)はそれぞれ前記センサー信号を受ける入出力手段(53)を有し、前記シミュレータワークステーション(23)は前記センサー信号を前記複数の分散処理ユニット(5)のうちの各々のデジタル処理手段(49)の所与の走査レートで前記入出力手段へ入力する手段を含む請求項6のシミュレータ(1)。

【発明の詳細な説明】

発明の分野

本発明は分散プロセス制御システムの動作をシミュレーションするミュレータに関する。

50

背景情報

分散プロセス制御システムはエネルギー、金属及び水／排水の分野におけるプロセスを含む（これらに限定されない）複雑なプロセスの制御に常用されるようになっている。エネルギー分野は、原子力及び原子力以外の発電プロセス制御及び発電所用コンピュータの用途を含む。分散プロセス制御システムは、各々がプロセス全体のある特定の部分の制御を担当する多数の分散処理ユニット（ＤＰＵ）を有する。これらのＤＰＵは通常、プロセス制御ソフトウェアを実行することにより、プロセスの担当部分から受けるセンサー信号及びオペレータからの信号にตอบสนองして、担当部分の制御信号を発生するデジタルプロセッサを備えている。個々のＤＰＵは、ネットワーク通信手段により相互に且つオペレータ・コンソールに接続されている。任意のＤＰＵが発生し他のＤＰＵが必要とするパラメータ値は、通信ネットワークを介して送信される。

10

プラントで発生されるセンサー信号は通常、アナログまたは論理信号である。各ＤＰＵは、アナログセンサー信号をデジタルセンサー信号に変換するアナログ・デジタルコンバータを備え、デジタルセンサー信号を記憶する。ＤＰＵ内のデジタルプロセッサは定期的に、デジタルセンサー信号を取り出してパラメータ値に変換し、このパラメータ値は制御アルゴリズムにより使用されるか通信ネットワークを介して分散システムの他の部分へ送られる。種々のＤＰＵにより実行される各種機能は、センサー値入力 of 更新につきそのＤＰＵに応じた種々の条件を有する。例えば、制御ループの一部では入力信号をミリ秒のインターバルで更新する必要があるが、またミリ秒の十分の一または百分の一のインターバルでの更新を必要とするものもあり、さらに１秒またはそれ以上でのインターバルで更新すればよいものもある。通常、同じレートでの更新が必要な機能は共通のＤＰＵにグループ化される。その結果、種々のＤＰＵがセンサーデータの更新につきそれぞれ異なる条件をもつのが常態となっている。

20

プロセス制御システムの複雑さが増すにつれて、オペレータの訓練及びプロセス制御システムの技術的仕様改善をシミュレーションするためのシミュレータに対する需要が増大している。プラントプロセス制御用シミュレータは伝統的に、プロセスとプロセス制御システムの両方のモデル（数学的ソフトウェアによる）をエミュレーションする単一のコンピュータシステムを用いている。しかしながら、分散プロセス制御システムのようなシステムのリアルタイム応答をエミュレーションし、エミュレーションされたシステムがモデル化しようとするシステムにマッチすることを証明することが容易でないことが分かっているため、分散プロセス制御システムにとってこの方式は常に満足すべきものではなかった。１９９４年７月２９日付けの本出願人所有の米国特許出願第０８／２８２，８５４号は、実際のプロセス制御ソフトウェアを用いるプラントからの実際の分散プロセスユニットを利用するシミュレータを提供することによりこの問題に対処している。プロセスは、各々が１または２以上のＤＰＵにより制御されるプロセスの一部をシミュレーションする多数のスレーブ・シミュレータにより、マスター・シミュレータの制御下で、エミュレーションされる。センサー信号を関連のＤＰＵに送らずに、このシステムのスレーブ・シミュレータは技術的或いは電気的変換を行って、プロセスパラメータのデジタル値を直接メモリアクセスユニットを介してＤＰＵのデジタルプロセッサのメモリへ直接入力する。

30

米国特許出願第０８／２８２，８５４号に記載されたシステムはプロセスと分散プロセス制御システムの両方をエミュレーションする従来型シミュレータシステムと比較すれば著しい利点を有するものであるが、依然として改良の余地がある。この従来型システムは種々のＤＰＵが異なる制御周波数をもつことを考慮に入れていない。従って、この従来型システムの時間応答は実際のプラントのシステム応答に正確には一致しないであろう。また、プラントオペレータの多くは既に彼等のプロセスのコンピュータモデルを有するが、それをモデル化ソフトウェアを修正せずに多数のスレーブ・シミュレータと共用することは不可能である。加えて、スレーブ・シミュレータはパラメータ値を工学値としてＤＰＵメモリに直接注入するため、ＤＰＵの変換ルーチンは実行されない。これは刺激型シミュレーションがＩ／Ｏレベルインターフェイスにおいて実際のプラントとマッチするのを保証するための重要な特徴である。

40

50

従って、分散プロセス制御システムの動作をシミュレーションする改良型シミュレータに対する需要がある。

特に、分散プロセス制御システムの実際の応答時間をより正確にシミュレーションする改良型シミュレータに対する需要がある。

また、DPUの変換ルーチンを実行する改良型シミュレータに対する需要がある。

さらに、DPUのアプリケーションソフトウェアの大掛かりな修正が不要で、実際のシステムハードウェア成分を再使用するかかる改良型シミュレータに対する需要がある。

プラントモデルコンピュータソフトウェアを大規模に修正することなく既存のコンピュータプラントモデルを利用できるかかかる改良型シミュレータに対する新たな需要が存在する。

10

発明の概要

上記及び他の需要は、実際の分散型計測・制御システムにあるような分散処理ユニット(DPU)を用い実際のプロセス制御ソフトウェアを実行する分散プロセス制御システムのためのシミュレータに関する本発明により充足される。例えば既存のプラントモデル化コンピュータのようなモデル化手段は、そのプロセスをエミュレーションし、DPUが実際のプロセス制御ソフトウェアを用いて発生させる制御信号にตอบสนองして、好ましくはセンサー信号であるプロセス信号を発生させる。DPUはまた、オペレータコンソールにより発生されるオペレータ信号にตอบสนองする。通信手段は複数のDPU間及びDPUとオペレータコンソールの間の通信を可能にする。各DPU及びモデル化手段に接続された刺激手段は、プロセス信号をDPUへ送り込む。本発明の1つの特徴は、プロセス信号がDPUの入出力(I/O)へマッピングされるセンサー信号であり、DPUが各々のデジタルプロセッサを用いてセンサー信号をパラメータ値へ変換し、これらのパラメータ値が実際のプロセス制御ルーチンに使用され且つ/または通信手段を介して分散プロセスシステムの他の部分へ送られることである。

20

本発明の別の特徴として、刺激手段は、好ましくはセンサー信号であるプロセス信号を種々のDPUへそれらの所与の走査周波数で送り込む。モデル化手段及び刺激手段は反射メモリを介してデータを交換する。刺激手段はまた、各DPUが所与の周波数で発生する制御信号を読み取り、それらを反射メモリを介してモデル化手段へマッピングする。

【図面の簡単な説明】

本発明は、好ましい実施例の下記の説明を添付図面に関連させて読めば、完全に理解できるであろう。

30

図1は、本発明による分散プロセス制御システムの刺激型シミュレータを示すブロック図である。

図2A及びBは、図1のシミュレータの適当な成分の相互接続態様を示すさらに詳細なブロック図である。

図3は、図1及び2のシミュレータシステムの一部である刺激型分散プロセスユニットの成分を示すブロック図である。

図4は、シミュレータシステムの一部を形成するシミュレータステーションの成分を示すブロック図である。

図5A及びBは、図4のシミュレータステーションにより実行されるシミュレータ制御プログラムのフローチャートを示す。

40

図6は、図4のシミュレータステーションにより実行される主ルーチンを示すブロック図である。

図7は、図4のシミュレータステーションにより実行されるマッピングルーチンのブロック図である。

好ましい実施例の詳細な説明

図1は、本発明による分散プロセス制御システムのためのシミュレータ1のアーキテクチャを示す全体図である。シミュレータ1には3つの基本的構成要素がある。まず第1に、分散プロセス計測・制御システム3は、本質的に、プラントに用いられる実際の計測・制御装置の再パッケージされた冗長性のない部分集合であり、その動作がシミュレーション

50

される。

計測・制御システム 3 は複数の分散処理ユニット (D P U) 5 を有し、その各々はプラント・プロセスの一部を当該技術分野において知られた態様で制御する。図示のシステムでは、 D P U は 1 2 個あり、 6 個ずつ 2 つのキャビネット 7 に収納されている。 D P U は、データハイウェイ 9 である通信ネットワークにより共に接続されている。個々の D P U 5 は、ハイウェイインターフェイス 1 1 によりデータハイウェイ 9 に接続されている。データハイウェイはまた、 D P U を 1 または 2 以上のオペレータステーション 1 3 及びエンジニア/ヒストリアンステーション 1 5 並びに他の計測・制御システムのマン・マシンインターフェイス・レイアよりなる他のワークステーションに接続する。実施例のシステムのオペレータステーション 1 3 及びエンジニア/ヒストリアンステーション 1 5 はワークステーションである。プリンタのような周辺装置 1 7 をこれらのステーションに備え付けることにより、システムの性能のハードコピー出力を作成し他の付随的な仕事を実行させることができる。

計測・制御システム 3 は、例えば、ウエスチングハウス社の分散処理ファミリー (W D P F) システムを使用できる。かかるシステムでは、データハイウェイ 9 は、リアルタイムデータの決定論的通信及びトークンをパスする民主的プロトコルによるファイル転送型通信を行う W E S T N E T ハイウェイである。この W E S T N E T ハイウェイ 9 は、ある特定の隔離仕様 (ファイバーオプティックメディア等) が実現されていない点を除き実際のプラントに存在するハイウェイと同一である。ワークステーション 1 3 及び 1 5 はプリンタ 1 7 のような周辺装置を備えたユニックス・ワークステーション (W E S ステーション) であり、それらはプラントコンピュータ機能とマンマシンインターフェイス機能を提供し、機能的に冗長な W E S ステーションがない点を除き実際のプラントに存在するものと同一である。 W D P F の D P U 5 は、計測プロセス制御装置のためのデータ収集・制御機能を提供し、その機能と数において実際のプラントに存在するものと同一であるが、再び D P U はシミュレータに必要なキャビネット数を減少させるために非冗長的であり再パッケージされている。加えて、入出力 (I / O) ボードは、以下に説明するようにシミュレータの D P U 5 には存在しない。各 D P U 5 は、実際のプラント装置に存在するものと同一のベース及びアプリケーションソフトウェアを含む。実施例のシステムは 1 2 個の D P U が 2 個のキャビネット内に収納された状態で示されているが、他の数の D P U 及び構成を利用することができる。

実際のプラントだけでなくシミュレータ 1 においても、オペレータはオペレータステーション 1 3 を介してプロセスを制御する。シミュレータではステーションの 1 つに被訓練者を配置し、他のステーションをインストラクターが操作するようにできる。オペレータステーション 1 3 で発生されるオペレータ信号はデータハイウェイ 9 を介して D P U へ送られる。 D P U はまた、データハイウェイ 9 を介してデータを必要に応じて交換する。 D P U 5 は、センサー信号及びステイタス論理信号のような入力をプロセスから受取り、プロセス制御ソフトウェアにより、センサー及びステイタス信号並びにオペレータ信号にตอบสนองして、プロセスに送られる制御信号を発生させる。シミュレータ 1 は、プロセスがプラントモデルコンピュータ 1 9 により実現されるプロセスモデルにより代替される点を除き同じような態様で動作する。プラントの多くはシミュレーションシステムを備えており、これらのシステムは想定される異常状態及びシステムの修正を含むプラント動作を分析するために用いるかかるプラントモデルを含んでいる。シミュレータ 1 は、プラントシミュレータの既存のプラントモデルを用いて計測・制御システムインターフェイスが刺激されるようにする。計測・制御システム 3 とプラントモデルコンピュータ 1 9 の間のインターフェイスは、 W E S ステーションのようなワークステーション 2 3、シミュレータのワークステーションを D P U 5 と接続する S B U S アダプタを構成する S B U S 拡張シャーシ 2 5、及びシミュレータワークステーション 2 3 とプラントモデルコンピュータ 1 9 の間のインターフェイス 2 7 よりなるシミュレタインターフェイス 2 1 により提供される。さらに詳しく説明すると、インターフェイス 2 7 は反射メモリインターフェイス 2 9 を含む。シミュレータワークステーション 2 3 はまた、ハイウェイインターフェイス電子手段 3

10

20

30

40

50

1 を介してデータハイウェイ 9 に接続されている。

図 2 A 及び B は、シミュレータインターフェイス 2 1 がプラントモデルコンピュータ 1 9 と計測・制御システム 3 の D P U 5 の間の通信を行う態様をさらに詳しく示すものである。図示のシミュレータ 1 では、シミュレータインターフェイス 2 1 のワークステーション 2 3 は S B U S アーキテクチャを用いる S U N の S P A R C ワークステーションである。ワークステーションの S B U S 接続部 3 3 に接続された S B U S 拡張シャーシ 2 5 は、そのシャーシによりサービスを受ける 6 個の D P U 5 の各々の S B U S アダプタ 3 5 を構成する。各 D P U 5₁ 乃至 5₁₂ は M U L T I B U S アーキテクチャを利用する。アダプタ 3 7₁ 乃至 3 7₁₂ はそれぞれの D P U を拡張シャーシ 2 5 の S B U S アダプタ 3 5 を介してシミュレータワークステーション 2 3 にインターフェイスする。D P U 5₁ 乃至 5₁₂ はそれぞれ、プロセス制御ソフトウェアが実行されるデジタルプロセッサ (M D X ボード) 3 9 を有する。D P U はまた、D P U を他の D P U との通信のためにデータハイウェイ 9 に接続すると共にオペレータステーション 1 3 及びエンジニア / ヒストリアンステーション 1 5 と接続するハイウェイコントローラ (M H C ボード) 4 1 を含む。各 D P U はまた個別の電源 4 3 も含む。

シミュレータワークステーション 2 3 は、インターフェイス 2 7 とプラントモデルコンピュータ 1 9 の両方の中にある反射メモリ 2 9 を介してプラントモデルコンピュータ 1 9 と通信を行う。プラントモデルコンピュータ 1 9 とインターフェイス 2 7 の中の反射メモリ 2 9 間は、光ファイバリング通信ネットワーク 3 0 を介して接続されている。プラントモデルコンピュータ 1 9 と反射メモリ 2 9 は V M E バスを有するため、インターフェイス 2 7 のバスアダプタ 4 5 とワークステーション 2 3 の S B U S 接続部 3 3 のアダプタ 4 7 とは、データと制御信号を交換するためのハードウェアインターフェイスを提供する。図 1 に関連して説明したように、インターフェイス 3 1 はシミュレータワークステーション 2 3 をデータハイウェイ 9 と接続する。これは別の S B U S 接続 3 3 を介して行われる。シミュレータワークステーション 2 3 とプラントモデルコンピュータ 1 9 の間のインターフェイスを構成する反射メモリ 2 9 は、プラントモデルコンピュータと計測・制御システム 3 との間のプロトコルのないデータ転送を可能にする。

シミュレータワークステーション 2 3 の主要な機能は、プラントモデルコンピュータ 1 9 と D P U 5 との間でデータ値とステータス情報をマッピングすることと、実行 / 停止、初期状態 (I C) セットのロード / セーブ、スナップショット、バックトラック及びその他に回答することである。停止制御機能は、被訓練者と一緒に検討した分析を行うために任意の時点におけるシミュレータの停止を可能にする。セーブ機能は、システムの動作の任意の点において 1 組の状態を記憶し、これを後で思い出すことができる。ロード機能は、指定されたセーブ機能の初期状態を D P U にロードして、選択された状態でシミュレータをスタートさせる。スナップショット機能は、初期状態が進行中にセーブされオペレータにとって透明である点を除き、セーブ機能と同じである。バックトラック機能があると、インストラクタは被訓練者の成績或いはプラント動作の進行を検討するために一連のスナップショットを思い出すことができる。

図 3 は、D P U 5 の適当な構造をより詳細に示すものである。D P U の心臓部は M D X ボード 3 9 であり、その上に中央処理ユニット (C P U) 4 9 及びデータベースメモリ 5 1 を備えたマイクロコンピュータよりなるデジタルプロセッサが構成してある。M D X ボード 3 9 はまた、メモリがマッピングされた入出力 (I / O) インターフェイス (D I O B) 5 3 を有する。この D I O B インターフェイス 5 3 は、実際のプラント (図示せず) の I / O カードにより通常走査されるアナログ信号及び論理信号のアナログからデジタルへの等価信号を含む。刺激型システムインターフェイスでは、シミュレーションされるインターフェイスがこのメモリ 5 3 に、プラントモデルコンピュータ 1 9 から受取るセンサー値に対応する適当に変換されたデジタル値を入力する。プロセッサ 4 9 は定期的に、デジタル化センサー信号を制御ソフトウェアのアルゴリズムを実行するために用いるために D I O B 5 3 から取り出す。これらのアルゴリズムは制御信号を発生させ、制御信号はその後プラントの弁モータ及び他の能動成分へ出力するために D I O B 5 3 に記憶される。勿

10

20

30

40

50

論、シミュレータにおいて、これらの成分及び制御中のプロセスはプラントモデルコンピュータ 19 においてエミュレーションされる。

データベースメモリ 51 は、分散プロセス制御ソフトウェアが発生させる種々のポイント値を記憶する。叙上のように、一部の DPU が発生するこれらのデータポイントの一部は他の DPU によっても使用される。これらのデータポイント値の交換は、MHC ボード 41 に取り付けられたネットワークコントローラにより通信ネットワーク 9 を介して実現される。MHC ボード 41 はプロプラエタリバス 55 を介して MDX ボードと通信する。

前に述べたように、DPU が実行する各種のルーチンは異なる I/O 及び制御周波数を有する。通常、共通の I/O 周波数を有するルーチンは単一の DPU において一纏めにされる。I/O 周波数は DIOB メモリ 53 の更新レートを決定する。制御周波数は、CPU 49 が DIOB 53 に対して読取り及び書込みを行うレートを決定する。本発明によると、シミュレータステーション 23 は、プラントモデルコンピュータ 19 が発生するセンサー信号値を DIOB 53 内に直接、関連 DPU 5 の I/O 周波数でマッピングする。これは、MULTIBUS 57 と、シミュレータステーション 23 の SBUS と DPU の MULTIBUS 57 との間で信号をやり取りするインターフェイス 37 とを用いることにより実現する。かくして、シミュレータステーション 23 は、データハイウェイ 9 を介する通信において固有の呼び出し時間を導入することなく、信号データを DPU に対して直接読み書きすることができる。この直接インターフェイスにより、シミュレータステーション 23 は DPU との通信を実際のシステムタイミング構成または入出力走査、制御計算等と周波数マッチングすることができる。これにより、シミュレータの時間応答特性が確実にプラントの時間応答特性と同一になる。この直接のインターフェイスはまた、実行/停止、ロード/セーブ、初期状態セット、スナップショット、バックトラック等のようなシミュレータの制御機能に対する応答を単純化する。例えば、実行/停止は DPU の入出力走査及び制御タスクを可能化/中断することにより制御される。セーブ機能は、データベースメモリ 51 及び DIOB メモリ 53 のスナップショットを初期状態 (IC) 数を基準に用いてシミュレータステーション 23 へ送ることにより実現される。ロード機能は、初期状態セットをデータベースメモリ 51 及び DIOB メモリ 53 へ直接ロードすることにより実現される。バックトラック機能は、入出力セットを DPU へ逐次転送することにより実現される。

図 4 は、シミュレータワークステーション 23 の関連要素を示す。図示のワークステーション 23 は、CPU 59 とランダムアクセスメモリ (RAM) を有する。ワークステーションはまた、初期状態ファイル及び他の情報を記憶させる内部ハードディスク 63 を有する。シミュレータステーション 23 は SBUS 65 を有し、これは SBUS コネクタ 33 及び SBUS 拡張シャーシ (図 4 には図示せず) を介して DPU 5 とインターフェイスされる。シミュレータステーション 23 は、反射メモリ 29 及び SBUS アダプタ 27 を介してプラントモデルコンピュータ 19 と通信する。また、シミュレータステーション 23 は、WESTNET ハイウェイ 31 及び SBUS コネクタ 33 を介してデータハイウェイ 9 と通信する。かくして、シミュレータステーション 23 は、プラントモデルコンピュータ 19 と各 DPU 5 の間の単一接続を行う。このため、シミュレータの既存のプラントモデルコンピュータ 19 を使用すると便利である。

図 5 は、シミュレータワークステーション 23 により実行される SIM__CONTROL ルーチン 67 のフローチャートを示す。69 において最初にコールされると、そのルーチンを所望のレートで繰り返しリコールする構成可能なタイマーのセットアップを含む初期化タスクが実行される。シミュレータワークステーション 23 の内部におけるタスク間通信を管理するために、共有メモリも形成される。その後、プラントモデルコンピュータからの制御フラッグが 71 においてクリアされる。これは、モデルが停止状態にあった場合における停止フラッグのクリアを含まない。シミュレータワークステーションにより実行される他のプロセスも 71 でスタートする (以下に説明する SIM__MAP タスクを含む)。

その後、ルーチンは 73 において、内部タイマーが発生する割込みに対して待機する。タ

10

20

30

40

50

イマーがタイムアウトすると、75において実行/停止フラッグがチェックされ、それが停止にセットされておれば、77においてDPU5が停止される。これは、各DPUのDIOB53に制御ビットをセットすることにより行われる。79においてセーブ(書込み)フラッグが検出され、81において初期状態(IC)数が範囲内にあることが判明すると、シミュレータワークステーションは83に示す多数の機能を実行する。これは、71において形成されたプロセスを最初に停止しDPU5を停止することを含む。その後、データベースメモリ51及びDIOB53に記憶されたデータがシミュレータワークステーションのファイルにセーブされる。この後、システムはセーブコマンド以前の実行または停止状態に戻り、シミュレータワークステーションの停止されたプロセスが継続する。初期状態(IC)数が範囲内でない場合、85においてプロセスエラーが発生され、データハイレベルを介してオペレータステーションへ送られる。87においてロード(リセット)フラッグがセットされ、89において初期状態(IC)数が範囲内にあることが判明すると、91に示すシーケンスが始動される。これは、71において形成されたプロセスの停止及びDPUの停止を含む。その後、選択された初期状態(IC)数のもとで記憶されたデータがDIOBメモリ53及びDPU5のデータベースメモリ51へロードされる。そしてDPUがロードフラッグが検知されたときに存在する実行または停止状態へ戻り、シミュレータワークステーションにおける停止されたプロセスが継続する。これらのステップが完了すると、ルーチンは73に戻って次の時間割込みを待機する。89において初期状態(IC)数が範囲内でないことが分かると、ルーチンが次の割込みを待つため73へ戻る以前に93においてプロセスエラー表示が発生する。同様に、87においてロードフラッグがセットされなければルーチンは73へ戻る。

図6はシミュレータの主ルーチンSIM_MAIN95のフローチャートを示す。この主ルーチンは種々のDPUの走査周波数を決定し、97においてこれらの走査レートに基づきデータをソートファイルに分離する。その後、99において、図7に示すマッピングルーチン101を含む子供プロセスを生み出す。このルーチン101は、センサー信号を含むプラントモデルコンピュータからのデータを各DPUの与えられた入出力周波数で適当なDPUへマッピングする。かくして、このルーチンは各走査周波数に対して繰り返される。まず第1に、103において、シミュレータステーション23のメモリのデータポイントを初期化することによりデータ構造が初期化される。シミュレータステーションは定期的に、タイミング信号を通信インターフェイス9へ放送することにより分散システムの同期化を行う。105において放送時間になったことが分かると、107においてタイミング信号が放送される。いかなる場合でも、109において、ルーチンは反射メモリからプラントモデルコンピュータが発生するデータとDPUからのデータを収集する。プラントモデルコンピュータからのデータは、111において適当なDPUへ転送され、また逆方向へ送られる。その後、113において、ルーチンは周波数に基づき次のサイクルを待機する。上述したように、与えられた各DPU周波数に対して同じようなルーチンが実行される。同一の周波数を与えられたDPUの全てに対して同じルーチンが作用することが分かる。

上述の刺激型シミュレータインターフェイスのアーキテクチャは、同一機能のエミュレーション及び米国特許出願第08/282,854号に記載された分散プロセス制御シミュレータに対して多くの利点を与えるものである。刺激型のエミュレーションに対する主要な利点の1つは、システムがプラントにおいて使用される同じプロセス制御システムを実際に表わすことである。かくして、刺激型システムは、実際のプラントを、マンマシンインターフェイス(ウィンドウ、プロセス図表示、アラームリスト、システム診断等)へ組込んだものである。それ自体困難なこのMMI機能のエミュレーションは不要である。刺激型システムはまた、プラントプロセス制御ソフトウエアの絶対的な再利用を可能にする。シミュレータがプラントと同一の機能を含むことは疑いのないことであり、事実、シミュレータはプラントソフトウエアのソフトウエア試験手段として用いることができる。刺激型システムはまた、設計の意図だけでなく意図されなかった特徴、例えばソフトウエアのバグについても実際のシステムと合致する。実際のシステムに固有の任意の問題をま

10

20

30

40

50

たこのシミュレータに存在するため、早期の検出／診断が可能となる。システム応答はまた、プラント応答と同一である。

エミュレーションの主要な欠点の1つはシステム応答時間の再現である。この欠点は、システムタイミング特性がインターフェイスにおいて繰返されるため、刺激型システムでは軽減される。全てのドロップ（DPU及びオペレータステーション）はプラントと同一の周波数で動作する。分散ドロップ間のタイミング相互作用もまた、デフォルトでプラントと同一である。

刺激型システムはまた、エミュレーションよりも低コストである。まず第1に、エミュレーション対刺激型のコストのトレードオフ関係は、ソフトウェア対ハードウェアのコストのトレードオフ関係である。プロセス制御システムのソフトウェアをエミュレーションするためのシミュレーションソフトウェアの開発はかなりのコストを要する。実際、これらのコストは実際のプラントのソフトウェアのコストよりも大きい。その理由はシミュレータがアプリケーションソフトウェアとベースオペレーティングシステムソフトウェアの両方をエミュレーションする必要があるのに対して、ベースソフトウェアはプロジェクトが違ってても再使用されるため、プラントではアプリケーションソフトウェアだけを開発すればよいからである。これとは対照的に、刺激型による解決法に必要なハードウェアのセットはその量が少ないため、初期のシステムコストがかなり低くなる。開発されたアーキテクチャは、入出力ハードウェア及び冗長性を取り除くことにより実際のプラントシステムのハードウェアコストの大きな部分を不要にする。一方、本発明の刺激型シミュレータは、プロセスセンサー値をDPUの入出力インターフェイスへメモリマッピングしてDPUが依然としてそれらの変換ルーチンを実行できるようにするため、上述の特許出願の分散処理シミュレータと比べて実際のプラントタイミングにより正確に一致し、より多くのソフトウェアの作動性を確認することができる。

本発明の刺激型シミュレータのもう1つの大きな利点は、保守及び仕様改善コストが低いことである。エミュレーションされるシステムでは、エミュレーションソフトウェアの保守に関連する仕様改善コストはかなり大きなものとなる場合がある。刺激型システムでは、プラントインターフェイスに影響を与えないソフトウェアの仕様改善に付随する保守コストは事実上零である。システムは、新しいプラントアプリケーションソフトウェアを再ロードするだけでアップグレード即ち、仕様改善される。本発明のシステムは仕様改善の可能性及び保守を設計の基本に据えて設計されている。これは、プラントモデルコンピュータと計測・制御システムの残りの部分との間のインターフェイスの構成をシミュレータワークステーションに対して隔離することにより行う。シミュレータワークステーションの構成はマップファイルを介するものであり、これはプラントモデルコンピュータのポイントを計測・制御システムデータポイントに関連づけるだけである。マップファイルは、各ポイントをそのデータタイプ、データの流れ方向及び反射メモリへのオフセットに関して記載したテキストファイルである。例えば、走査周波数のような各ポイントに関するデータの残りの部分は、計測・制御システムソフトウェアそれ自身からオンラインで収集される。インターフェイスはデータを入出力レベルでマッピングするように設計されている。換言すれば、データはプラントインターフェイスと同一のセンサー単位（ボルト、アンペア等）に従ってマッピングされる。全てのデータの工学値への変換、デジタル符号反転等は実際のプラントソフトウェアを用いて行う。

本発明の特定実施例を詳細に説明したが、当業者にとっては本明細書の記載全体に鑑みてそれらの詳細に関し種々の変形例及び設計変更を想到できることが分かるであろう。従って、開示した特定の構成は例示的であるに過ぎず、本発明の技術的範囲を限定するものに非ず、その範囲は後記の請求の範囲の全幅及びその任意そして全ての均等物の範囲を与えられるべきである。

10

20

30

40

【図 1】

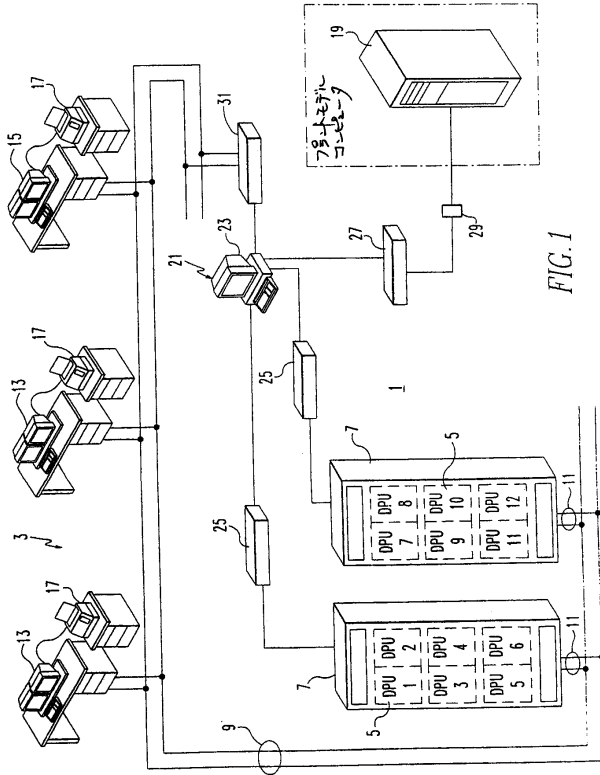


FIG. 1

【図 2 A】

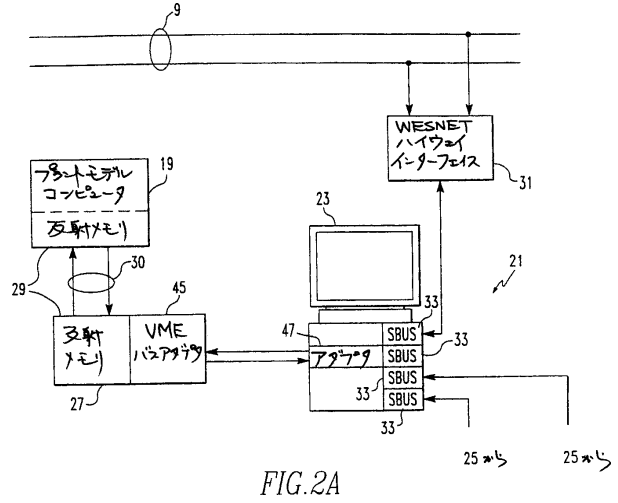


FIG. 2A

【図 2 B】

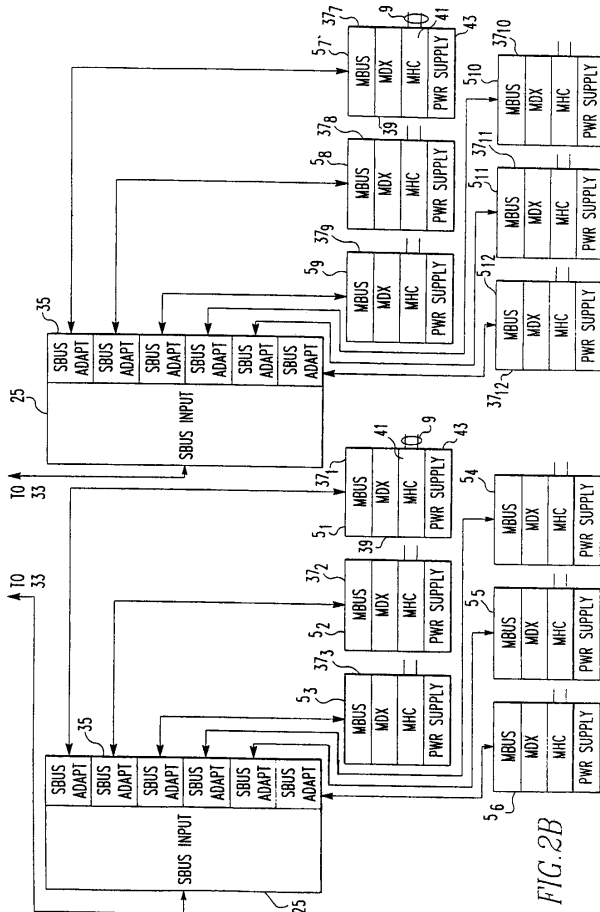


FIG. 2B

【図 3】

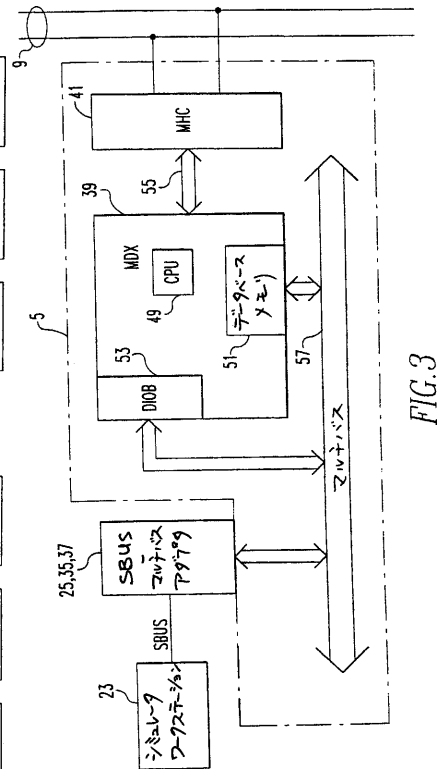


FIG. 3

【図 4】

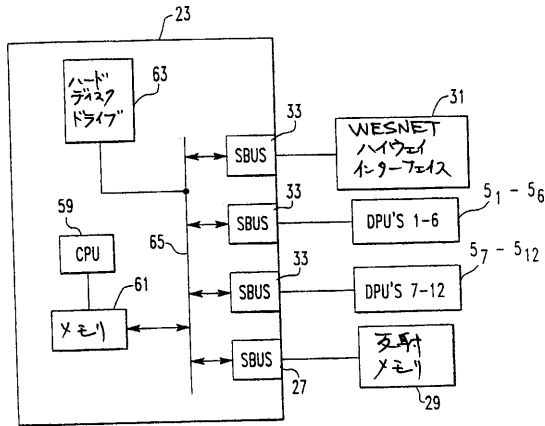


FIG. 4

【図 5 A】

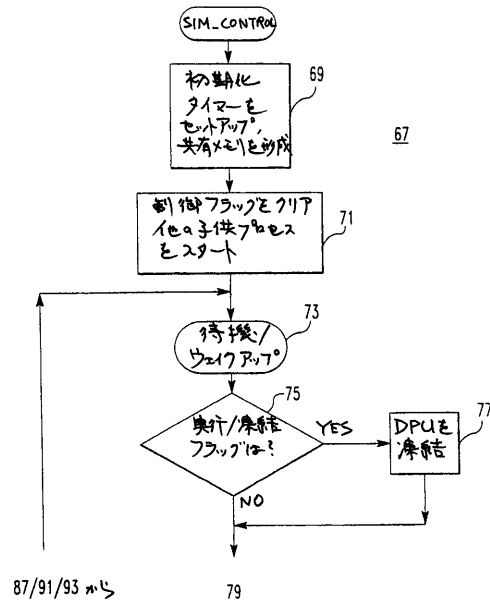


FIG. 5A

【図 5 B】

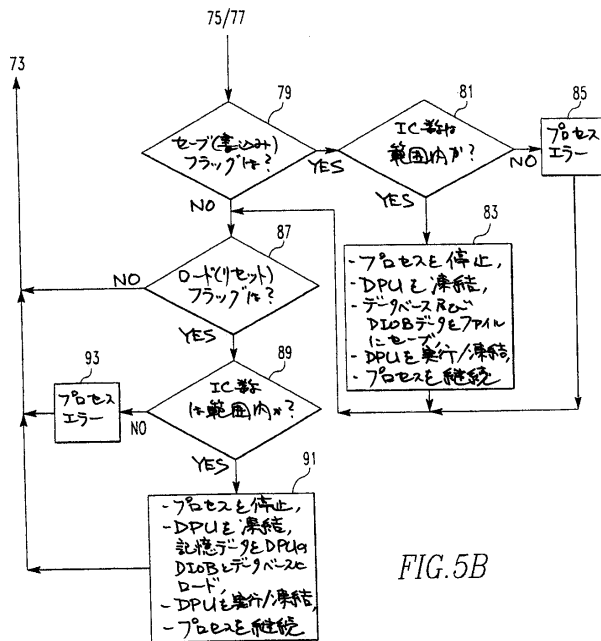


FIG. 5B

【図 6】

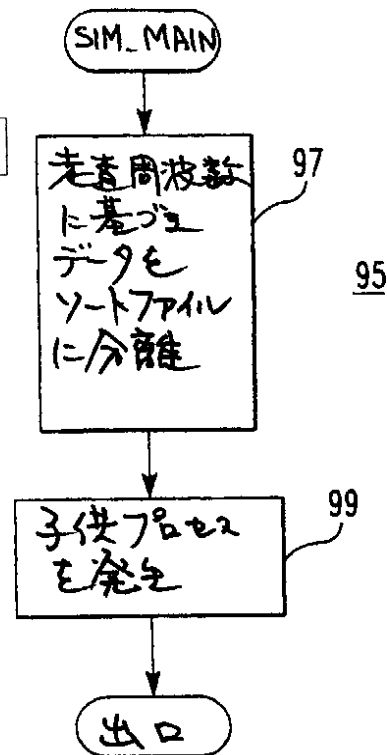


FIG. 6

【図 7】

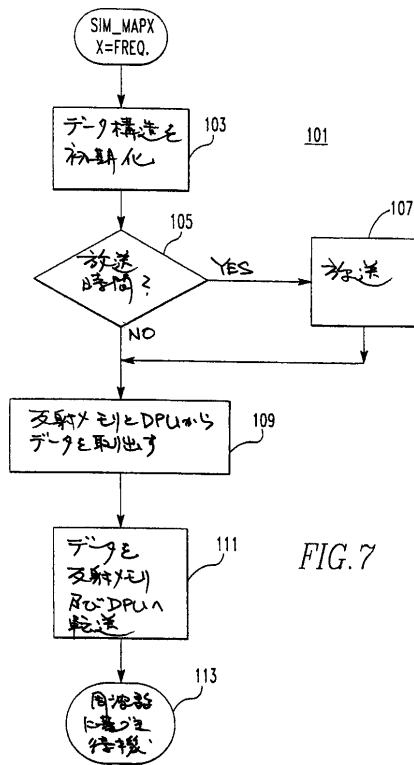


FIG. 7

フロントページの続き

- (72)発明者 ガウサ, ルイス, ダブリュ
アメリカ合衆国, ペンシルベニア州 1 5 6 4 2 , アーウィン, ドーバー・ロード 3
- (72)発明者 シェモニー, ロバート, エイ
アメリカ合衆国, ペンシルベニア州 1 5 6 9 2 , ウェストモーランド・シティ, ファースト・ストリート 1 2 5 0
- (72)発明者 ブローデリック, デボラ, ディー
アメリカ合衆国, ペンシルベニア州 1 5 6 1 3 , アポロ, マークル・ロード 4 4 0
- (72)発明者 トラン, ズイ, ティー
アメリカ合衆国, ペンシルベニア州 1 5 2 4 1 , ピッツバーグ, モントレー・ドライブ 2 6 1
9

審査官 佐々木 一浩

- (56)参考文献 特開昭6 1 - 2 4 3 5 4 0 (J P , A)
特開昭6 3 - 2 8 1 5 9 7 (J P , A)
特開昭6 2 - 2 2 1 0 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G05B 17/02
G05B 23/02
G05B 19/05