

(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.

G05B 17/02 (2006.01)

F 1

G 05 B 17/02

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願平9-536264
(86) (22) 出願日	平成9年4月2日(1997.4.2)
(65) 公表番号	特表2000-508448 (P2000-508448A)
(43) 公表日	平成12年7月4日(2000.7.4)
(86) 國際出願番号	PCT/US1997/005259
(87) 國際公開番号	W01997/038362
(87) 國際公開日	平成9年10月16日(1997.10.16)
審査請求日	平成16年4月1日(2004.4.1)
(31) 優先権主張番号	08/628,586
(32) 優先日	平成8年4月4日(1996.4.4)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	507341301 エマソン プロセス マネージメント パー ワー アンド ウォーター ソリューショ ンズ, インコーポレイテッド アメリカ合衆国 15238 ペンシルヴ ニア ピッツバーグ ベータ ドライブ 200
(74) 代理人	100088454 弁理士 加藤 純一郎
(72) 発明者	サントライン, リンダ, エル アメリカ合衆国, ペンシルベニア州 15 129, ライブラリイ, メグオウン・ドラ イブ 1245

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、

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応答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、

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カステーション(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カステーション(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カステーション(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カ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カステーション(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カステーション(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カ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カステーション(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。

10

20

30

40

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応答して、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。

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、センサー値入力の更新につきその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り、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。

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。

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・シミュレータと共に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。

10

20

30

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に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応答して、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応答する。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様式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(DPU)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、DPUは12個あり、6個づつ2つのキャビネット7に収納されている。DPU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DPU5は、ハイウェイインターフェイス11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、DPUを1または2以上のオペレータステーション13及びエンジニア/ヒストリアンステーション15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13及びエンジニア/ヒストリアンステーション15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17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。10

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(WDPF)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カ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WESTNETハイウェイである。このWESTNET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13及び15はプリンタ17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(WES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WES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。WDPFのDPU5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DPU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DPU5には存在しない。各DPU5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12個のDPU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DPU及び構成を利用することができる。30

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13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13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DPUへ送られる。DPU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。DPU5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応答して、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19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なる。計測・制御システム3とプラントモデルコンピュータ19の間のインターフェイスは、WESステーションのようなワークステーション23、シミュレータのワークステーションをDPU5と接続するS BUSアダプタを構成するS BUS拡張シャーシ25、及びシミュレータワークステーション23とプラントモデルコンピュータ19の間のインターフェイス27よりなるシミュレータインターフェイス21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27は反射メモリインターフェイス29を含む。シミュレータワークステーション23はまた、ハイウェイインターフェイス電子手段340

1を介してデータハイウェイ9に接続されている。

図2A及びBは、シミュレータインターフェイス21がプラントモデルコンピュータ19と計測・制御システム3のDPU5との間の通信を行う様子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21のワークステーション23はSBusアーキテクチャを用いるSUNのSPARCワークステーションである。ワークステーションのSBus接続部33に接続されたSBus拡張シャーシ25は、そのシャーシによりサービスを受ける6個のDPU5の各々のSBusアダプタ35を構成する。各DPU<sub>1</sub>乃至<sub>12</sub>はMULTIBUSアーキテクチャを利用する。アダプタ37<sub>1</sub>乃至<sub>12</sub>はそれぞれのDPUを拡張シャーシ25のSBusアダプタ35を介してシミュレータワークステーション23にインターフェイスする。DPU<sub>1</sub>乃至<sub>12</sub>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(MDXボード)39を有する。DPUはまた、DPUを他のDPU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13及びエンジニア/ヒストリアンステーション15と接続するハイエイコントローラ(MHCボード)41を含む。各DPUはまた個別の電源43も含む。10

シミュレータワークステーション23は、インターフェイス27とプラントモデルコンピュータ19の両方の中にある反射メモリ29を介してプラントモデルコンピュータ19と通信を行う。プラントモデルコンピュータ19とインターフェイス27の中の反射メモリ29間は、光ファイバリング通信ネットワーク30を介して接続されている。プラントモデルコンピュータ19と反射メモリ29はVMEバスを有するため、インターフェイス27のバスアダプタ45とワークステーション23のSBus接続部33のアダプタ47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31はシミュレータワークステーション23をデータハイウェイ9と接続する。これは別のSBus接続33を介して行われる。シミュレータワークステーション23とプラントモデルコンピュータ19の間のインターフェイスを構成する反射メモリ29は、プラントモデルコンピュータと計測・制御システム3との間のプロトコールのないデータ転送を可能にする。20

シミュレータワークステーション23の主要な機能は、プラントモデルコンピュータ19とDPU5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(ICC)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応答することである。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DPU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。30

図3は、DPU5の適当な構造をより詳細に示すものである。DPUの心臓部はMDXボード39であり、その上に中央処理ユニット(CPU)49及びデータベースメモリ51を備えたマイクロコンピュータとなるデジタルプロセッサが構成してある。MDXボード39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(DIOB)53を有する。このDIOBインターフェイス53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53に、プラントモデルコンピュータ19から受取るセンサー値に対応する適切に変換されたデジタル値を入力する。プロセッサ49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DIOB53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DIOB53に記憶される。勿4050

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を取り付け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、CPU49がDIOB53に対して読み取り及び書き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DIOB53内に直接、関連DPU5のI/O周波数でマッピングする。これは、MULTIBUS57と、シミュレータステーション23のSBUSとDPUのMULTIBUS57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(ICC)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、CPU59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SBUS65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DPU5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DPU5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れば、77においてDPU5が停止される。これは、各DPUのDOI B53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（書き込み）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DOI B53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）数が範囲内にない場合、85においてプロセスエラーが発生され、データハイウェイ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DOI B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）数が範囲内に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を発生する。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ュアは、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（ウインドウ、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ェ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ェアのソフトウェ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、例えばソフトウェ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

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が、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。従つて、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。

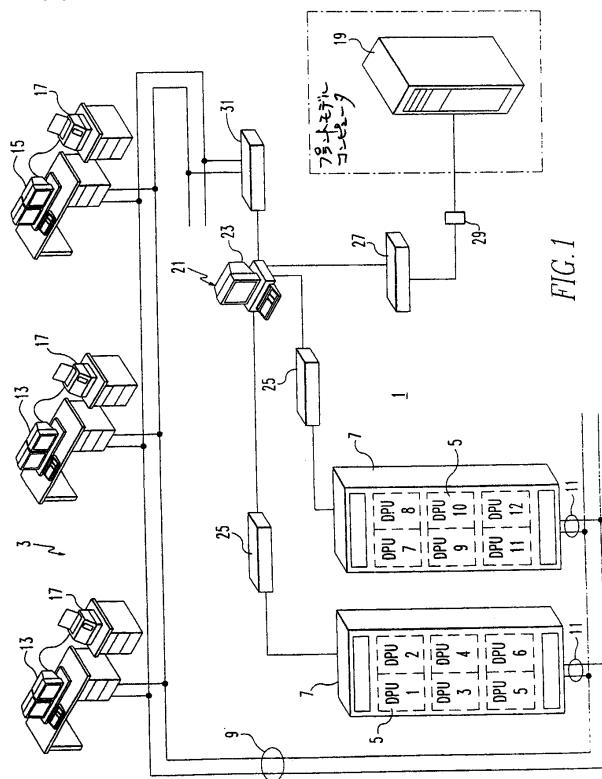
10

20

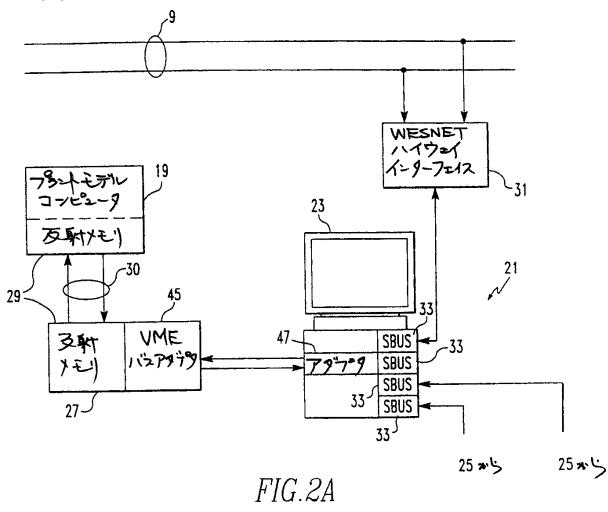
30

40

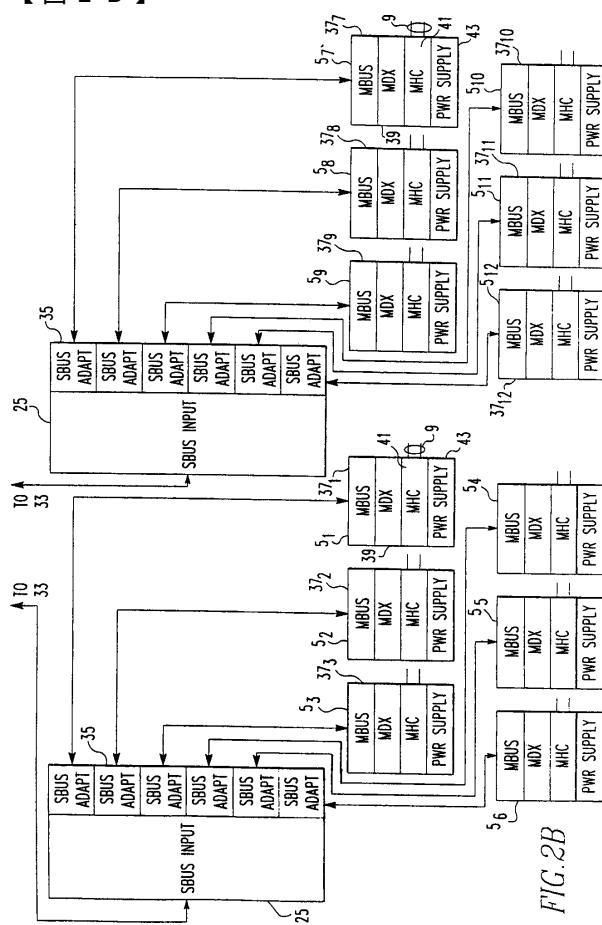
【図1】



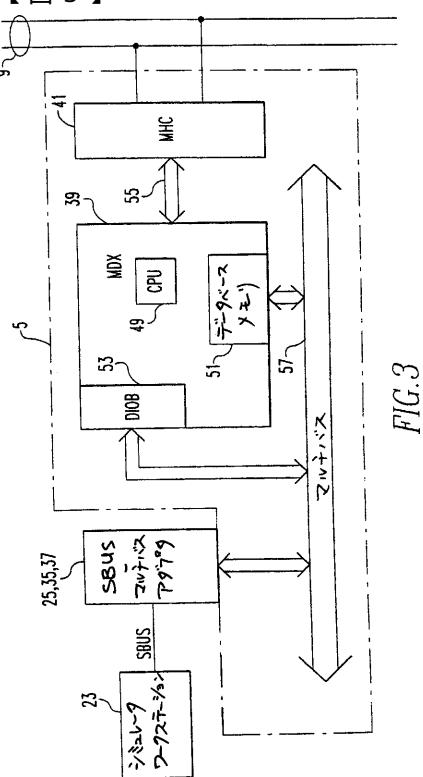
【図2A】



【図2B】



【図3】



【図4】

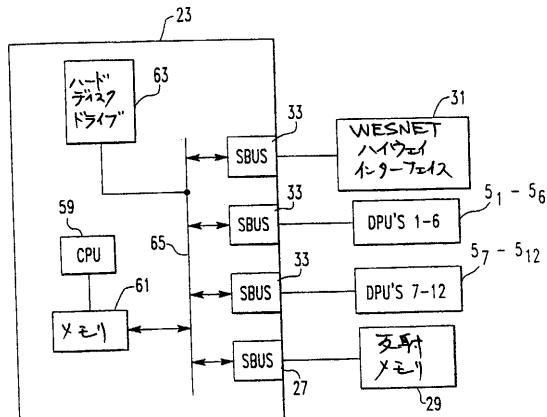


FIG.4

【図5A】

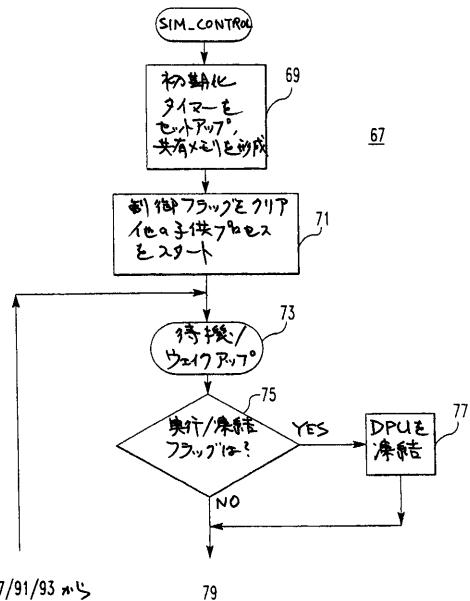


FIG.5A

【図5B】

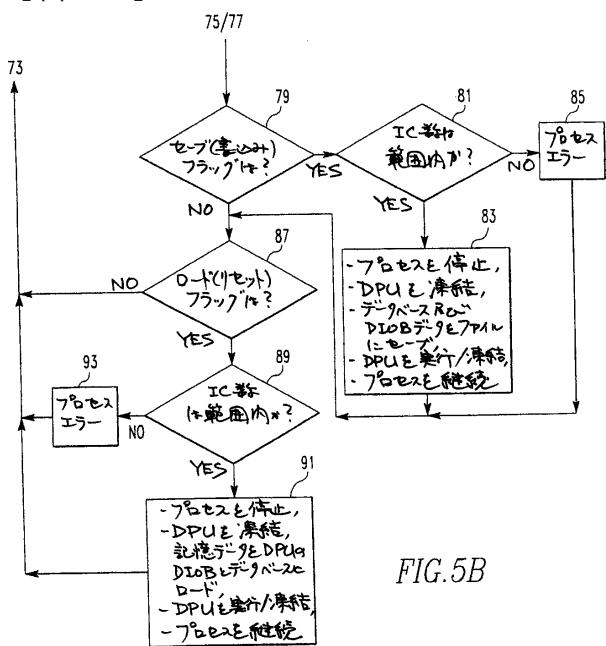


FIG.5B

【図6】

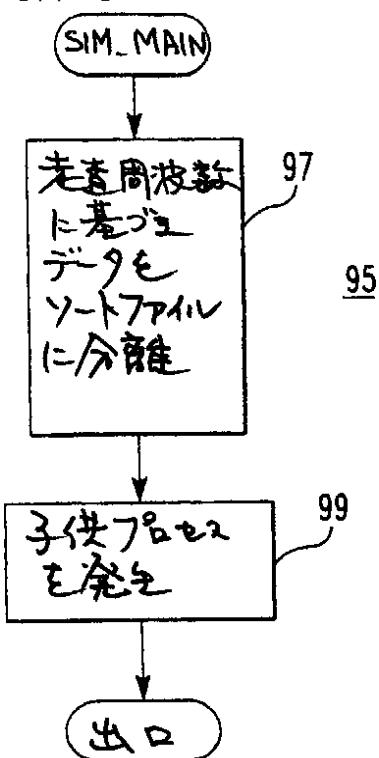


FIG.6

【図7】

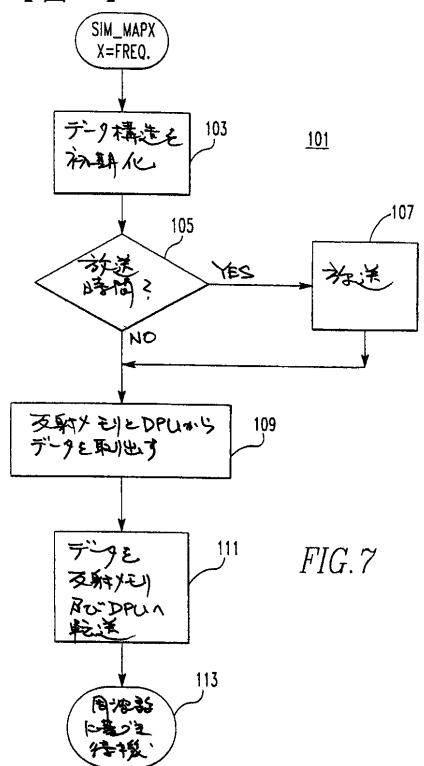


FIG. 7

---

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 15642 , アーウィン , ドーバー・ロード 3

(72)発明者 シエモニー , ロバート , エイ

アメリカ合衆国 , ペンシルベニア州 15692 , ウエストモーランド・シティ , ファースト・ストリート 1250

(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 15613 , アポロ , マークル・ロード 440

(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 15241 , ピッツバーグ , モントレー・ドライブ 261  
9

審査官 佐々木 一浩

(56)参考文献 特開昭61-243540(JP,A)

特開昭63-281597(JP,A)

特開昭62-22101(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05B 17/02

G05B 23/02

G05B 19/05