(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
10. September 2021 (10.09.2021)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2021/175604 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G05B 19/042 (2006.01) *G05B 19/418* (2006.01)
G05B 23/02 (2006.01) *H04L 29/08* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/053956

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. Februar 2021 (18.02.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
20161435.1 06. März 2020 (06.03.2020) EP

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: **RIEDL, Wolfgang**; Friedrichstraße 12, 90408 Nürnberg (DE). **GROSS, Ralf**; Makarenkostraße 32, 90471 Nürnberg (DE). **KLOS, Hans-Henning**; Dorfplatz 11, 91249 Weigendorf (DE). **KOHLER, Benjamin**; Kaulbachstraße 22, 90408 Nürnberg (DE). **LAVRIK, Vladimir**; Rheinstraße 24, 63303 Dreieich (DE). **SCHNITTGER, Jens**; Amselstr. 12, 91475 Lonnerstadt (DE).

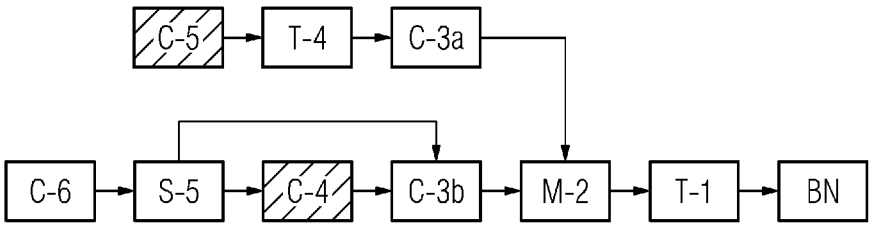
(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,

WO 2021/175604 A1

(54) **Title:** METHOD FOR IDENTIFYING A PROCESS-DISRUPTING AUTOMATION COMPONENT IN A CONCATENATED AUTOMATION ASSEMBLY

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR IDENTIFIZIERUNG EINER EINE ABLAUFSTÖRUNG VERURSACHENDEN AUTOMATISIERUNGSKOMPONENTE IN EINER VERKETTETEN AUTOMATISIERUNGSANORDNUNG

FIG 2



(57) **Abstract:** The invention relates to a method and an automation component for identifying a process-disrupting automation component (BN,..., C-6) in an industrial automation assembly comprising a plurality of concatenated automation components (BN,..., C-6), a process disruption being determined in a first of the automation components (BN) and being examined there by a first local analysis device. At least one automation component (BN,..., C-6) arranged upstream in the concatenation and/or at least one automation component (BN,..., C-6) arranged downstream in the concatenation is firstly determined by each automation component (BN,..., C-6). Next, an interrogation message is sent from a first automation component (BN) to at least one second automation component and, in a recursive manner, the same interrogation message or a further interrogation message is sent by the second automation component (BN,..., C-6) to at least one third automation component (BN,..., C-6) arranged upstream or downstream of the second automation components (BN,..., C-6) and is processed there analogously. In the event of a locally determined disruption, the relevant automation component (BN,..., C-6) sends a response message, which is back-propagated accordingly to the origin and ultimately is signalled. A decentralised error analysis is thus possible, even with a changing system topology, without the need for any redesign work.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Automatisierungskomponente zur Identifizierung einer eine Ablaufstörung verursachenden Automatisierungskomponente (BN,..., C-6) in einer industriellen Automatisierungsanordnung mit einer Mehrzahl verketteter Automatisierungskomponenten (BN,..., C-6), wobei eine Ablaufstörung in einer ersten der Automatisierungskomponente (BN) festgestellt und dort durch eine erste lokale Analyseeinrichtung untersucht wird. Dabei wird zunächst von jeder Automatisierungskomponente (BN,..., C-6) zumindest eine in der Verkettung vorangehende und/oder zumindest eine in der Verkettung nachfolgende Automatisierungskomponente (BN,..., C-6) bestimmt. Danach wird von einer ersten Automatisierungskomponente (BN) eine Abfragemeldung zu zumindest einer zweiten versendet und in rekursiver Weise durch die zweite Automatisierungskomponente (BN,..., C-6) dieselbe oder eine weitere Abfragemeldung zu zumindest einer der zweiten Automatisierungskomponente (BN,..., C-6)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, ST, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

vorangehenden oder nachfolgenden dritten Automatisierungskomponente (BN,..., C-6) versendet und dort in analoger Weise bearbeitet. Im Falle einer lokal festgestellten Störung versendet die jeweilige Automatisierungskomponente (BN,..., C-6) eine Antwortmeldung, die entsprechend zum Ursprung zurückpropagiert und schließlich signalisiert wird. Dadurch ist eine dezentrale Fehleranalyse auch unter einer sich ändernden Anlagentopologie ohne neue Projektierung möglich.

Beschreibung

Verfahren zur Identifizierung einer eine Ablaufstörung verursachenden Automatisierungskomponente in einer verketteten Automatisierungsanordnung

Moderne industrielle Automatisierungsanordnungen, insbesondere Produktionsanlagen (z.B. Abfüllanlagen in der Getränke- bzw. Lebensmittelindustrie), Fertigungsanlagen oder Prozesstechnische Anlagen, zeichnen sich durch eine komplexe Anlagenstruktur mit einer Vielzahl von verketteten Arbeitsstationen oder Modulen aus. Die Arbeitsstationen oder Module werden regelmäßig durch eine speicherprogrammierbare Steuerung gesteuert. Im Folgenden soll eine solche Station oder Modul mitsamt ihrer Steuerung kurz als Automatisierungskomponente bezeichnet werden.

In solchen Anlagen kann es vorkommen, dass es zur Produktionszeit zu Störungen am durchsatzbegrenzenden Hauptaggregat („Bottleneck", „Bottleneck-Komponente", „Bottleneck Aggregat") kommt, deren Ursache nicht unmittelbar ersichtlich ist, weil sie nicht im Hauptaggregat selbst liegt. Dieses Bottleneck-Aggregat bestimmt die Effizienz der Gesamtanlage. Stillstände am Bottleneck führen somit zu einem Effizienzverlust. Um die tatsächlich verantwortlichen Komponenten für einen Effizienzverlust sichtbar zu machen und damit potenzielle Maßnahmen zur Effizienzsteigerung identifizieren zu können, wird eine Ursachenermittlung, eine sog. „Root-Cause-Analyse" oder kurz „RCA", der Gesamtanlage durchgeführt. Hierbei wird die ursächliche Störung ermittelt, die zum Ausfall der Anlage geführt hat. Zur Ausführung dieser Analyse ist zum einen allgemeines Wissen zur Anlagenstruktur sowie zum anderen Wissen zu dem Verhalten der vorhandenen Komponenten erforderlich (z.B. Durchsätze, An- /Abschaltverhalten). Dieses allgemeine Wissen muss modelliert und einer RCA zur Ausführung zur Verfügung gestellt werden. Zum anderen wird die aktuelle Zustandshistorie der an der zu analysierenden Störung des Hauptaggregats beteiligten Automatisierungskomponenten, so-

weit diese vorhanden ist, benötigt. Im Kontext dieser RCA kann auch präventiv eine sogenannte Early Warning (EW) Analyse durchgeführt werden. Ziel dieser „EW"-Analyse ist es, vorherzusagen, bis zu welchem Zeitpunkt ein Komponentenstillstand behoben werden muss, so dass er sich nicht negativ auf das Bottleneck auswirkt. Hierfür ist ebenso eine, i.A. manuelle, Modellierung der Anlagenstruktur sowie des Komponentenverhaltens erforderlich.

Bisher muss eine Anlage zunächst digital modelliert werden, d.h. alle Maschinen (Automatisierungskomponenten bestehend aus der Steuerung und den gesteuerten mechatronischen Komponenten) und die Verbindungen zwischen ihnen müssen in einem Software-Werkzeug wie z.B. Tecnomatix Plant Simulation angelegt werden. Zusätzlich müssen alle relevanten Kennzahlen aller beteiligten Maschinen hinterlegt werden (z.B. Ausstoß pro Minute, Anlaufzeiten, Leerzeiten). Dies kann eine sehr beträchtliche Menge an Daten bedeuten, die oftmals nicht einmal vom Maschinenbauer angegeben werden oder gar nicht angegeben werden können, weil sie kontextabhängig sind (z.B. vom aktuell zu fertigendem Produkt abhängen) und händisch gemessen werden müssen. In der Modellierung muss stets wegen in der Realität existierender Schwankungen eine gewisse Unschärfe (Min/Max-Werte) berücksichtigt werden. Ist die Anlage final modelliert, kann auf einem externen Rechner, welcher Daten von allen Maschinen empfangen können muss, eine RCA durchgeführt werden. Möglich ist dies beispielsweise mit einem übergeordneten SCADA System (Supervisory Control and Data Aquisition), wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind: 1. Die erstellte Modellierung der Anlage ist sowohl bezüglich Struktur als auch bzgl. relevanter Kennzahlen aktuell. 2. Alle relevanten dynamischen Daten sind dem SCADA System durchgehend zugänglich. D.h. alle meldenden Komponenten/Aggregate müssen Informationen in einem geeigneten Format durchgängig zur Verfügung stellen.

Ein Problem besteht dann, wenn eine RCA ad hoc in einer neu konfigurierten bzw. noch nicht vollständig modellierten Auto-

matisierungsanordnung durchgeführt werden soll. Ein weiteres Problem besteht dann, wenn eine Anlage häufig umkonfiguriert wird, insbesondere dann, wenn wechselweise verschiedene Produkte hergestellt werden sollen.

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, eine Bestimmung der Fehlerursache, also eine Root Cause Analysis (RCA), auf eine einfache Weise in einem Umfeld mit dynamischer Struktur einer Automatisierungsanordnung zu ermöglichen.

Eine Kernidee der erfindungsgemäßen Lösung dieser Aufgabe besteht darin, dass die RCA direkt auf oder in den Automatisierungskomponenten der zu analysierenden Anlage (Automatisierungsanordnung) ausgeführt wird. Dazu ist es erforderlich, dass sich die Anlagenstruktur dynamisch selbst findet und dass die Berechnung der RCA dezentral auf den verketteten Maschinen (Automatisierungskomponenten bzw. deren Steuerungen) stattfindet. Die dafür notwendigen Daten (Zustandsinformationen, Konfigurationsparameter für die Analyse) der jeweiligen Komponenten können dazu laufend aktualisiert werden. Dazu ist wünschenswert, dass die Komplexität für den Anwender der Analyse reduziert wird, indem der Konfigurationsaufwand verringert wird. Darüber hinaus wird durch die lokale Verarbeitung von lokal erfassten Daten die Anforderung an das Kommunikationssystem der Automatisierungsanordnung reduziert und der Bedarf einer übergeordneten Ausführungs- und Koordinationseinheit für die Analyse entfällt.

Die Lösung der Aufgabe ist in den Patentansprüchen angegeben. Dabei zeigt Patentanspruch 1 ein erfindungsgemäßes Verfahren und Patentanspruch 10 eine erfindungsgemäße Automatisierungskomponente.

Die Lösung der Aufgabe sieht ein Verfahren zur Identifizierung einer eine Ablaufstörung verursachenden Automatisierungskomponente in einer industriellen Automatisierungsanordnung mit einer Mehrzahl verketteter Automatisierungskomponenten vor, wobei eine Ablaufstörung in einer ersten der Automa-

tisierungskomponente festgestellt und dort durch eine erste lokale Analyseeinrichtung untersucht wird. Dabei wird in einem ersten Schritt von jeder Automatisierungskomponente zumindest eine in der Verkettung vorangehende und/oder zumindest eine in der Verkettung nachfolgende Automatisierungskomponente bestimmt, in einem zweiten Schritt von der ersten Automatisierungskomponente eine Abfragemeldung zu zumindest einer zweiten, abhängig von der Art der Ablaufstörung in der Verkettung vorangegangenen oder nachfolgenden, Automatisierungskomponente versendet, und in einem dritten Schritt durch eine lokale Analyseeinrichtung der zweiten Automatisierungskomponente anhand lokal gespeicherter oder gemessener Kennzahlen entschieden, ob diese zweite Automatisierungskomponente ursächlich für die Ablaufstörung ist. Dabei wird im positiven Fall in einem vierten Schritt eine Antwortmeldung an die erste Automatisierungskomponente versendet, und im negativen Fall in einem fünften Schritt in rekursiver Weise durch die zweite Automatisierungskomponente dieselbe oder eine weitere Abfragemeldung zu zumindest einer der zweiten Automatisierungskomponente vorangehenden oder nachfolgenden dritten Automatisierungskomponente versendet und dort in analoger Weise bearbeitet, wobei in einem sechsten Schritt jeweils eine durch eine Automatisierungskomponente empfangene Antwortmeldung an diejenige Automatisierungskomponente weitergeleitet wird, von der die die Antwortmeldung empfangende Automatisierungskomponente die zugehörige Abfragemeldung empfangen hatte, und wobei in einem siebten Schritt die die Antwortmeldung endgültig empfangende erste Automatisierungskomponente anhand des Inhalts der Antwortmeldung eine Information über die für die Ablaufstörung ursächliche Automatisierungskomponente bereitstellt oder ausgibt. Das Verfahren leitet also solange Abfragenachrichten weiter, bis eine für die Störung ursächliche Automatisierungskomponente eine Antwortnachricht auf demselben Weg zurückschickt. Dadurch ist eine dezentrale Fehleranalyse auch unter einer sich ändernden Anlagentopologie ohne neue Projektierung möglich.

Die Aufgabe wird außerdem durch eine Anzahl zur Ausführung des Verfahrens eingerichteter Automatisierungskomponenten für den Betrieb in einer industriellen Automatisierungsanordnung mit einer Mehrzahl verketteter Automatisierungskomponenten gelöst, wobei die oder jede Automatisierungskomponente eine Analyseeinrichtung aufweist, wobei die Analyseeinrichtung dazu eingerichtet ist, zumindest eine in der Verkettung vorangehende und/oder zumindest eine in der Verkettung nachfolgende Automatisierungskomponente zu bestimmen, eine Abfragemeldung zu zumindest einer zweiten, abhängig von der Art der Ablaufstörung in der Verkettung vorangegangenen oder nachfolgenden, Automatisierungskomponente zu versenden, und im Falle einer empfangenen Abfragemeldung durch die Analyseeinrichtung anhand lokal gespeicherter oder gemessener Kennzahlen zu entscheiden, ob diese Automatisierungskomponente ursächlich für die Ablaufstörung ist. Dabei soll die Automatisierungskomponente dazu eingerichtet sein, im positiven Fall eine Antwortmeldung an die abfragende Automatisierungskomponente zu versenden, und im negativen Fall dieselbe oder eine weitere Abfragemeldung zu zumindest eine andere ihr vorangehende oder nachfolgende Automatisierungskomponente weiterzuleiten, und jeweils eine empfangene Antwortmeldung an diejenige Automatisierungskomponente weiterzuleiten, von der die Automatisierungskomponente eine zugehörige Abfragemeldung empfangen hatte. In dem Fall, in dem sie die ursprüngliche Versenderin der Abfragemeldung war, soll sie anhand des Inhalts der zugehörigen Antwortmeldung eine Information über die für die Ablaufstörung ursächliche der Automatisierungskomponenten bereitstellen oder ausgeben. Durch den Einsatz derart ausgestalteter Automatisierungskomponenten können die bereits anhand des Verfahrens diskutierten Vorteile erreicht werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben. Die dabei beschriebenen Merkmale und deren Vorteile gelten sowohl für das Verfahren, als auch sinngemäß für die erfindungsgemäße Automatisierungskomponente. Vorteilhafte Varianten können sowohl einzeln, als

auch in sinnfälliger Kombination miteinander realisiert werden.

Vorteilhaft wird als die erste Automatisierungskomponente eine solche der Automatisierungskomponente bestimmt wird, deren Performance für die Performance der gesamten Automatisierungsanordnung bestimmend oder begrenzend ist („Bottleneck"; „Bottleneck-Komponente"; „BN"). Diese Automatisierungskomponente kann meist als erste eine Störung feststellen und kann damit als erstes den Analyseprozess auslösen. Die Auswahl als erste Automatisierungskomponente kann manuell durch Administration erfolgen. Vorteilhaft bestimmt sich eine solche Komponente selbst, beispielsweise anhand einer Maschinenart (z.b. Abfüllaggregat in der Getränkeindustrie). Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass eine oder jede Automatisierungskomponente mittels einer Token-basiert im Netzwerk weitergeleiteten Abfragenachricht die Leistungskennzahlen, z.B. Durchsatz pro Stunde, aller Automatisierungskomponenten abfragt und automatisch diejenige der Automatisierungskomponenten mit der kleinsten Leistungskennzahl ausgewählt wird. Es ist auch möglich, dass in einem Anlagenverbund mehrere Bottleneck-Komponenten definiert sind. Es kann beispielsweise auch festgelegt sein, dass als Default-wert die letzte Komponente „downstream" diese Rolle übernimmt.

Zur einfachen Strukturanalyse kann in dem ersten Schritt die vorangehende und/oder die nachfolgende Automatisierungskomponente anhand von Datenkanälen zu benachbarten Automatisierungskomponenten oder anhand von Materialeingangs- und/oder Materialausgangsschnittstellen dieser Automatisierungskomponente bestimmt werden.

Alternativ oder zusätzlich kann in dem ersten Schritt die vorangehende und/oder die nachfolgende Automatisierungskomponente anhand eines durch die Automatisierungsanordnung durchlaufenden Testkörpers bestimmt werden. Dabei kann der Testkörper die durchlaufenen Stationen und damit Automatisierungskomponenten aufzeichnen. Es ist auch möglich, dass die

Automatisierungskomponenten die Anwesenheit des Testkörpers registrieren und mit einem Zeitstempel jeweils dokumentieren. In der letztgenannten Variante ist eine Kommunikation der Automatisierungskomponenten zur Ableitung der Topologie notwendig. In der erstgenannten Variante müssen die vom Testkörper aufgezeichneten Informationen letztlich im Netz bereitgestellt bzw. an die Automatisierungskomponenten übermittelt werden.

Vorteilhaft werden in dem Fall einer Verzweigung, in dem mehrere Automatisierungskomponente in der Verkettung vorangehen oder nachfolgen, in dem zweiten Schritt mehrere parallele Abfragemeldungen versendet, wobei die entsprechenden mehreren Antwortmeldungen in der die parallelen Abfragemeldungen versendenden Automatisierungskomponente zu einer gemeinsamen Antwortmeldung zusammengeführt werden. Somit können auch verzweigte Automatisierungsanordnungen bzw. -netze analysiert werden.

In dem Fall, in dem die Abfragemeldung eine letzte der Automatisierungskomponenten in der Verkettung erreicht, wird diese mit einer Antwortmeldung in entgegengesetzter Richtung der Verkettung beantwortet.

Vorteilhaft versendet eine lokale Analyseeinrichtung einer der Automatisierungskomponenten in dem Fall, in dem anhand der lokalen Kennzahlen eine Verursachung einer Ablaufstörung für die Zukunft absehbar ist, eine Frühwarnmeldung an zumindest eine der benachbarten der Automatisierungskomponente. Diese wird vorteilhaft bis zur Bottleneck-Komponente oder einer anderen ausgewählten Automatisierungskomponente weitergeleitet und von dieser publiziert oder anderweitig verarbeitet.

Die Abfragemeldungen und die Antwortmeldungen umfassen vorteilhaft zumindest im Falle von Verzweigungen jeweils ein eindeutiges Token. Alternativ oder zusätzlich kann auch mit eindeutigen ID’s (z.B. der ersten Automatisierungskomponente)

und/oder Zeitstempeln gearbeitet werden. Zeitstempel gestatten auch die Berücksichtigung verloren gegangener Nachrichten mittels einer Timeout-Regelung.

Vorzugsweise wird im Falle einer Änderung der Topologie der industriellen Automatisierungsanordnung zumindest der erste Schritt auf jeder der Automatisierungskomponenten erneut ausgeführt. Das kann auch für jeden Neustart einer Anlage vorgesehen sein.

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens wird nachfolgend anhand der Zeichnung erläutert. Es dient gleichzeitig der Erläuterung einer erfindungsgemäßen Automatisierungskomponente.

Dabei zeigen:

Figur 1 den Stand der Technik mit einer zentralen Fehleranalyse,

Figur 2 die schematische Darstellung einer industriellen Automatisierungsanordnung mit verketteten Automatisierungskomponenten, und

Figur 3 ausgehend von einem Bottleneck-Aggregat die Propagierung von Abfrage- und Antwortnachrichten in der Anordnung gemäß Figur 2.

In der Figur 1 ist schematisch eine klassische Anordnung zur Fehleranalyse gezeigt, wobei ein Rechner für die Fehleranalyse (in der Darstellung links) mit einem Datennetzwerk einer verteilten industriellen Automatisierungsanordnung (im Bild rechts gezeigt) verbunden ist. Dabei ist im Stand der Technik vorgesehen, dass der Rechner alle Zustands- und Betriebsinformationen der einzelnen Automatisierungskomponenten (nicht einzeln dargestellt) erfasst und anhand dieser Daten die Ursache für eine Störung ermittelt und ausgibt oder meldet (mittels Alarmen, über HMI-Geräte oder dgl.).

Die Figur 2 zeigt strukturell eine Automatisierungsanordnung, beispielsweise eine Abfüllanlage. Die Pfeile bedeuten Materialflüsse. Das Bottleneck BN ist diejenige Komponente, die für die Anlagenleistung begrenzend ist, beispielsweise eine Verpackungseinrichtung. Im Vorlauf und/oder (nicht dargestellt) im Nachgang zum Bottleneck BN sind weitere Automatisierungskomponenten angeordnet, beispielsweise Transportbänder T-1, T-4, Einheiten zur Materialzusammenführung M-2 („Merge"), Einheiten zur Auftrennung des Materialflusses S-5 („Split") und allgemeine Aggregate C-3a, C-3b, C-4, C-5. Es liegt im gezeigten Beispielfall eine Starvation, d.h. ein Materialmangel, am Bottleneck BN vor. Die Zahlen an den Bezugszeichen zeigen an, wie weit in Richtung „Upstream" (Materialstrom aufwärts) die Automatisierungskomponenten oder allgemein Elemente relativ zum Bottleneck BN liegen.

Als Gründe für den Stillstand einer Komponente kommen grundsätzlich in Frage ein technisches Problem (Eigenfehler), Materialmangel beim zuströmenden Material (starvation) oder ein blockierter Materialausstoss (tailback). Zudem gibt es Komponenten, bei denen nur durch die Zusammenwirkung mehrerer externer Gegebenheiten eine Störung ohne Eigenfehler auftreten kann. Beispiele hierfür sind Materialzusammenführungen und Materialaufteilungen, in welchen teilweise auch eine externe Störung (Mangel, Stau) an zwei oder mehrerer Ein-/Ausgangsknoten „benötigt" wird, um einen Stillstand ohne Eigenstörung erklären zu können. Hieraus ergibt sich die Anforderung eines ‚Gedächtnisses' zur Ausführung einer RCA, d.h., es ist nicht ausreichend, für alle angeschlossenen Komponenten eine unabhängige Analyse anzustoßen. Vielmehr muss eine Möglichkeit gefunden werden, die Ergebnisse aus der Analyse unterschiedlicher „Pfade" auch im Falle einer dezentralen Durchführung der RCA kombinieren zu können. Dies geschieht hier an derjenigen Komponente, an der Materialströme zusammenfließen im Falle einer „Starvation" bzw. sich Materialströme aufteilen im Falle eines „Tailback".

Zur automatischen Bestimmung der in der Figur 2 skizzierten Anlagenstruktur nutzen die miteinander im Materialfluss direkt verbundenen („verketteten") Komponenten (z.B. Maschinen, Transportbänder, …) die ihnen verfügbaren Kommunikationskanäle (Automatisierungs-Datennetzwerk), um einander ihre Existenz mitzuteilen. Hierfür haben alle Komponenten, welche in die Analyse integriert werden, eine Recheneinheit, die sowohl die Analyse ausführen, als auch die benötigten Kommunikationsschnittstellen bereitstellen kann. Als Recheneinheit oder „Plattform" können die bereits ohnehin in den einzelnen Stationen vorhandenen speicherprogrammierbaren Steuerungen oder aber auch separate Computer dienen. Zur Kommunikation kann jeweils eine bereits existierende Datenleitung oder eine für diesen Zweck eingeführte Kommunikationsverbindung dienen.

Im vorliegenden Beispiel erfolgt eine solche Selbstfindung über dafür eingerichtete Kommunikationskanäle. Dabei ist jeder Schnittstelle, über die Materialfluss erfolgt, eine Kommunikationsschnittstelle zugeordnet, die die am Materialfluss beteiligten Komponenten direkt miteinander verbindet. Damit ist jeder Komponente bekannt, mit welchen Komponenten sie in der Anlage materialflusstechnisch verbunden ist, und über welche Kommunikationsschnittstelle Anfragen an benachbarte Komponenten gestellt werden können. In einem alternativen Verfahren wird ein speziell markiertes Produkt (z.B. eine mit einem RFID-Tag versehene Flasche), welches von allen vorhandenen Komponenten erfasst werden kann, in den Materialfluss eingebracht. Sobald dieses Produkt bei einer Komponente ankommt, meldet diese Komponente in einem Broadcast an alle anderen Komponenten die Ankunft des markierten Produktes zusammen mit einer eindeutigen ID für die Komponente und ggf. einer Zeitinformation (Timestamp). Aus der Reihenfolge, in welcher die Ankunft des markierten Produktes von den Komponenten gemeldet wird, ergibt sich direkt die Anlagenstruktur bzgl. des Materialflusses, und jede Komponente kann die an sie angeschlossene Komponenten ermitteln.

Mit den beispielhaft beschriebenen Verfahren ist es auch möglich, dass jede Komponente ermittelt, in welcher Richtung, d.h. über welche direkt angeschlossene benachbarte Komponente, der Materialstrom das Bottleneck erreicht bzw. über welche benachbarte Komponente das Material abfliesst. Nach der Findungsphase existiert die logische Gesamtstruktur der Anlage in ausreichender Form für RCA sowie eine Fehlerprognose (Early Warning) implizit zwischen den beteiligten Maschinen; dieses Wissen wird auf den Automatisierungskomponenten verteilt gehalten. Ändert sich die Anlagenstruktur im laufenden Betrieb, so muss kein neues Anlagenmodell erstellt werden, es findet eine automatische Aktualisierung mit Hilfe desselben Mechanismus, mit dem das ursprüngliche Anlagenmodell generiert wurde, statt.

Die RCA-Berechnung basiert wesentlich auf der Verarbeitung von Zustandsinformationen der Maschinen der Produktionsanlage, z.B. Maschine arbeitet normal, hat einen technischen Defekt, steht wegen fehlenden Eingangsmaterials (starvation) oder steht wegen blockierten Ausgangskanals (tailback). Allgemeiner können auch andere Maschinenkennzahlen (z.B. Durchsatz) mitberücksichtigt werden. Diese können im Einzelfall auch Stammdaten sein (etwa die Anlaufzeit nach einem Stillstand), insbesondere dann, wenn noch keine Messungen dafür zur Verfügung stehen. Im dargestellten Konzept einer dezentralen Realisierung der RCA-Berechnung findet auch die Haltung aller Daten vorzugsweise lokal auf den Maschinen statt.

Jede Maschine soll sich ihre Zustandshistorie für einen gewissen Zeitraum „merken“. Da es nicht zwingend eine externe Datenbank oder einen externen, zentralen Rechner gibt, welcher für die Berechnung zuständig ist, müssen alle für die Berechnung notwendigen Daten in den Maschinen bzw. den lokalen Recheneinheiten gehalten und aktualisiert werden.

Ausgangslage für eine RCA ist immer der Stillstand des/eines Bottleneck-Aggregats. Da die Maschine selbst weiß, aus welcher Richtung (Material-Zulauf oder -Ablauf; starvation oder

tailback) das Problem stammt, weiß sie, welche Maschine oder im Falle von Verzweigungen- Maschinen sie „ansprechen" muss, um letztendlich bei der verursachenden Maschine anzukommen.

Ein Beispiel für den resultierenden Meldungsverkehr ist in der Figur 3 angegeben. Das Beispiel bezieht sich auf die in der Figur 2 dargestellte Struktur.

Da ein Kommunikationsweg gegeben ist (aus der Bestimmung der Anlagenstruktur), kann das Bottleneck BN sich im Materialmangelfall an die Maschine (hier: Transportband) T-1 („upstream", also entgegen des Materialflussweges) wenden, ihr ihre für diesen Fall relevanten eigenen, aktuellen Kennzahlen mitgeben und ihr die Verantwortung übergeben, alle notwendigen weiteren Schritte einzuleiten.

In der Komponente T-1 wird dann überprüft, ob es in einem Zeitfenster, welches sich aus den eigenen Kennzahlen sowie ggf. den Kennzahlen der Vorgängerkomponente ergibt, Eigenstörungen gab, welche den Bottleneck-Stillstand verursachten. Also beispielsweise ein Stillstand des Transportbandes innerhalb der letzten 60 Sekunden von einer Dauer > 5 Sekunden.

Falls nicht, wird sich die Komponente T-1 an die Komponente M-2 wenden usw. Letztendlich wird wie bei herkömmlicher RCA die den Bottleneck-Stillstand verursachende Maschine identifiziert werden können und auf der Anlage durch entsprechende Mittel dargestellt. Denkbar sind hierbei sog. SCADA-Datenpunkte, HMI-Panel, Warnleuchten etc. Entscheidend ist, dass sich alle Kennzahlen lediglich in den Maschinen selbst befinden müssen und jede Berechnung in den Maschinen selbst geschieht.

Im vorliegenden Beispiel sei nun angenommen, dass die Komponenten C-5 und C-4 für den Bottleneck-Stillstand verantwortlich sind, wobei beide in getrennten Zweigen der Anlage im Vorlauf der Komponente M-2 jeweils ihre Nennleistung nicht

erbringen und in Summe nicht genügend Durchsatz zur Versorgung des Bottlenecks BN mit Material haben.

In der Figur 3 sind für die dezentrale RCA die Wege der Suchmeldungen (durchgezogene Pfeile) und der zugehörigen Ergebnisrückmeldungen (gepunktete Pfeile) darstellt. Die Nachrichten bestehen jeweils aus einem eindeutigen Token mit einem Ergebnis; es ist dabei gleichgültig, ob das Token auch Speicherplatz für Ergebnisse oder Zwischenergebnisse aufweist, oder ob diese Ergebnisse an das jeweilige Token angehangen werden. Bei Anlagen ohne Verzweigungen ist das Token selbst von minderer Bedeutung und kann im Einzelfall auch entfallen, jedoch ist in verzweigten Systemen das Token oder eine andere eindeutige Identifizierung wichtig, um Meldungen und deren Ergebnisse aus unterschiedlichen Zweigen zusammenzuführen.

In der Darstellung sind an den Komponenten links oben jeweils Zahlen 1,2 oder 3 vermerkt, die für eine eingehende Nachricht das mit dem Token jeweils verknüpfte Ergebnis verdeutlichen. Während in der Praxis das jeweilige Ergebnis i.d.R. auch konkrete Leistungskennzahlen und deren Ursprung beschreibt, beispielsweise „C-6: Throughput; 80% - 1000 per hour; failure: neg.“, wobei hier in der Praxis anstelle oder zusätzlich zu der relativen Position „C-6“ eine absolute Identifikation enthalten wäre, wird im Rahmen des hier gezeigten Beispiels zur Vereinfachung nur zwischen 3 Stati unterschieden: 1: „Token mit nicht definiertem Ergebnis“; 2: „Token mit Ergebnis: Strang ist mindestens teilverantwortlich“; 3: „Token mit Ergebnis: Strang trägt keine Verantwortung“.

In jeder Komponente liegt anhand der eigenen Topologieuntersuchungen das Wissen über benachbarte Komponenten vor und somit auch die Information darüber, welche angeschlossenen Komponenten für den aktuellen Bottleneck-Stillstand zu befragen sind. Komponenten, welche mehrere Stränge verfolgen müssen, geben diesen ein „Token“ mit. Diese Tokens enthalten folgende Informationen: - Token ID (eindeutiger Zahlenwert, z.B. GUID – Geräte-Identifizierungsnummer) - Aktueller Suchzustand (im

gezeichneten Zustand wäre bei M-2 die Starvation des Bottlenecks hier durchgereicht worden) - Platz für Antwort eines Folgeaggregats. Findet sich, in unserem Fall von M-2 upstream (also entgegen der Materialflussrichtung), ein Aggregat, welches die Starvation von wenigstem einem der beiden Stränge erklären kann, so trägt es sich an dieser Stelle mit eindeutiger ID ein. Der „Merge", also die Komponente, in der der Zusammenfluss der getrennten Materialflüsse erfolgt, kann dann entscheiden, ob alle Stränge den Zustand, der anliegt, erklären, und kann daraus folgern, ob ein oder mehrere Aggregate, welche eine entsprechende Rückmeldung gegeben haben, valide Root Cause Kandidaten sind.

In der Figur 3 ist der Meldungsverlauf dargestellt. Der Meldungsweg der Token in Suchrichtung ist dabei mit durchgezogenen Pfeilen gekennzeichnet, während der Weg der Rückmeldungen mit gepunkteten Pfeilen visualisiert ist.

Der Ablauf der Suche im gezeigten Beispiel ist folgender: Bis zur Komponente M-2 läuft die Suche linear, es sind keine Token erforderlich. Die Komponente M-2 hat als Anforderung, dass beide Pfade gestört sein müssen, um eine Störung an Komponente M-2 zu erklären. Daher erzeugt die Komponente M-2 für die zwei folgenden Pfade unabhängige Token, um später prüfen zu können, ob die Summe der Ergebnisse eine Störung erklären kann. Der Token mit dem Bezugszeichen 1 (links oben an der Komponente dargestellt) wird linear bis C-5 weitergegeben, an dieser Komponente liegt eine Eigenstörung vor.

Das Ergebnis wird auf demselben Weg wieder an die Komponente M-2 zurückgeleitet. Der Token mit dem Bezugszeichen 2 erreicht zunächst die Komponente C-3b; dieser Vorgang findet parallel zur Versendung des ersten Tokens 1 statt. Diese Komponente C-3b ist zwar über den Split S-5 mit zwei Komponenten C-4, S-5 verbunden, es reicht ihr aber zumindest ein gestörter Pfad als Erklärung. Ein neuer Token 3 wird erzeugt und über Komponente S-5 an Komponente C-6 geleitet. An Komponente C-6 liegt keine Störung vor. Nachdem die Komponente C-6 die

letzte Komponente ist, wird der Token 3 als nicht verantwortlich markiert und an Komponente C-3b zurückgeleitet. Parallel wird der Token 2 an die Komponente C-4 geleitet. Dort liegt eine Eigenstörung vor. Dies wird im Token 2 bzw. der damit markierten Nachricht vermerkt und die Nachricht mit diesem Token an die Komponente C-3b geleitet. An Komponente C-3b wird festgestellt, dass mindestens ein Strang gestört ist (C-4, mitgeteilt mit Token 2) und dieses Ergebnis an die Komponente M-2 geleitet. Die beiden Token 1 und 2 bzw. die damit weitergeleiteten Nachrichten erklären zumindest in Summe den Stillstand, weil beispielsweise aus den Meldungen der beiden Zweigen hervorgeht, dass in Summe die erforderliche Materialmenge nicht gefördert wird. Die mit den Token vermerkten Komponenten sind als „Root Causes", also Verursacher der Störung, anzusehen.

Die für das beschriebene Verfahren benötigten Funktionen und deren Basis-Parameter können z.B. als PLC-Funktionsbaustein in den Aggregaten bzw. Komponenten jeweils projektiert werden, also schon zum Zeitpunkt der Projektierung der Anlage vorgesehen werden.

Eine Fehlerprognose, sog. Early Warning, ist durch das hier beschriebene Verfahren ebenfalls möglich, es wird lediglich nicht vom Bottleneck BN angestoßen, sondern von allen anderen Aggregaten bzw. Komponenten, die einen Eigenfehler feststellen. Durch das dynamische „Selbstfinden" der Anlagenstruktur weiß im Idealfall jedes Aggregat, in welcher Flussrichtung sich das Bottleneck, also das für den Durchsatz kritische Aggregat, befindet, und damit auch, in welche Richtung die Early Warning-Analyse laufen muss. Sollte dieses Wissen aus irgendwelchen Gründen nicht vorliegen, kann eine Maschine, die in den Stillstand wechselt oder wechseln wird, diese Tatsache auch in alle Flussrichtungen melden.

Im Vergleich zu einer konventionellen Ausführung der RCA (zentral) wird die Algorithmik nun verteilt auf mehreren Recheneinheiten ausgeführt. Durch das vorgestellte Verfahren

zur dezentralen Koordination der Topologiebestimmung sowie Ausführung der eigentlichen RCA-Algorithmik (inkl. Early Warning) ergeben sich folgende Vorteile, nämlich ein „Plug&Play" der RCA (also eine Selbstkonfigurierung)und die Möglichkeit einer Frühwarnung (EW – Early Warning).

Durch die dynamische Selbstfindung der Komponenten der Anlage ist ein manuelles Modellieren der Anlagenstruktur nicht mehr notwendig. Dadurch kann die RCA sofort eingesetzt werden. Bei dynamischer Umkonfiguration der Anlage (z.B. durch Umstellen, Hinzufügen oder Entfernen einer Komponente) kann das gewählte Verfahren zur Selbstfindung der Anlagenstruktur lokal erneut ausgeführt werden. Hierdurch ist die RCA sofort nach der Umkonfiguration erneut einsatzbereit.

Die Auswertung der für die RCA relevanten Daten kann lokal auf oder nahe (datentechnisch oder räumlich nahe) bei den Komponenten erfolgen. Hier stehen sämtliche komponentenspezifischen Daten zur Verfügung. Es besteht keine Notwendigkeit, diese Daten (z.B. kontinuierliche Flussdaten) an ein übergeordnetes System zu melden. Mit hinzugefügten Komponenten erfolgt automatisch und linear die Erweiterung der verfügbaren Rechenleistung und des Speichervermögens, welche insgesamt für die Analysen notwendig sind. Das heißt, dass die RCA automatisch mit einem Wachstum einer Automatisierungsanordnung mit-skaliert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Identifizierung einer eine Ablaufstörung verursachenden Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) in einer industriellen Automatisierungsanordnung mit einer Mehrzahl verketteter Automatisierungskomponenten (BN, …, C-6),
wobei eine Ablaufstörung in einer ersten der Automatisierungskomponente (BN) festgestellt und dort durch eine erste lokale Analyseeinrichtung untersucht wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass in einem ersten Schritt von jeder Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) zumindest eine in der Verkettung vorangehende und/oder zumindest eine in der Verkettung nachfolgende Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) bestimmt wird,
dass in einem zweiten Schritt von der ersten Automatisierungskomponente (BN) eine Abfragemeldung zu zumindest einer zweiten, abhängig von der Art der Ablaufstörung in der Verkettung vorangegangenen oder nachfolgenden, Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) versendet wird,
dass in einem dritten Schritt durch eine lokale Analyseeinrichtung der zweiten Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) anhand lokal gespeicherter oder gemessener Kennzahlen entschieden wird, ob diese zweite Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) ursächlich für die Ablaufstörung ist, wobei im positiven Fall
in einem vierten Schritt eine Antwortmeldung an die erste Automatisierungskomponente (BN) versendet wird, und wobei im negativen Fall
in einem fünften Schritt in rekursiver Weise durch die zweite Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) dieselbe oder eine weitere Abfragemeldung zu zumindest einer der zweiten Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) vorangehenden oder nachfolgenden dritten Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) versendet und dort in analoger Weise bearbeitet wird,
dass in einem sechsten Schritt jeweils eine durch eine

Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) empfangene Antwortmeldung an diejenige Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) weitergeleitet wird, von der die die Antwortmeldung empfangende Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) die zugehörige Abfragemeldung empfangen hatte, und
dass in einem siebten Schritt die die Antwortmeldung endgültig empfangende erste Automatisierungskomponente (BN) anhand des Inhalts der Antwortmeldung eine Information über die für die Ablaufstörung ursächliche Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) bereitstellt oder ausgibt.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass als die erste Automatisierungskomponente (BN) eine solche der Automatisierungskomponenten (BN, …, C-6) bestimmt wird, deren Performance für die Performance der gesamten Automatisierungsanordnung bestimmend oder begrenzend ist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass in dem ersten Schritt die vorangehende und/oder die nachfolgende Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) anhand von Datenkanälen oder anhand von Materialeingangs- und/oder Materialausgangsschnittstellen dieser Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) bestimmt werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass in dem ersten Schritt die vorangehende und/oder die nachfolgende Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) anhand eines durch die Automatisierungsanordnung durchlaufenden Testkörpers bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass in dem Fall einer Verzweigung, in dem mehrere Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) in der Verkettung vorangehen oder nachfolgen, in dem zweiten Schritt mehrere parallele Abfragemeldungen versendet werden, und dass die entsprechenden mehreren Antwortmeldungen in der die parallelen Abfragemeldungen versendenden Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) zu einer gemeinsamen Antwortmeldung zusammengeführt werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Fall, in dem die Abfragemeldung eine letzte der Automatisierungskomponenten (c-5, C-6) in der Verkettung erreicht, diese mit einer Antwortmeldung in entgegengesetzter Richtung der Verkettung beantwortet wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass durch eine lokale Analyseeinrichtung einer der Automatisierungskomponenten (BN, …, C-6) in dem Fall, in dem anhand der lokalen Kennzahlen eine Verursachung einer Ablaufstörung für die Zukunft absehbar ist, eine Frühwarnmeldung an zumindest eine der benachbarten der Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) versendet wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass die Abfragemeldungen und die Antwortmeldungen zumindest im Falle von Verzweigungen jeweils ein eindeutiges Token umfassen.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass im Falle einer Änderung der Topologie der industriellen Automatisierungsanordnung zumindest der erste Schritt auf jeder der Automatisierungskomponenten (BN, …, C-6) erneut ausgeführt wird.

10. Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) für den Betrieb in einer industriellen Automatisierungsanordnung mit einer Mehrzahl verketteter Automatisierungskomponenten (BN, …, C-6),
dadurch gekennzeichnet,
dass die Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) eine Analyseeinrichtung aufweist, wobei die Analyseeinrichtung dazu eingerichtet ist,
- zumindest eine in der Verkettung vorangehende und/oder zumindest eine in der Verkettung nachfolgende Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) zu bestimmen,
- eine Abfragemeldung zu zumindest einer zweiten, abhängig von der Art der Ablaufstörung in der Verkettung vorangegangenen oder nachfolgenden, Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) zu versenden,
- im Falle einer empfangenen Abfragemeldung durch die Analyseeinrichtung anhand lokal gespeicherter oder gemessener Kennzahlen zu entscheiden, ob diese Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) ursächlich für die Ablaufstörung ist, wobei im positiven Fall eine Antwortmeldung an die abfragende Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) versendet wird, und wobei im negativen Fall die Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) dieselbe oder eine weitere Abfragemeldung zu zumindest eine andere ihr vorangehende oder nachfolgende Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) zu versenden,
- jeweils eine empfangene Antwortmeldung an diejenige Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) weiterzuleiten, von der die Automatisierungskomponente (BN, …, C-6) eine zugehörige Abfragemeldung empfangen hatte, und
- in dem Fall, in dem sie die ursprüngliche Versenderin der Abfragemeldung war, anhand des Inhalts der zugehörigen Antwortmeldung eine Information über die für die Ablaufstörung ursächliche der Automatisierungskomponenten (BN, …, C-6) bereitzustellen oder auszugeben.

FIG 1

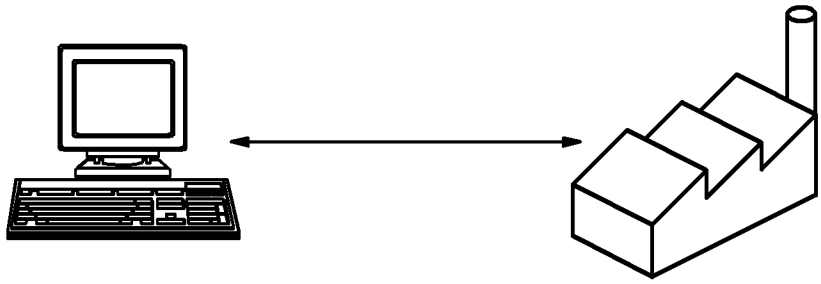


FIG 2

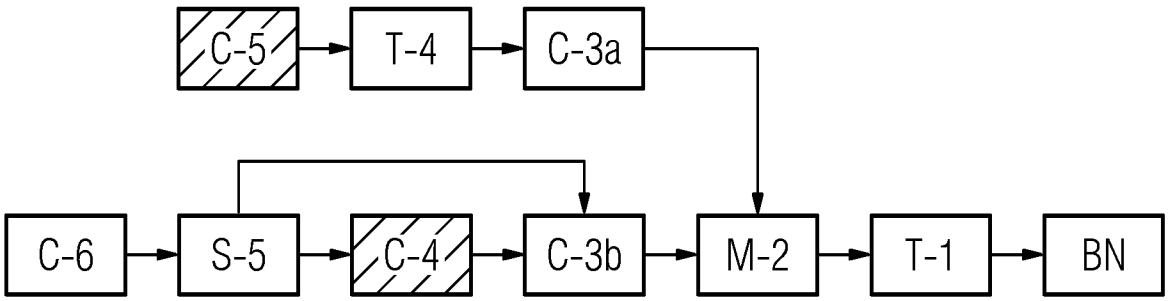
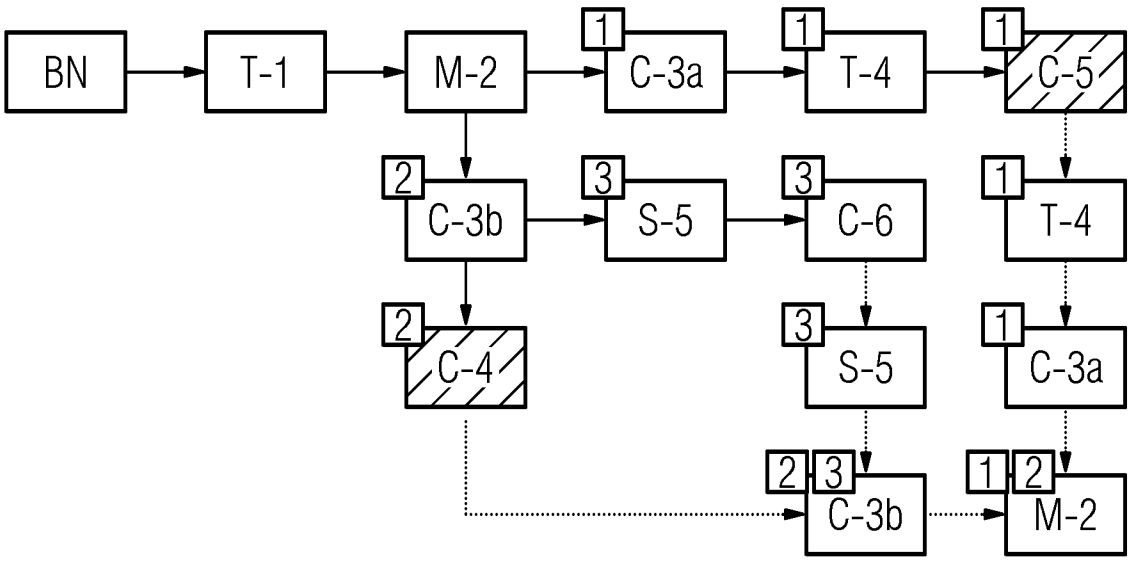


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2021/053956

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05B 19/042(2006.01)i; ***G05B 23/02***(2006.01)i; ***G05B 19/418***(2006.01)i; ***H04L 29/08***(2006.01)i

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; H04L

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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2005093530 A2 (SIEMENS AG [DE]; DANZ MIRKO [DE]; EXTRA JOHANNES [DE]) 06 October 2005 (2005-10-06) page 4 - page 6; figure 1	1-10
X	DE 10254009 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17 June 2004 (2004-06-17) paragraph [0022] - paragraph [0031]; figure 1	1-10

☐ 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
29 April 2021	**10 May 2021**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Rakoczy, Tobias** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2021/053956

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2005093530 A2	06 October 2005	CN 1938660 A	28 March 2007
		DE 102004015240 A1	27 October 2005
		EP 1730615 A2	13 December 2006
		US 2007198752 A1	23 August 2007
		WO 2005093530 A2	06 October 2005
DE 10254009 A1	17 June 2004	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2021/053956

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G05B19/042 G05B23/02 G05B19/418 H04L29/08
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G05B H04L

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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2005/093530 A2 (SIEMENS AG [DE]; DANZ MIRKO [DE]; EXTRA JOHANNES [DE]) 6. Oktober 2005 (2005-10-06) Seite 4 - Seite 6; Abbildung 1	1-10
X	DE 102 54 009 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17. Juni 2004 (2004-06-17) Absatz [0022] - Absatz [0031]; Abbildung 1	1-10

☐ 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
29. April 2021	10/05/2021

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Rakoczy, Tobias

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2021/053956

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2005093530 A2	06-10-2005	CN 1938660 A	28-03-2007
		DE 102004015240 A1	27-10-2005
		EP 1730615 A2	13-12-2006
		US 2007198752 A1	23-08-2007
		WO 2005093530 A2	06-10-2005
DE 10254009 A1	17-06-2004	KEINE	