

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
25. September 2014 (25.09.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/146686 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G05B 19/418 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/055623

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. März 2013 (19.03.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: **DRUMM, Oliver**; Nagoldstr. 8, 76344
Eggenstein-Leopoldshafen (DE). **LUTZ, Benjamin**;
Schloßgartenstraße 48, 76327 Pfinztal (DE). **OPPELT,**
Mathias; Marie-Juchacz-Straße 11, 76137 Karlsruhe (DE).
WOLF, Gerrit; Gymnasiumstr. 8, 76227 Karlsruhe (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): 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, DK,

DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

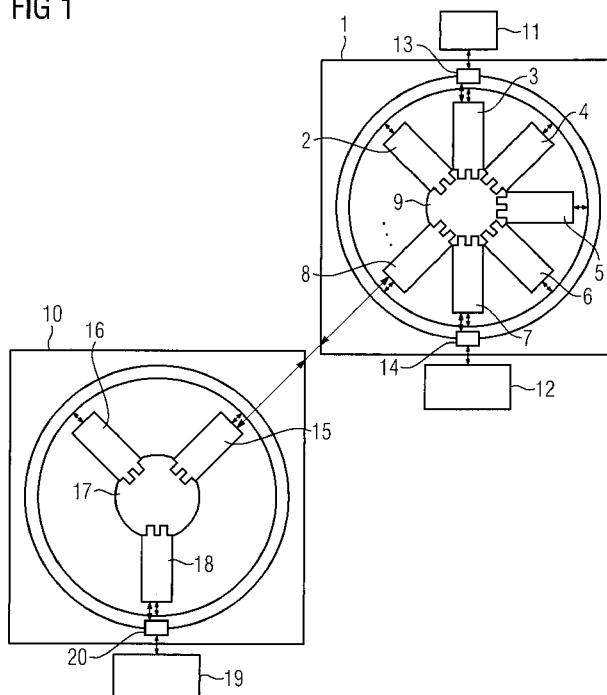
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: TOOL AND METHOD FOR SIMULATING A TECHNICAL INSTALLATION

(54) Bezeichnung : WERKZEUG UND VERFAHREN ZUR SIMULATION EINER TECHNISCHEN ANLAGE

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a tool and method for simulating a technical installation having at least one simulator instance (1, 10), which comprises a plurality of components (2...8, 15, 16, 18) each realised as at least as one application. A plurality of components (3...8, 15, 18) carry out a model-based cyclic calculation of their new output values according to the particular input values. In order to avoid a central sequential control, the sequence is controlled in a data flow-oriented manner, by allocating each component input a memory cell which indicates whether a new input value has already been processed or not. Newly calculated output values are transferred to component inputs in accordance with the stored data flow only when the component inputs are in the "processed" state. A parallelisation and especially efficient implementation of the calculations is advantageously rendered possible, wherein components can be distributed to local computers and/or across an entire network.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Die Erfindung betrifft ein Werkzeug und ein Verfahren zur Simulation einer technischen Anlage mit zumindest einer Simulatorinstanz (1, 10), die mehrere, jeweils als zumindest eine Anwendung realisierte Komponenten (2...8, 15, 16, 18) umfasst. Mehrere Komponenten (3...8, 15, 18) führen eine modellgestützte, zyklische Berechnung ihrer neuen Ausgangswerte in Abhängigkeit der jeweiligen Eingangswerte durch. Zur Vermeidung einer zentralen Ablaufsteuerung wird der Ablauf datenflussorientiert gesteuert, indem jedem Komponenteneingang eine Speicherzelle zugeordnet ist, durch welche angezeigt wird, ob ein neuer Eingangswert bereits verarbeitet ist oder nicht. Neu berechnete Ausgangswerte werden gemäß dem hinterlegten Datenfluss erst dann an Komponenteneingänge übergeben, wenn diese sich im Zustand „verarbeitet“ befinden. In vorteilhafter Weise wird eine Parallelisierung und besonders effiziente Durchführung der Berechnungen ermöglicht, wobei Komponenten rechnerlokal und/oder netzwerkweit verteilt werden können.

Beschreibung

Werkzeug und Verfahren zur Simulation einer technischen Anlage

5

Die Erfindung betrifft ein Werkzeug zur Simulation einer technischen Anlage mit zumindest einer Simulatorinstanz, die mehrere, jeweils als zumindest eine Anwendung realisierte Komponenten umfasst, wobei mehrere dieser Komponenten Eingänge und Ausgänge aufweisen und zur modellgestützten, zyklischen Berechnung von neuen Ausgangswerten in jedem Simulationszyklus in Abhängigkeit von den jeweiligen Eingangswerten ausgebildet sind.

10

15 Im Bau technischer Anlagen, insbesondere im verfahrenstechnischen Anlagenbau, wächst der Wunsch nach einer durchgängigen digitalen Planung der zu realisierenden Anlage. Die Verkürzung der Planungs- und Bauphase bei gleichzeitiger Steigerung der Qualität bedeutet für den Anlagenbetreiber einen schnelleren Return-of-Invest. Die digitale Planung einer virtuellen Anlage und deren Simulation ermöglicht es, die Planungsergebnisse zu testen, um bei der späteren Realisierung auf der Baustelle und in der Inbetriebsetzungsphase keine unliebsamen Überraschungen zu erleben. Durch Simulation wird versucht,
25 eine möglichst realitätsnahe Prüfung zu erhalten.

Der Einsatz von Anlagensimulation endet aber nicht mit dem Start der Produktion auf der Anlage. Beispielsweise kann während des Betriebs unabhängig von der laufenden Produktion

30

Personal an einer virtuellen Anlage geschult werden. Daneben sind Optimierungen und Tests an der virtuellen Anlage möglich, ohne die reale Produktion zu stören. Die Simulation der technischen Anlage dient dann zur Optimierung des Betriebs der Anlage oder zur Verbesserung der Qualität des auf der Anlage hergestellten Produkts.

35

Am Bau einer Anlage sind unterschiedliche Gewerke beteiligt, die alle ihre eigenen Modelle und Simulatoren haben. Die Bedienung der Simulatoren und die Ermittlung der Einsatzgrenzen

der Modelle erfordern ein tiefes Verständnis der Gewerke. Oft variieren je nach Anwendungsfall und Testszenario die notwendigen Simulationsmodelle. In vielen unterschiedlichen Industriezweigen werden verfahrenstechnische Anlagen zur Produktion benötigt. Neben der klassischen Chemie sind beispielsweise die pharmazeutische Industrie, Nahrung- und Genussmittelin-
dustrie und der Bereich Wasser und Abwasser zu nennen. Je nach Anwendungsfall sind für die Simulation domänenspezifische Modelle und Simulatoren im Einsatz. Nicht zuletzt ist zu
nennen, dass jede verfahrenstechnische Anlage im Detail ein Unikat darstellt.

Bisher werden zur Anlagensimulation notwendige Modelle oftmals neu entwickelt, unabhängig davon, dass in der Planung bereits Modelle entstanden sind. Zum Einsatz kommt dann meist nur ein Simulationswerkzeug mit einem Modell für die gesamte Anlage. Bestehende Modelle und Simulatoren werden dann nicht mehr eingesetzt. Sollen dennoch beispielsweise aus der Planung vorhandene Modelle weiter verwendet werden, so müssen diese in passende Formate transformiert werden. In automatisierter Weise gelingt dies nur selten. Eine manuelle Übertragung der Modelle ist dagegen zeitintensiv und fehleranfällig. Simulationsmodelle enthalten Prozess-Know-how und beschreiben damit einen wesentlichen Teil des Firmenkapitals des Anlagenbetreibers. Diese Modelle werden entsprechend unter Verschluss gehalten, um das Wissen vor Nachahmern zu schützen. Für eine Simulation steht dann lediglich das von außen erkennbare Verhalten nach Art einer Black Box zur Verfügung.

Um bestehende Modelle mit den unterschiedlichen domänenspezifischen und gewerkespezifischen Simulatoren nutzen zu können, wird versucht, die Simulationswerkzeuge zu koppeln. Eine Punkt-zu-Punkt-Kopplung zwischen zwei Simulatoren löst das Problem nur singulär. Eine derartige Lösung ist sehr statisch und oftmals nur für einen speziellen Anwendungsfall geeignet. Änderungen der Randbedingungen bewirken eine Programmänderung der Kopplung. Modelländerungen oder gar Modellrekonfigurationen zur Simulationslaufzeit sind vor diesem Hintergrund

kaum realisierbar. Zur Koordination der an einer Co-Simulation beteiligten Simulatoren und zum Datenaustausch wird eine zentrale Ablaufsteuerung benötigt, die durch ihren proprietären Charakter test- und anwendungsfallbedingt diversen Anpassungen unterworfen ist. Ein sehr wichtiger Bestandteil im Zusammenspiel der beteiligten Simulatoren ist die Vermeidung oder zumindest Erkennung einer Echtzeitverletzung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Werkzeug und ein Verfahren zur Simulation einer technischen Anlage zu schaffen, die auf einfache Weise ein verbessertes Zusammenspiel von mehreren, an der Simulation beteiligten Simulatoren ermöglichen.

Zur Lösung dieser Aufgabe weist das neue Werkzeug der eingangs genannten Art die in Anspruch 1 angegebenen Merkmale auf. Vorteilhafte Weiterbildungen des Werkzeugs sind in den abhängigen Ansprüchen, ein Verfahren zur Simulation einer technischen Anlage in Anspruch 10, ein Computerprogramm und ein digitales Speichermedium in den Ansprüchen 11 bzw. 12 beschrieben.

Die Erfindung hat den Vorteil, dass unterschiedlichste gewerkespezifische und domänenspezifische Simulationsmodelle und Simulatoren jeweils als Komponenten einer Simulatorinstanz zusammenspielen können. Dadurch wird es möglich, eine technische Anlage unter gesamtheitlichen Gesichtspunkten zu modellieren und zu simulieren. Dabei ist in vorteilhafter Weise keine zentrale Ablaufsteuerung zur Koordination der an der Simulation beteiligten Komponenten erforderlich, die einen erhöhten Kontroll- und Kommunikationsaufwand bedeuten würde. Vielmehr wird der Ablauf durch die Bearbeitung der Daten von den Komponenten entsprechend den im Datenfluss festgelegten Komponentenabhängigkeiten gesteuert, so dass von einem datenflussgesteuerten Ablauf gesprochen werden kann.

In einer vorteilhaften Weiterbildung haben die Simulationszyklen eine nahezu konstante Zyklendauer und eine Komponente ist als so genannter Master dazu ausgebildet, Simulationszyk-

len zu starten, indem jeweils eine Zeitscheibenspeicherzelle, die einem Eingang einer Komponente zugeordnet ist, auf den Zustand „nicht verarbeitet“ gesetzt und den Komponenten die jeweils gültige Systemzeit mitgeteilt wird. Bei nahezu konstanter Zyklendauer werden die modellbasierten Berechnungen der Komponenten vereinfacht und Simulationsberechnungen können in den Komponenten in einfacher Weise an Schwankungen der Zyklendauer angepasst werden.

Im Normalfall, das heißt, wenn keine Echtzeitverletzung vorliegt, befindet sich die Zeitscheibenspeicherzelle in dem Zustand „verarbeitet“, bevor durch den Master ein neuer Simulationszyklus gestartet wird. Wird jedoch bei einer Echtzeitsimulation durch den Master versucht, einen neuen Simulationszyklus einzuleiten, obwohl sich die Zeitscheibenspeicherzelle noch im Zustand „nicht verarbeitet“ befindet, liegt eine Echtzeitverletzung vor und wird als Fehler angezeigt. Obwohl die Abarbeitung der Simulation durch die beteiligten Simulatoren nicht von einer zentralen Ablaufsteuerung kontrolliert wird, können durch diese Vorgehensweise Echtzeitverletzungen in besonders effektiver und einfacher Weise detektiert und gemeldet werden, die ansonsten möglicherweise unerkannt bleiben würden und ein unkontrolliertes Simulatorverhalten zur Folge hätten.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist zur Hinterlegung des auszuführenden Datenflusses eine so genannte Managerkomponente vorgesehen, in welcher der Datenfluss als eine Liste von Abbildungen von jeweils einem Komponentenausgang auf einen oder mehrere Komponenteneingänge abgespeichert ist, wobei die Abbildungen zusätzlich die dem Komponenteneingang bzw. den Komponenteneingängen jeweils zugeordnete Speicherzelle kennzeichnen. Die datenflussorientierte Ablaufsteuerung kann damit einfacher verwaltet werden, da in derselben Liste die den Komponenteneingängen zugeordneten Speicherzellen und Datenverbindungen hinterlegt sind.

Bei Verwendung eines geeigneten Frameworks zur Implementierung des Werkzeugs können Komponenten einer Simulatorinstanz

zur Laufzeit hinzugefügt, entfernt oder ausgetauscht werden. Damit beim Austausch von Komponenten keine Inkonsistenzen, zum Beispiel Sprünge von Ausgangswerten, entstehen, ist es bei Komponenten mit Gedächtnis, zum Beispiel wenn eine mo-
5 dellbasierte Berechnung einen Integrator aufweist, notwendig, den Zustand der Komponente vor dem Austausch abzuspeichern, um ihn anschließend übergangsfrei wieder herstellen zu können. In vorteilhafter Weise kann der dazu erforderliche Zustandsspeicher ebenfalls in der Managerkomponente realisiert
10 werden.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist eine Komponente zur Simulationskopplung vorgesehen, die zur Anwendung von beliebigen Anlagensimulatoren an die Simulatorinstanz geeignet ist oder die Verwendung von bereits vorhandenen und
15 spezifischen Anlagenmodellen unterstützt. Komponenten zur Simulationskopplung sind daher nicht nur zur Anbindung von Anlagensimulatoren, sondern auch zur Anbindung von anderen Anwendungen, beispielsweise ausführbaren Modellen, geeignet.
20 Ausführbare Modelle können unter anderem von verschiedenen Simulatoren generiert oder einfach von Hand in einer beliebigen Programmiersprache entwickelt werden.

Sofern die Schnittstelle eines anzubindenden Anlagensimulators oder eines ausführbaren Modells nicht in der Programmiersprache Java vorliegt, sondern in C/C++, kann in vorteilhafter Weise das Java Native Interface (JNI) zur Anbindung an die Komponente zur Simulationskopplung genutzt werden. Dieses ist in vorteilhafter Weise nicht an plattformspezifische
25 Funktionen, zum Beispiel Windows-Shared-Memory, gebunden.
30

In vorteilhafter Weise wird eine Verteilung von Simulator-Komponenten auf mehrere Simulatorinstanzen ermöglicht, wenn jede Instanz mit einer Komponente zur Simulationskopplung Remote versehen ist, durch welche die Kopplung zwischen den Instanzen realisiert werden kann.
35

Prinzipiell sind verschiedene Runtime-Frameworks zur Realisierung des Simulationswerkzeugs geeignet, zum Beispiel das

Service-Oriented-Framework (SOF). Als besonders vorteilhaft hat sich jedoch die Realisierung einer Simulatorinstanz als Co-Simulationsframework auf der OSGI-Serviceplattform erwiesen. Alle Komponenten werden als so genannte Bundles von einem OSGI-Framework dynamisch eingebunden. Das OSGI-Framework basiert auf der Programmiersprache Java und ist ein modularer und komponentenorientierter Softwarestandard, dessen Dienste lokal und netzwerkweit durch ein dynamisches Laufzeitsystem angeboten werden können. Dienste werden durch die kleinste modulare Einheit des OSGI-Frameworks, den so genannten Bundles bereitgestellt. In vorteilhafter Weise können die Bundles eines OSGI-Frameworks dynamisch, das heißt ohne das System anhalten oder neu starten zu müssen, installiert, deinstalliert oder auch aktualisiert werden.

Die Erfindung wird bevorzugt durch Laden einer geeigneten Software auf eine oder mehrere Recheneinheiten implementiert. Die Erfindung ist damit einerseits auch ein Computerprogramm mit durch einem Computer ausführbaren Programmcodeanweisungen und andererseits ein Speichermedium mit einem derartigen Computerprogramm, also ein Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, sowie ein Werkzeug zur Simulation einer technischen Anlage, das mit Recheneinheiten realisiert ist, in deren Speicher als Mittel zur Durchführung der Simulation und seiner Ausgestaltungen ein solches Computerprogramm geladen oder ladbar ist.

Anhand der Zeichnungen, in denen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt ist, werden im Folgenden die Erfindung sowie Ausgestaltungen und Vorteile näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 ein Blockschaltbild eines Werkzeugs zur Simulation einer technischen Anlage,

Figuren 2A bis 2D ein Komponentennetz in jeweils einem von vier Zuständen zur Veranschaulichung ei-

nes ereignisgesteuerten Ablaufs eines Simulationszyklus und

Figur 3 einen Ausschnitt eines Komponentennetzes mit nebenläufiger Abarbeitung.

Das im Folgenden erläuterte Ausführungsbeispiel zeigt ein Werkzeug zur Simulation einer technischen Anlage, welches auf der Basis der Softwareplattform der OSGI Alliance realisiert ist. Alternativ sind auch andere Runtime-Frameworks geeignet, zum Beispiel das so genannte Service-Oriented-Framework (SOF). Als besonders vorteilhaft hat sich jedoch die Verwendung der Plattform der OSGI Alliance erwiesen.

Wie in Figur 1 dargestellt, setzt sich eine Simulatorinstanz 1, die auch als Co-Simulationsframework 1 bezeichnet werden kann, aus unterschiedlichen Komponenten 2...8 zusammen. Die Komponenten 2...8 werden als so genannte Bundles 2...8 von einem OSGI-Framework 9 dynamisch eingebunden. Das OSGI-Framework 9 basiert auf der Programmiersprache Java und ist ein modularer und komponentenorientierter Softwarestandard der OSGI Alliance, dessen Dienste lokal und netzwerkweit durch ein dynamisches Laufzeitsystem angeboten werden können. Dienste werden durch die kleinste modulare Einheit des Co-Simulationsframeworks 1, den so genannten Bundles 2...8, bereitgestellt. Das hat den Vorteil, dass die Bundles 2...8 dynamisch, das heißt ohne das System anhalten oder neu starten zu müssen, installiert, deinstalliert oder auch aktualisiert werden können. Die Komponenten 2...8 der als Co-Simulationsframework realisierten Simulatorinstanz 1 umfassen eine Managerkomponente 2, die auch als Simulationsframeworkmanager bezeichnet werden kann, Komponenten 3, 7 und 8 zur Simulationskopplung, im Folgenden auch als Simulationskopplungen bezeichnet, von welchen die Komponente 8 als Simulationskopplung Remote zur Kopplung der Simulatorinstanz 1 mit einer weiteren Simulatorinstanz 10 dient, sowie Komponenten 4, 5 und 6, welche selbst Modelle von Teilbereichen der technischen Anlage enthalten. Die Komponenten 2...8 weisen in der Figur nicht weiter dargestellte Eingänge und Ausgänge auf und dienen zur modellge-

stützten, zyklischen Berechnung von neuen Ausgangswerten in jedem Simulationszyklus in Abhängigkeit von den jeweiligen Eingangswerten. Dabei können interne Modelle, wie bei den Komponenten 4, 5 und 6, externe Modelle 11 und 12, wie bei
5 den Komponenten 3 bzw. 7, oder eine externe Simulatorinstanz 10 bei der Komponente 8, die zur Simulationskopplung Remote dient, Anwendung finden.

Die Managerkomponente 2 ist für die Verwaltung der Simulator-
10 instanz 1 zuständig und beinhaltet Informationen über Abhängigkeiten der Komponenten 3...8 untereinander sowie über deren Zustände. Durch die Komponentenabhängigkeiten wird die Reihenfolge der Simulationsabarbeitung in Abhängigkeit der Verkettung der Ein- und Ausgänge der Komponenten 3...8 zu einem
15 Datenflusspfad definiert. Unterstützt durch den OSGI-Standard können die Komponenten 3...8 der Simulatorinstanz 1 zur Laufzeit hinzugefügt, entfernt oder ausgetauscht werden. Damit beim Austausch von Komponenten keine Inkonsistenzen, zum Beispiel Sprünge bei den neu berechneten Werten von Ausgängen,
20 entstehen, wird für die Komponenten mit Gedächtnis, beispielsweise für den Zustand eines in einer Komponente enthaltenen Integrators, der Zustand der Komponente vor dem Austausch in einem Zustandsspeicher der Managerkomponente 2 festgehalten, um den Zustand nach Austausch übergangsfrei
25 wieder herstellen zu können. Dieser Zustandsspeicher ist vorteilhaft ebenfalls durch die Managerkomponente 2 realisiert.

Die Komponenten 3 und 7 zur Simulationskopplung können zur Anbindung von beliebigen Anlagensimulatoren an das OSGI-
30 Framework 9 genutzt werden und unterstützen die Integration von bereits vorhandenen und spezifischen Anlagenmodellen. Als Beispiel ist in Figur 1 durch die Komponente 3 in Figur 1 das Simulationswerkzeug SIMIT, das von der Siemens AG erhältlich ist, als Anlagensimulator 11 angebunden. Simulationskopp-
35 lungskomponenten können jedoch nicht ausschließlich zur Anbindung von Anlagensimulatoren, sondern auch zur Kopplung von anderen Anwendungen, wie beispielsweise ausführbaren Modellen, an das OSGI-Framework 9 genutzt werden. Ausführbare Modelle können beispielsweise von verschiedenen Simulatoren ge-

neriert oder einfach von Hand in einer beliebigen Programmiersprache entwickelt werden. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist das ausführbare Modell 12 durch die Komponente 7 zur Simulationskopplung an das OSGI-Framework 9 angebunden. Zur Realisierung einer Kommunikationsverbindung zwischen Komponente 3 und Simulator 11 oder zwischen Komponente 7 und ausführbare Modell 12 sind prinzipiell verschiedene Arten von Schnittstellen verfügbar. Hierzu zählt beispielsweise der OPC (Object Linking and Embedding for Process Control)-Standard, der von vielen Anlagensimulatoren unterstützt wird. Als standardisierte Modellschnittstelle kann beispielsweise eine FMI (Functional Mock-Up Interface)-konforme Simulationskopplung verwendet werden. FMI ist eine standardisierte Schnittstelle für rechnergestützte Simulationen, um komplexe Systeme mit einem modellbasierten Ansatz entwickeln zu können. Damit sind Simulatoren in der Lage, ausführbare Modelle, so genannte FMUs (Functional Mock-Up Units) mit einer FMI-Schnittstelle zur Kopplung an andere Modelle zu exportieren. Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind zwei Schnittstellen 13 und 14, die zur Anbindung des SIMIT-Simulators 11 bzw. des ausführbaren Modells 12 dienen, als JNI (Java Native Interface) ausgebildet. Das hat den Vorteil, dass die Schnittstellen 13 und 14 für Simulatoren oder Modelle genutzt werden können, die nicht in der Programmiersprache Java vorliegen, zum Beispiel in der Programmiersprache C. Zudem sind sie nicht an plattformspezifische Funktionen, zum Beispiel Windows Shared Memory, gebunden.

Um die in Figur 1 dargestellte Verteilung von Simulationskomponenten auf zwei Co-Simulationsframeworks 1 und 10, die beide jeweils eine Simulatorinstanz realisieren, zu ermöglichen, ist in der Simulatorinstanz 1 die Komponente 8 zur Simulationskopplung und in der Simulatorinstanz 10 eine weitere Komponente 15 zur Simulationskopplung vorgesehen, die über Kommunikationsschnittstellen miteinander verbunden sind. Mit derartigen Komponenten zur Simulationskopplung Remote werden der Datenaustausch und die Kommunikation zwischen verschiedenen Simulatorinstanzen rechnerlokal oder netzwerkweit unterstützt. In der jeweiligen Instanz, in der sie sich befinden,

repräsentieren sie die jeweils angekoppelte Simulatorinstanz. Beispielsweise wird in Figur 1 die Simulatorinstanz 10 durch die Komponente 8 mit ihren Dateneingängen und Datenausgängen in der Simulatorinstanz 1 repräsentiert. Die Simulatorinstanz 10 weist beispielhaft eine Managerkomponente 16, ein OSGI-Framework 17 und eine Komponente 18 zur Simulationskopplung auf, an welche ein ausführbares Modell 19 über ein Java Native Interface 20 angekoppelt ist.

- 10 In die Komponenten 4, 5 und 6 sind in der Programmiersprache Java realisierte Modelle unmittelbar integriert und durch die Anbindung der Komponenten 4...6 an das OSGI-Framework 9 in den Datenfluss integriert.
- 15 In jeder Simulatorinstanz wird der Ablauf durch die Bearbeitung der Daten von den Komponenten entsprechend den im Datenflusspfad festgelegten Komponentenabhängigkeiten gesteuert. Gegenüber der alternativen Möglichkeit, in einer zentralen Komponente eine Ablaufsteuerung für die an der Simulation beteiligten Komponente zu realisieren, hat dies den Vorteil, dass der damit verbundene Kontroll- und Kommunikationsmehraufwand, der die Vorteile des OSGI-Frameworks im Hinblick auf Parallelisierung und Verteilung stark einschränken würde, vermieden wird. Anstelle einer zentralen Ablaufsteuerung wird
- 20 nun eine ereignisgesteuerte und datenflussorientierte Abarbeitung in Simulatorinstanzen durchgeführt. Jeder Eingang einer Komponente ist ein Vektor, der sowohl den Zustand des Eingangs als auch dessen Wert beinhaltet. Dies wird allgemein in der folgenden Gleichung für einen Eingang E_m einer Komponente K_n formuliert:

$$\overrightarrow{K_n E_m} = \begin{pmatrix} \text{Zustand} \\ \text{Wert} \end{pmatrix} \text{ mit } \text{Zustand} \in \{0;1\}.$$

- 35 Dabei steht der Ausdruck „Wert“ zum Beispiel für eine Integer-Variable, einen Vektor oder ein Array von Variablen, die für die Simulationsberechnungen benötigt werden. Der Zustand des Eingangs kann die Werte „Null“ für „verarbeitet“ und „1“ für „nicht verarbeitet“ annehmen. Da jede Komponente über

mehr als einen Eingang verfügen kann, ist die Menge aller Eingänge in Matrix-Schreibweise darstellbar, wie dies die folgende Gleichung zeigt:

$$5 \quad \underline{K_n E} = \begin{pmatrix} \overrightarrow{K_n E_1}^T \\ \overrightarrow{K_n E_2}^T \\ \dots \\ \overrightarrow{K_n E_k}^T \end{pmatrix}$$

Beispielhaft ist die Formel für die Komponente K_n mit k Eingängen $K_n E_1 \dots K_n E_k$ dargestellt.

10 Im Folgenden wird die ereignisgesteuerte Abarbeitung, deren Reihenfolge sich an dem in einer Managerkomponente abgelegten Datenfluss orientiert, näher erläutert. Die Figuren 2A...2D zeigen verschiedene Zustände eines Komponentennetzes mit drei Komponenten K_1 , K_2 und K_3 , sowie ein Beispiel eines Datenflusses anhand von Verbindungspfeilen zwischen Ausgängen, welche
15 über keinen Zustand verfügen, und Eingängen mit dem jeweils markierten Zustand. Die Eingangszustände sind in Figur 2 mit Kreisen symbolisiert, wobei ein ausgefüllter Kreis einem „nicht verarbeiteten“ und ein leerer Kreis einem „verarbeiteten“ Zustand entspricht. Da die in einem Simulationszyklus
20 neu berechneten Ausgangswerte der Komponenten K_1 , K_2 und K_3 , welche gemäß dem dargestellten Datenfluss übergeben werden, für die Erläuterung der Ablaufsteuerung unerheblich sind, sind diese in Figur 2 der Übersichtlichkeit wegen nicht dargestellt. Ereignisgesteuert bedeutet beispielsweise, dass jeder Ausgang mit der Berechnung eines neuen Ausgangswerts diesen im Framework propagiert. Eingänge hören auf die neu bereitgestellten Daten und erkennen somit das neu eingetretene Ereignis, dass die jeweils vorgeschaltete Komponente neue
25 Ausgangsdaten als eigene Eingangsdaten bereitgestellt hat. Da diese Zustandsänderung in einer Realisierung durch Codierung in irgendeiner Form dargestellt werden muss, wird dies im Rahmen der vorliegenden Anmeldung einfach als Zustand einer dem jeweiligen Eingang zugeordneten Speicherzelle bezeichnet.

Figur 2A zeigt die Initialisierung der Eingangszustände der Komponenten K_1 , K_2 und K_3 , die vor Beginn der Simulation durchgeführt wird. Dabei werden alle Eingänge, auf welche

Ausgänge von Folgekomponenten im Datenfluss gekoppelt sind, auf den Zustand „nicht verarbeitet“ gesetzt. Der Zustand nach der Initialisierung ist in Figur 2A dargestellt. Figur 2B zeigt den Zustand unmittelbar nach der Einleitung eines Simulationszyklus durch ein Zeitscheibenereignis, bei welchem der bisher nicht gesetzte Eingang K_1E_1 durch Auflegen einer Zeitscheibe gesetzt wurde. Eine Zeitscheibe ist wie alle anderen Komponenteneingänge ein Vektor, bestehend aus dem jeweiligen Zustand und einem Wert, wobei als Wert hier die aktuelle Systemzeit übergeben wird. In Figur 2B sind alle Eingänge der Komponente K_1 im Zustand „nicht verarbeitet“. Erst wenn der Zustand aller Eingänge einer Komponente den Wert „1“, das heißt den Zustand „nicht verarbeitet“, angenommen hat, werden neue Ausgangswerte für ihre Ausgänge berechnet und der im Datenfluss nächsten Komponente bereitgestellt. Die folgende Formel beschreibt die Abbildung eines neu berechneten Werts eines Komponentenausgangs auf den Eingang der Folgekomponente:

$$\overrightarrow{K_n A_m}(i+1) \mapsto \overrightarrow{K_{n+1} E_l}(i) \text{ mit } i \text{ eine natürliche Zahl.}$$

Die Formel bedeutet, dass der Wert des m-ten Ausgangs A_m der n-ten Komponente K_n des Simulationszyklus Nr. $i+1$ abgebildet wird auf beispielsweise den l-ten Eingang E_l der (n+1)-ten Komponente K_{n+1} im Simulationszyklus i .

In Folge der Verarbeitung der Eingänge der Komponente K_1 wird in den in Figur 2C dargestellten Zustand übergegangen, in welchem die Eingänge der Komponente K_2 gesetzt sind. Die Komponente K_2 führt ihre Berechnungen durch und es wird in den in Figur 2D dargestellten Zustand des Komponentennetzes gewechselt. Nun führt die Komponente K_3 eine Neuberechnung des Werts ihres Ausgangs durch. Damit wird der Simulationszyklus beendet und zum in Figur 2A dargestellten Ausgangszustand zurückgekehrt. Erst wenn ein neues Zeitscheibenereignis eintritt, kann mit dem nächsten Simulationszyklus begonnen wer-

den. Damit erfolgt, wie bereits oben angedeutet, die Abarbeitung datenflussorientiert in parallelisierbaren Prozessen ohne eine zentrale Ablaufsteuerung zu benötigen. Zur Vermeidung von unzulässigen Berechnungsfolgen wird die zusätzliche Randbedingung beachtet, dass ein Neuberechneter Ausgangswert erst dann entsprechend dem hinterlegten Datenfluss an einen Eingang übergeben werden darf, wenn der Zustand des Eingangs „0“, d. h. „verarbeitet“, ist. Ist dies noch nicht der Fall, muss mit der Datenübergabe weiter abgewartet werden. Das „Auflaufen“ von Übergaben ist ein Mittel zur Synchronisation der Komponenten untereinander und ist selbst bei Echtzeitsimulationen über einen gewissen Zeitraum hinweg unproblematisch. Soll jedoch bei einer Echtzeitsimulation ein neuer Simulationszyklus durch Auflegen einer Zeitscheibe eingeleitet werden, obwohl sich der Komponenteneingang K_1E_1 der Zeitscheibe noch im Zustand „1“, das heißt „nicht verarbeitet“, befindet, liegt eine Echtzeitverletzung vor. Auf diese Weise können Echtzeitverletzungen zuverlässig detektiert und gemeldet werden, ohne dass eine zentrale Ablaufsteuerung für die in den Komponenten durchzuführenden Berechnungen erforderlich wäre. Mit der zuverlässigen Detektion von Echtzeitverletzungen wird in vorteilhafter Weise ein unkontrolliertes Verhalten der zur Simulation genutzten Modelle vermieden.

Wie bereits einleitend erwähnt, liegt eine Besonderheit des in der vorliegenden Anmeldung beschriebenen Werkzeugs zur Simulation einer technischen Anlage in der nebenläufigen und verteilten Abarbeitung von Berechnungen in Komponenten, die nun durch Figur 3 veranschaulicht werden soll. Im Unterschied zu einer zentralen Ablaufsteuerung für sequentiell abzuarbeitende Komponenten stellt in der vorliegenden Anmeldung jede Komponente eine Anwendung oder einen eigenständigen Prozess dar, der in dem gezeigten Ausführungsbeispiel als OSGI-Bundle realisiert ist. Es können gleichzeitig mehrere Berechnungen in unterschiedlichen Komponenten erfolgen, sofern sich deren Eingänge zuvor alle im Zustand „1“ oder „nicht verarbeitet“ befunden haben. Bedingt durch die Parallelisierung erfolgt die Abarbeitung somit sehr effizient. Bei dem in Figur 3 als Beispiel dargestellten Teil eines Datenflusses beginnt ein

Ausschnitt eines Simulationszyklus mit der Berechnung eines neuen Ausgangswerts durch eine Komponente K_4 . Dieser Wert wird an jeweils einen Eingang von drei Komponenten K_5 , K_6 und K_7 übergeben, die dadurch gleichzeitig und parallel mit ihren Berechnungen beginnen können. Liegen alle neu berechneten Ausgangswerte der Komponenten K_5 , K_6 und K_7 für die entsprechenden Eingänge der Komponente K_8 bereit, kann die Komponente K_8 vergleichsweise früh ihre modellgestützten Berechnungen durchführen. Darüber hinaus kann beispielsweise die Komponente K_7 als Komponente zur Simulationskopplung Remote eine weitere Simulatorinstanz repräsentieren. Zusammengefasst ist es also möglich, zur Simulation einer technischen Anlage erforderliche Berechnungen parallel und verteilt auf mehrere Rechner abzuarbeiten, was eine erhebliche Steigerung der Leistungsfähigkeit bedeutet. Selbst wenn für die Abarbeitung der Berechnungen in den Komponenten K_5 , K_6 und K_7 unterschiedliche Zeiträume verstreichen würden, bliebe die Gesamtsimulation dennoch konsistent, da durch die zuvor beschriebene datenflussorientierte Abarbeitung automatisch eine Synchronisation in der Komponente K_8 stattfindet, ohne dass hierzu eine zentrale Ablaufsteuerung erforderlich wäre.

Zusammenfassend wird also ein neues Simulationswerkzeug und Verfahren beschrieben, in welchem unterschiedliche domänen-spezifische und gewerkespezifische Simulatoren und deren Modelle miteinander gekoppelt werden können. Dabei wird die erforderliche Funktionalität bereitgestellt, um verteilte Simulatoren unter Berücksichtigung der Einhaltung der Echtzeit effizient miteinander zu koppeln. Kann im Ablauf der Simulation die Echtzeit nicht eingehalten werden, liefert das Werkzeug eine Meldung über die aufgetretene Verletzung. Zur Anbindung von Modellen oder Simulatoren steht eine große Bandbreite an standardisierten Schnittstellen für das Werkzeug zur Verfügung. Weiterhin können während der Simulation dynamisch als so genannte Bundles realisierte Simulatoren und Modelle hinzugefügt und entfernt werden. Es wird keine zentrale Ablaufsteuerung für die als eigenständige Prozesse realisierten Komponenten benötigt, durch welche die Leistungsfähigkeit des Werkzeugs erheblich eingeschränkt würde.

Für eine prototypische Realisierung des Werkzeugs wurde der Anlagensimulator SIMIT der Siemens AG mit einer Simulatorinstanz gekoppelt. Der Anlagensimulator SIMIT realisierte dabei die Visualisierung des Modells sowie die regel- und steuerungstechnischen Algorithmen zur Füllstandsregelung eines Tanks. Der Tank selbst sowie die Rohrleitungen und die Sensorik wurden durch Komponenten mit integrierten Modellen innerhalb der Simulatorinstanz realisiert. Zur Abarbeitung mehrerer Testfälle wurden unterschiedliche Tankmodelle eingesetzt, die beispielsweise einen idealen und einen undichten Tank darstellten. Um die dynamische Modellrekonfiguration des Co-Simulationsframeworks zu evaluieren, wurden diese Tankmodelle während der mit SIMIT gekoppelten Co-Simulation ausgetauscht. Durch die zuvor beschriebene Managerkomponente mit ihren Eigenschaften blieb in vorteilhafterweise trotz Modellaustausch die Signalintegrität dabei erhalten.

Patentansprüche

1. Werkzeug zur Simulation einer technischen Anlage mit zumindest einer Simulatorinstanz (1, 10), die mehrere, jeweils als zumindest eine Anwendung realisierte Komponenten (2...8, 15, 16, 18) umfasst, wobei mehrere Komponenten (3...8, 15, 18) Eingänge und Ausgänge aufweisen und zur modellgestützten, zyklischen Berechnung von neuen Ausgangswerten in jedem Simulationszyklus in Abhängigkeit von den jeweiligen Eingangswerten ausgebildet sind, wobei in zumindest einer Komponente (2, 16) der in einem Simulationszyklus auszuführende Datenfluss hinterlegt ist, in welchem für jeden Komponentenausgang festgelegt ist, an welchen Komponenteneingang oder welche Komponenteneingänge in Simulationszyklen neu berechnete Werte des Ausgangs als Daten zu übergeben sind, wobei Komponenteneingängen jeweils zumindest eine Speicherzelle zugeordnet ist zur Zustandsanzeige, ob der jeweilige Eingangswert in einem Simulationszyklus bereits „verarbeitet“ oder noch „nicht verarbeitet“ ist, wobei Komponenten (3...8, 15, 18) dazu ausgebildet sind, die Berechnung ihrer neuen Ausgangswerte in Abhängigkeit ihrer Eingangswerte in Simulationszyklen erst dann durchzuführen, wenn der Zustand „nicht verarbeitet“ bei allen Speicherzellen gesetzt ist, die ihren Komponenteneingängen zugeordnet sind, und nach Durchführung der Berechnung den Zustand „verarbeitet“ bei allen ihren Komponenteneingängen zugeordneten Speicherzellen zu setzen, und wobei in Simulationszyklen neu berechnete Ausgangswerte erst dann gemäß dem hinterlegten Datenfluss an Komponenteneingänge übergebbar und die diesen Komponenteneingängen zugeordneten Speicherzellen auf den Zustand „nicht verarbeitet“ setzbar sind, wenn zuvor der Zustand „verarbeitet“ der diesen Komponenteneingängen jeweils zugeordneten Speicherzellen gesetzt war.

2. Werkzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Simulationszyklen eine nahezu konstante Zyklendauer haben und dass eine Komponente (2...8, 15, 16, 18) als so genannter Mas-

ter dazu ausgebildet ist, den anderen Komponenten die Systemzeit mitzuteilen und durch Setzen einer Zeitscheibenspeicherzelle, die einem Eingang einer Komponente zugeordnet ist, auf den Zustand „nicht verarbeitet“ einen Simulationszyklus zu
5 starten.

3. Werkzeug nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Master zudem dazu ausgebildet ist, eine Echtzeitverletzung als Fehler anzuzeigen, wenn die Zeitscheibenspeicherzelle
10 sich vor dem Starten des Simulationszyklus im Zustand „nicht verarbeitet“ befand.

4. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Hinterlegung des auszuführenden Datenflusses eine so genannte Managerkomponente (2, 16) vorgesehen ist, in welcher der Datenfluss als eine Liste von Abbildungen von jeweils einem Komponentenausgang auf einen oder mehrere Komponenteneingänge abgespeichert ist, wobei die Abbildungen zusätzlich die dem Komponenteneingang bzw. den Komponenteneingängen jeweils zugeordnete Speicherzelle kennzeichnen.
15
20

5. Werkzeug nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Managerkomponente (2, 16) einen Zustandsspeicher zur Hinterlegung innerer Zustände von weiteren Komponenten (3...8, 15, 18) aufweist.
25

6. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Komponente (3, 7, 8, 15, 18) zur Simulationskopplung vorhanden ist, durch welche ein Anlagensimulator (11) oder ein ausführbares Modell (12, 19) an das Werkzeug anbindbar ist.
30

7. Werkzeug nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Java Native Interface (13, 14, 20) zur Anbindung an die Simulationskopplungskomponente (3, 7, 18) implementiert ist.
35

8. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Komponente (8; 15) zur

Simulationskopplung Remote vorhanden ist, durch welche eine weitere Simulatorinstanz (10; 1) mit Hilfe einer Komponente (15; 8) zur Simulationskopplung Remote anbindbar ist.

- 5 9. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Komponenten (2...8; 15, 16, 18) der Simulatorinstanz (1; 10) als OSGI-Bundles realisiert und durch ein OSGI-Framework (9; 17) eingebunden sind.
- 10 10. Verfahren zur Simulation einer technischen Anlage mit zumindest einer Simulatorinstanz (1, 10), die mehrere, jeweils als zumindest eine Anwendung realisierte Komponenten (2...8, 15, 16, 18) umfasst, wobei mehrere Komponenten (3...8, 15, 18) Eingänge und Ausgänge aufweisen und eine modellgestützte, 15 zyklische Berechnung von neuen Ausgangswerten in jedem Simulationszyklus in Abhängigkeit von den jeweiligen Eingangswerten durchführen, wobei in zumindest einer Komponente der in einem Simulationszyklus auszuführender Datenfluss hinterlegt wird, in welchem 20 für jeden Komponentenausgang festgelegt ist, an welchen Komponenteneingang oder welche Komponenteneingänge in Simulationszyklen neu berechnete Werte des Ausgangs als Daten übergeben werden, wobei Komponenteneingängen jeweils zumindest eine Speicherzelle zugeordnet wird, durch welche der Zustand angezeigt 25 wird, ob der jeweilige Eingangswert in einem Simulationszyklus bereits „verarbeitet“ oder noch „nicht verarbeitet“ ist, wobei Komponenten (3...8, 15, 18) die Berechnung ihrer neuen Ausgangswerte in Abhängigkeit ihrer Eingangswerte in Simulationszyklen erst dann durchführen, wenn der Zustand „nicht 30 verarbeitet“ bei allen Speicherzellen gesetzt ist, die ihren Komponenteneingängen zugeordnet sind, und nach Durchführen der Berechnung den Zustand „verarbeitet“ bei allen ihren Komponenteneingängen zugeordneten Speicherzellen setzen, und 35 wobei in Simulationszyklen neu berechnete Ausgangswerte erst dann gemäß dem hinterlegten Datenfluss an Komponenteneingänge übergeben und die diesen Komponenteneingängen zugeordneten Speicherzellen auf den Zustand „nicht verarbeitet“ gesetzt werden, wenn zuvor der Zustand „verarbeitet“, der diesen Kom-

ponenteneingängen jeweils zugeordneten Speicherzellen gesetzt war.

11. Computerprogramm oder Computerprogrammprodukt mit auf ei-
5 nem computerlesbaren Datenträger gespeicherten Programmcode-
mitteln, die dafür vorgesehen und bestimmt sind, alle Schrit-
te des Verfahrens gemäß Anspruch 10 durchzuführen, wenn das
Programm auf einem oder mehreren Recheneinheiten zur Simula-
tion einer technischen Anlage ausgeführt wird.

10 12. Digitales Speichermedium mit elektronisch auslesbaren
Steuersignalen, die so mit einem oder mehreren Recheneinhei-
ten zur Simulation zusammenwirken können, dass ein Verfahren
nach Anspruch 10 ausgeführt wird.

15

FIG 1

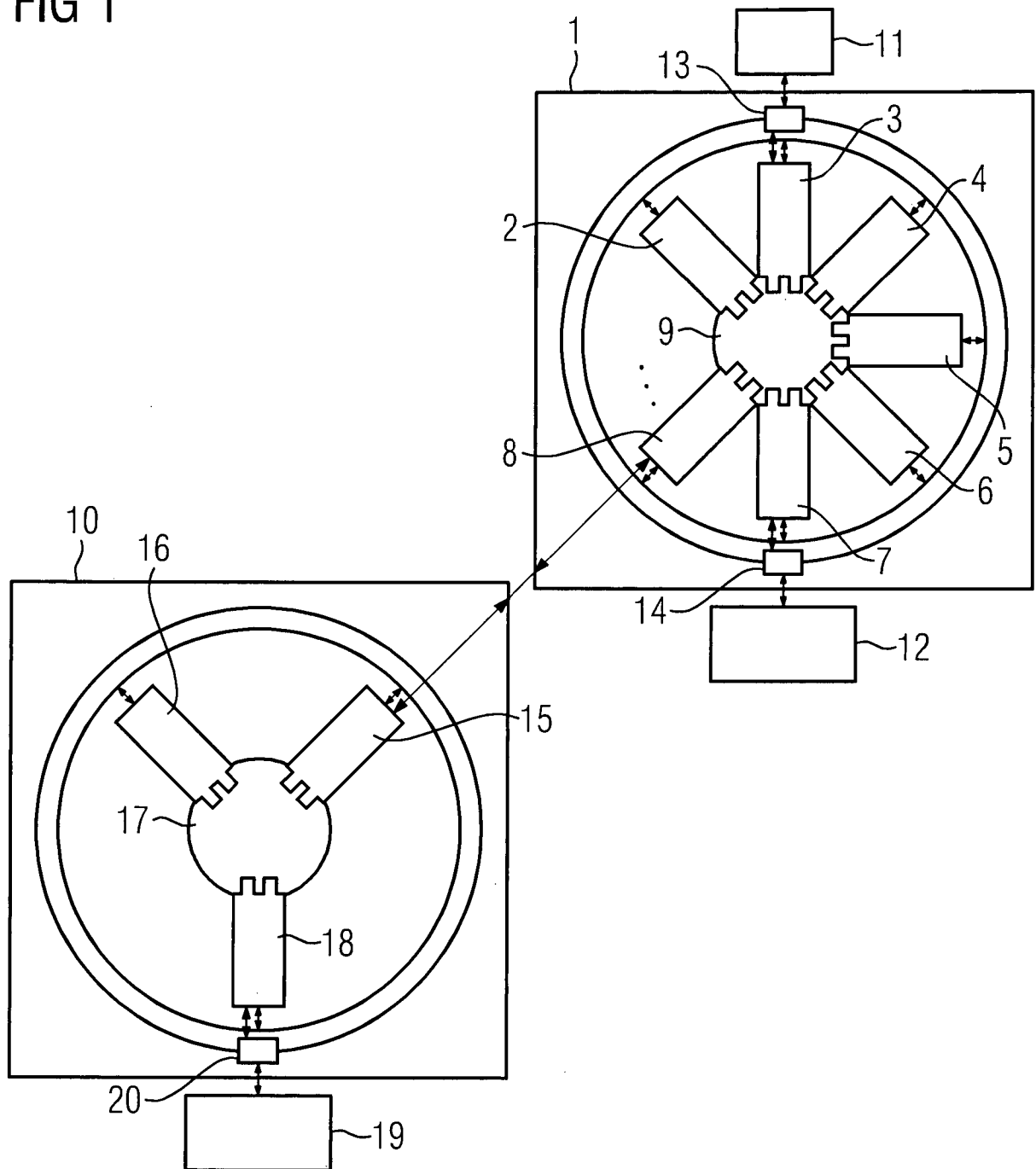


FIG 2A

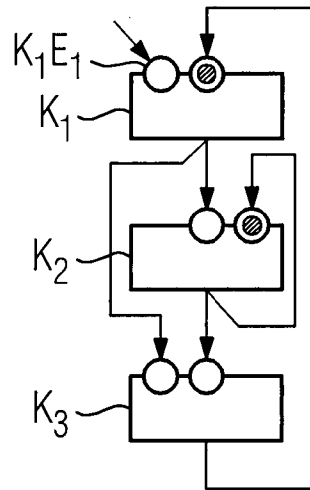


FIG 2B

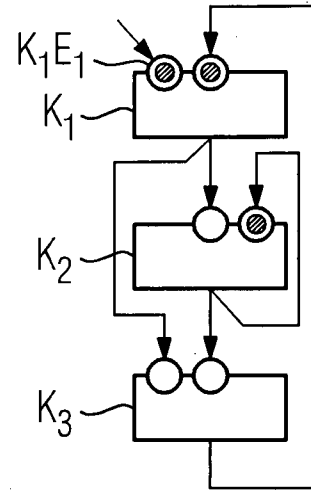


FIG 2C

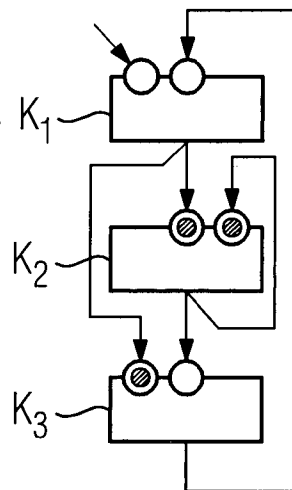


FIG 2D

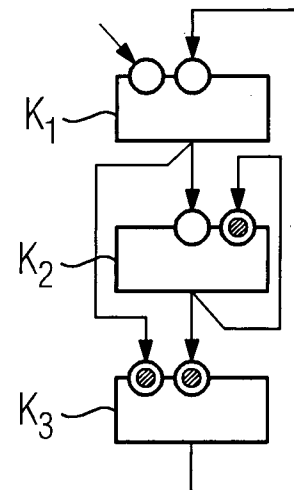
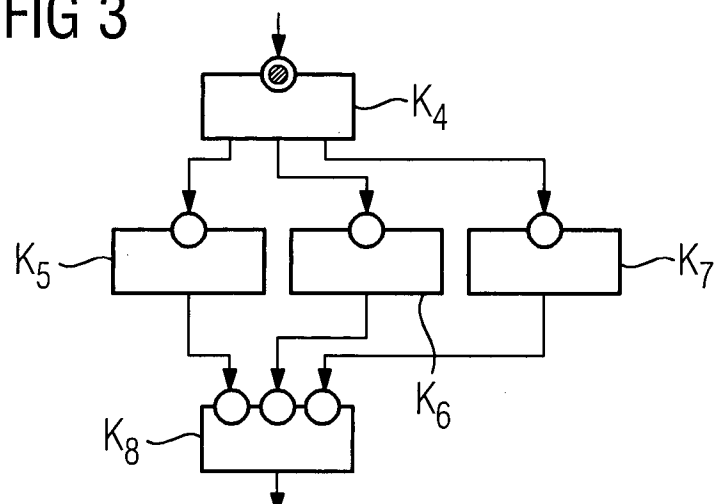


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/055623

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G05B19/418
ADD.

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)
G05B G06F

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

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

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2012/084062 A1 (MATURANA FRANCISCO P [US] ET AL) 5 April 2012 (2012-04-05) paragraph [0001] paragraph [0009] - paragraph [0010] paragraph [0012] - paragraph [0013] paragraph [0032] - paragraph [0034] paragraph [0038] - paragraph [0041] paragraph [0048] paragraph [0052] - paragraph [0079] paragraph [0087] - paragraph [0089] paragraph [0091] - paragraph [0092] paragraph [0113] - paragraph [0114] paragraph [0123] ----- -/--	1-12



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

26 November 2013

Date of mailing of the international search report

03/12/2013

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hristov, Stefan

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/055623

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2010 060924 A1 (EMERSON PROCESS MANAGEMENT [US]) 9 June 2011 (2011-06-09) paragraph [0001] paragraph [0007] paragraph [0011] paragraph [0014] - paragraph [0017] paragraph [0031] - paragraph [0040] paragraph [0046] - paragraph [0056] paragraph [0064] - paragraph [0065] paragraph [0081] - paragraph [0085] paragraph [0092] paragraph [0097] - paragraph [0103] -----	1,2,4-6, 8,10-12
Y	US 2010/017179 A1 (WASYNCZUK OLEG [US] ET AL) 21 January 2010 (2010-01-21) paragraph [0006] - paragraph [0008] paragraph [0019] - paragraph [0024] paragraph [0031] - paragraph [0035] paragraph [0040] paragraph [0052] - paragraph [0054] paragraph [0074] - paragraph [0077] -----	1,2,4-6, 8,10-12
A	DE 10 2009 043425 A1 (SIEMENS AG [DE]) 7 April 2011 (2011-04-07) paragraph [0001] paragraph [0005] - paragraph [0006] paragraph [0009] - paragraph [0013] paragraph [0023] - paragraph [0027] paragraph [0032] - paragraph [0034] paragraph [0040] -----	1-12
A	US 2009/089030 A1 (STURROCK DAVID THAYER [US] ET AL) 2 April 2009 (2009-04-02) paragraph [0010] - paragraph [0011] paragraph [0025] - paragraph [0026] paragraph [0037] - paragraph [0043] paragraph [0050] - paragraph [0052] paragraph [0060] claims 1-4 -----	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/055623

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2012084062 A1	05-04-2012	NONE	
DE 102010060924 A1	09-06-2011	CA 2722663 A1 CN 102081358 A DE 102010060924 A1 GB 2475956 A US 2011131017 A1	01-06-2011 01-06-2011 09-06-2011 08-06-2011 02-06-2011
US 2010017179 A1	21-01-2010	AU 7201401 A CA 2412816 A1 CN 1582432 A DE 01951081 T1 EP 1301846 A2 JP 2004510219 A US 2002052725 A1 US 2009164200 A1 US 2010017179 A1 WO 0198871 A2	02-01-2002 27-12-2001 16-02-2005 15-04-2004 16-04-2003 02-04-2004 02-05-2002 25-06-2009 21-01-2010 27-12-2001
DE 102009043425 A1	07-04-2011	DE 102009043425 A1 US 2011077926 A1	07-04-2011 31-03-2011
US 2009089030 A1	02-04-2009	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G05B19/418

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G05B G06F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2012/084062 A1 (MATURANA FRANCISCO P [US] ET AL) 5. April 2012 (2012-04-05) Absatz [0001] Absatz [0009] - Absatz [0010] Absatz [0012] - Absatz [0013] Absatz [0032] - Absatz [0034] Absatz [0038] - Absatz [0041] Absatz [0048] Absatz [0052] - Absatz [0079] Absatz [0087] - Absatz [0089] Absatz [0091] - Absatz [0092] Absatz [0113] - Absatz [0114] Absatz [0123] ----- -/-	1-12



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. November 2013

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

03/12/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hristov, Stefan

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2010 060924 A1 (EMERSON PROCESS MANAGEMENT [US]) 9. Juni 2011 (2011-06-09) Absatz [0001] Absatz [0007] Absatz [0011] Absatz [0014] - Absatz [0017] Absatz [0031] - Absatz [0040] Absatz [0046] - Absatz [0056] Absatz [0064] - Absatz [0065] Absatz [0081] - Absatz [0085] Absatz [0092] Absatz [0097] - Absatz [0103] -----	1,2,4-6, 8,10-12
Y	US 2010/017179 A1 (WASYNCZUK OLEG [US] ET AL) 21. Januar 2010 (2010-01-21) Absatz [0006] - Absatz [0008] Absatz [0019] - Absatz [0024] Absatz [0031] - Absatz [0035] Absatz [0040] Absatz [0052] - Absatz [0054] Absatz [0074] - Absatz [0077] -----	1,2,4-6, 8,10-12
A	DE 10 2009 043425 A1 (SIEMENS AG [DE]) 7. April 2011 (2011-04-07) Absatz [0001] Absatz [0005] - Absatz [0006] Absatz [0009] - Absatz [0013] Absatz [0023] - Absatz [0027] Absatz [0032] - Absatz [0034] Absatz [0040] -----	1-12
A	US 2009/089030 A1 (STURROCK DAVID THAYER [US] ET AL) 2. April 2009 (2009-04-02) Absatz [0010] - Absatz [0011] Absatz [0025] - Absatz [0026] Absatz [0037] - Absatz [0043] Absatz [0050] - Absatz [0052] Absatz [0060] Ansprüche 1-4 -----	1-12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/055623

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2012084062 A1	05-04-2012	KEINE	
DE 102010060924 A1	09-06-2011	CA 2722663 A1	01-06-2011
		CN 102081358 A	01-06-2011
		DE 102010060924 A1	09-06-2011
		GB 2475956 A	08-06-2011
		US 2011131017 A1	02-06-2011
US 2010017179 A1	21-01-2010	AU 7201401 A	02-01-2002
		CA 2412816 A1	27-12-2001
		CN 1582432 A	16-02-2005
		DE 01951081 T1	15-04-2004
		EP 1301846 A2	16-04-2003
		JP 2004510219 A	02-04-2004
		US 2002052725 A1	02-05-2002
		US 2009164200 A1	25-06-2009
		US 2010017179 A1	21-01-2010
		WO 0198871 A2	27-12-2001
DE 102009043425 A1	07-04-2011	DE 102009043425 A1	07-04-2011
		US 2011077926 A1	31-03-2011
US 2009089030 A1	02-04-2009	KEINE	