(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2022 007 691 T5** 2025.06.26

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2024/042578**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 007 691.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/031542**
(86) PCT-Anmeldetag: **22.08.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **29.02.2024**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **26.06.2025**

(51) Int Cl.: ***B25J 9/16*** (2006.01)

(71) Anmelder:
Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Hoffmann Eitle Patent- und Rechtsanwälte PartmbB, 81925 München, DE

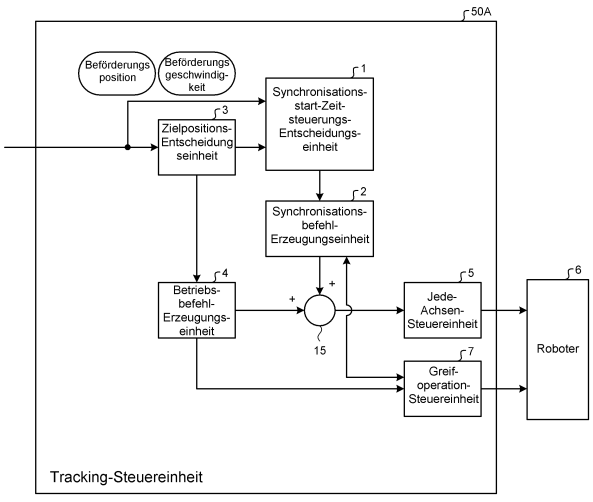
(72) Erfinder:
Maekawa, Kiyoshi, Tokyo, JP; Okahara, Takuya, Tokyo, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **TRACKING-STEUERVORRICHTUNG UND TRACKING-STEUERVERFAHREN**

(57) Zusammenfassung: Eine Tracking-Steuervorrichtung (50A) umfasst eine Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit (2), die einen Synchronisationsbefehl für die Synchronisation zwischen einem Betrieb eines Roboters (6) und einem Betrieb einer Beförderungsvorrichtung, die ein Beförderungszielobjekt befördert, basierend auf einem Synchronisationsstartzeitpunkt, der basierend auf einer Fördergeschwindigkeit des Beförderungszielobjekts entschieden wird, eine Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit (4), die einen Roboter-Betriebsbefehl bis zu einer Zielposition des Roboters erzeugt, und eine Kombinationseinheit (15), die den Synchronisationsbefehl mit dem Roboter-Betriebsbefehl kombiniert, um einen kombinierten Befehl zu erzeugen und den erzeugten kombinierten Befehl auszugeben. Die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit erzeugt einen Synchronisationsbefehl zum Starten der Synchronisation, bevor der Roboter an der Zielposition ankommt.



Beschreibung

GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Tracking-Steuervorrichtung und ein Tracking-Steuerverfahren zur Steuerung eines mechanischen Systems, wie beispielsweise eines Roboters oder einer automatischen Montagemaschine, die Arbeiten an einem Zielobjekt ausführt, das sich auf einem Beförderungsmittel, wie beispielsweise einem Förderband, bewegt.

Hintergrund

[0002] In einem Beförderungssystem führt ein Roboter Arbeiten an einem Beförderungszielobjekt aus, während das Beförderungszielobjekt ohne Anhalten auf einem Förderband befördert wird, wodurch die Notwendigkeit eines intermittierenden Antriebs des Förderbands und einer vorübergehenden Platzierung des Beförderungszielobjekts, an dem der Roboter Arbeiten ausführt, entfällt. Folglich ermöglicht das Fördersystem eine Reduzierung der Systemkosten und auch eine Reduzierung der Gesamtarbeitszeit, beispielsweise durch eine Reduzierung der Anzahl der Arbeitsprozesse.

[0003] Eine in der Patentliteratur 1 beschriebene Tracking-Steuervorrichtung berechnet eine Greifvorhersageposition, an der ein befördertes Beförderungszielobjekt voraussichtlich von einem Roboter aufgenommen wird, basierend auf Erfassungsinformationen des Beförderungszielobjekts und einer Fördergeschwindigkeit einer Fördervorrichtung. Das Beförderungszielobjekt ist ein Werkstück. Die Tracking-Steuervorrichtung erzeugt eine Betriebstrajektorie des Roboters von einer Betriebsstartposition zu der Position der Greifvorhersage, basierend auf einer Orientierung an der Betriebsstartposition des Roboters und einer Orientierung an der Position der Greifvorhersage des Roboters. Dann führt der Roboter unter Steuerung gemäß der Betriebstrajektorie, nachdem der Roboter an der Vorhersageposition für die Entnahme angekommen ist und dann eine Steuerung zum Synchronisieren des Betriebs des Roboters mit der Fördergeschwindigkeit der Fördervorrichtung ausgeführt wird, die Entnahme des Beförderungszielobjekts durch, das von der Fördervorrichtung befördert wird.

Zitierliste

Patentliteratur

[0004] Patentliteratur 1: Japanische Patentanmeldung Nr. 2019-25618

Zusammenfassung

Technische Aufgabenstellung

[0005] Die Technik der Patentliteratur 1 beinhaltet jedoch ein Problem, dass es Zeit braucht, um die Arbeit des Roboters zu starten, beispielsweise die Aufnahme der Arbeit, was dazu führt, dass mehr Zeit benötigt wird, bis der Roboter mit der Arbeit beginnt, da die Geschwindigkeitssynchronisation zwischen der Beförderungsvorrichtung und dem Roboter durchgeführt wird, nachdem eine Roboterhand am Beförderungszielobjekt angekommen ist.

[0006] Die vorliegende Erfindung wurde im Hinblick auf die Umstände gemacht, und ein Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Tracking-Steuervorrichtung vorzusehen, die in der Lage ist, die Zeit zu reduzieren, die erforderlich ist, bis ein Roboter mit der Arbeit beginnt.

Mittel zur Lösung der Aufgabenstellung

[0007] Um die oben beschriebenen Probleme zu lösen und das Ziel zu erreichen, umfasst eine Tracking-Steuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung eine Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit, um einen Synchronisationsbefehl für die Synchronisation zwischen einem Betrieb eines mechanischen Systems zur Ausführung von Arbeit an einem Beförderungszielobjekt und einem Betrieb einer Beförderungsvorrichtung zur Beförderung des Beförderungszielobjekts zu erzeugen, basierend auf einem Synchronisationsstartzeitpunkt, der basierend auf einer Fördergeschwindigkeit des Beförderungszielobjekts entschieden wird, wobei der Synchronisationsstartzeitpunkt ein Zeitpunkt zum Starten der Synchronisation ist. Zusätzlich umfasst die Tracking-Steuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung eine Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit zum Erzeugen eines Mechanik-System-Betriebsbefehls, der ein Befehl ist, der dem Mechanik-System bis zu einer Zielposition des Mechanik-Systems gegeben wird, und eine Kombinationseinheit zum Kombinieren des Synchronisationsbefehls mit dem Mechanik-System-Betriebsbefehl, um einen kombinierten Befehl zu erzeugen und den erzeugten kombinierten Befehl auszugeben. Die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit erzeugt den Synchronisationsbefehl zum Starten der Synchronisation, bevor das mechanische System die Zielposition erreicht.

Vorteilhafte Auswirkungen der Erfindung

[0008] Die Tracking-Steuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung hat den Effekt, dass sie die Zeit bis zum Beginn der Arbeit des Roboters verkürzen kann.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration einer Tracking-Steuervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 2 ist ein Diagramm zur Beschreibung eines Beispiels einer Geschwindigkeits-Wellenform eines Synchronisationsbefehls, der von der Tracking-Steuervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform erzeugt wird.

Fig. 3 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration einer Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit den veranschaulicht, die in der Tracking-Steuervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform umfasst ist.

Fig. 4 ist ein Flussdiagramm, das ein Verarbeitungsverfahren veranschaulicht, das von der Tracking-Steuervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform ausgeführt wird.

Fig. 5 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration einer Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit veranschaulicht, die in einer Tracking-Steuervorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform umfasst ist.

Fig. 6 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration einer Tracking-Steuervorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 7 ist ein Diagramm zur Beschreibung eines Punktes, an dem die Tracking-Steuervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform das Drehmoment berechnet.

Fig. 8 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration einer Tracking-Steuervorrichtung gemäß einer fünften Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 9 ist ein Diagramm zur Beschreibung eines interferenz-ignorierten Bereichs, der verwendet wird, wenn die Tracking-Steuervorrichtung gemäß der fünften Ausführungsform die Synchronisationsstartzeit bestimmt.

Fig. 10 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration einer Lerneinheit veranschaulicht, die in einer Tracking-Steuervorrichtung gemäß einer sechsten Ausführungsform enthalten ist.

Fig. 11 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration einer Lerneinheit veranschaulicht, die in einer Tracking-Steuervorrichtung gemäß einer siebten Ausführungsform enthalten ist.

Fig. 12 ist ein Diagramm, das eine beispielhafte Konfiguration einer Verarbeitungsschaltung in einem Fall veranschaulicht, in dem ein Prozessor und ein Speicher eine Verarbeitungsschaltung implementieren, die in jeder der Tracking-Steuervorrichtungen gemäß den ersten bis siebten Ausführungsformen enthalten ist.

Fig. 13 ist ein Diagramm, das ein Beispiel einer Verarbeitungsschaltung in einem Fall veranschaulicht, in dem eine zugeordnete Hardware die Verarbeitungsschaltung implementiert, die in jeder der Tracking-Steuervorrichtungen gemäß den ersten bis siebten Ausführungsformen enthalten ist.

Beschreibung der Ausführungsformen

[0009] Nachfolgend werden eine Tracking-Steuervorrichtung und ein Tracking-Steuerverfahren gemäß den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen detailliert beschrieben.

Erste Ausführungsform.

[0010] **Fig.** 1 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration einer Tracking-Steuervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform veranschaulicht. Ein Fördersystem gemäß der ersten Ausführungsform umfasst eine Tracking-Steuervorrichtung 50A, einen Roboter 6 und eine Fördervorrichtung (nicht dargestellt), beispielsweise ein Förderband.

[0011] Die Tracking-Steuervorrichtung (eine Steuervorrichtung für ein mechanisches System) 50A ist ein Computer, der ein mechanisches System steuert, beispielsweise einen Roboter oder eine automatische Montagemaschine, die Arbeiten an einem Zielobjekt ausführt, das sich auf einem Beförderungsmittel, beispielsweise einem Förderband, bewegt. In der ersten Ausführungsform wird ein Fall beschrieben, in dem die Tracking-Steuervorrichtung 50A den Roboter 6 steuert. Die Tracking-Steuervorrichtung 50A ist mit dem Roboter 6 verbunden.

[0012] Der Roboter 6 ist ein Roboter, der Arbeiten an einem Beförderungszielobjekt, beispielsweise einem Werkstück, ausführt, das von dem Förderer befördert wird. Ein Beispiel für den Roboter 6 umfasst einen Roboter, der ein Beförderungszielobjekt aufnimmt. Es ist zu beachten, dass der Roboter 6 ein Roboter sein kann, der das aufgenommene Werkstück auf dem Beförderungszielobjekt platziert, das von der Förderband befördert wird, oder ein Roboter sein kann, der Arbeiten wie das Anziehen von Schrauben ausführt.

[0013] Die Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der ersten Ausführungsform startet die Synchronisation zwischen einer Fördergeschwindigkeit der Fördervorrichtung, wie beispielsweise des Förderbands (Förderbands), und einer Betriebsgeschwindigkeit des Roboters 6, bevor der Roboter 6 am Beförderungszielobjekt ankommt. Die Verarbeitung der Synchronisierung der Fördergeschwindigkeit mit der Betriebsgeschwindigkeit des Roboters 6 ist die Verarbeitung der Steuerung der Relativgeschwindigkeit

zwischen der Fördergeschwindigkeit und der Betriebsgeschwindigkeit des Roboters 6 auf Null. Die Tracking-Steuervorrichtung 50A steuert die Betriebsgeschwindigkeit des Roboters 6, indem sie einen Befehl, der einen Synchronisationsbefehl umfasst, an den Roboter 6 sendet, wodurch die Betriebsgeschwindigkeit des Roboters 6 auf die gleiche Geschwindigkeit wie die Fördergeschwindigkeit gesteuert wird. Im Folgenden wird die Steuerung des Roboters 6 zur Synchronisation der Betriebsgeschwindigkeit des Roboters 6 mit der Fördergeschwindigkeit als Synchronisationssteuerung bezeichnet.

[0014] Die Tracking-Steuervorrichtung 50A umfasst eine Synchronisationsstart-Zeitsteuerungs-Entscheidungseinheit 1, eine Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2, eine Zielpositions-Entscheidungseinheit 3, eine Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4, eine Jede-Achsen-Steuereinheit 5, eine Greifoperation-Steuereinheit 7 und eine Kombinationseinheit 15.

[0015] Die Zielpositions-Entscheidungseinheit 3 empfängt die Fördergeschwindigkeit des Förderbands und eine Förderposition des Beförderungszielobjekts von einer externen Vorrichtung. Beispielsweise empfängt die Zielpositions-Entscheidungseinheit 3 eine momentane Fördergeschwindigkeit und eine momentane Förderposition von einer Fördersteuervorrichtung, die die Beförderungsvorrichtung wie den Förderer steuert. Es ist zu beachten, dass die Zielposition-Entscheidungseinheit 3 eine momentane Fördergeschwindigkeit und eine momentane Förderposition von einem Sensor, einer Kamera und dergleichen empfangen kann.

[0016] Die Zielposition-Entscheidungseinheit 3 entscheidet auf der Grundlage der Fördergeschwindigkeit und der Förderposition über eine Zielposition des Roboters 6 (Roboter-Zielposition). Die Zielposition ist eine Zielposition eines Betriebsbefehls, der von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugt wird, und ist eine Referenzposition, an der der Roboter 6 Arbeit an dem Beförderungszielobjekt ausführt. Der Roboter 6 arbeitet gemäß dem Synchronisationsbefehl, der von der Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 erzeugt wird, und einem Roboter-Betriebsbefehl, der von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugt wird. Der Roboter-Betriebsbefehl ist ein Betriebsbefehl, bei dem die Synchronisation mit dem Roboter 6 nicht berücksichtigt wird. Die Zielposition-Entscheidungseinheit 3 sendet die Zielposition an die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 und die Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit 1.

[0017] Die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 ist eine Roboter-Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit. Die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugt auf der Grundlage der Zielposition einen Roboter-Betriebsbefehl (Mechanik-System-Betriebsbefehl), der ein Betriebsbefehl ist, der dem Roboter 6 bis zur Zielposition des mechanischen Systems gegeben wird. Der Roboter-Betriebsbefehl umfasst beispielsweise einen Positionsbefehl zu einer Zielposition. Die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 sendet den erzeugten Roboter-Betriebsbefehl an die Kombinationseinheit 15.

[0018] Zusätzlich erzeugt die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 einen Greif-Betriebsbefehl, der den Roboter 6 anweist, eine Greifoperation an der Zielposition auszuführen, basierend auf einem Greifprogramm oder dergleichen zum Ausführen der Greifoperation. Der Greif-Betriebsbefehl ist ein Befehl zum Betreiben einer Roboterhandspitze, die eine Handspitze des Roboters 6 ist. Beispiele für den durch den Greif-Betriebsbefehl vorgeschriebenen Betrieb umfassen einen Betrieb des Absenkens der Roboterhandspitze auf die Position des Beförderungszielobjekts, einen Betrieb des Öffnens und Schließens der Roboterhandspitze, einen Betrieb des Zurückführens der Roboterhandspitze auf die ursprüngliche Position und dergleichen. Die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 sendet den Greif-Betriebsbefehl an die Greifoperation-Steuereinheit 7. Es ist zu beachten, dass die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 einen Arbeitsbefehl erzeugen kann, der eine andere Arbeit außer der Greifoperation befiehlt, und den Arbeitsbefehl an die Greifoperation-Steuereinheit 7 sendet.

[0019] Die Synchronisationsstartzeit-Entscheidungseinheit 1 empfängt die Fördergeschwindigkeit des Förderbands und die Förderposition des Beförderungszielobjekts von einer externen Vorrichtung und empfängt die Zielposition von der Zielpositions-Entscheidungseinheit 3. Die Synchronisationsstartzeit-Entscheidungseinheit 1 entscheidet über eine Zeit zum Starten der Synchronisationssteuerung unter Verwendung des Synchronisationsbefehls auf der Grundlage der Fördergeschwindigkeit, der Förderposition und der Zielposition. Im Folgenden kann ein solcher Zeitpunkt als Synchronisationsstartzeitpunkt bezeichnet werden. Der Synchronisationsstartzeitpunkt ist ein Zeitpunkt, bevor der Roboter 6 an der Zielposition ankommt, die durch den Roboter-Betriebsbefehl vorgegeben ist. Das heißt, der Synchronisationsstartzeitpunkt ist ein Zeitpunkt zum Starten der Synchronisationssteuerung, bevor der Roboter 6 an der Zielposition ankommt, die durch den Roboter-Betriebsbefehl vorgegeben ist. Die Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit 1 sendet einen Synchronisationsstartbefehl, der den festgelegten Synchronisationsstartzeitpunkt angibt, an die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2.

[0020] Nach dem Empfang des Synchronisationsstartbefehls von der Synchronisationsstartzeitpunkt-

Entscheidungseinheit 1 erzeugt die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 auf der Grundlage des Synchronisationsstartbefehls einen Synchronisationsbefehl für die Synchronisation mit der Fördergeschwindigkeit des Förderbands. Die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 erzeugt einen Synchronisationsbefehl zum Starten der Synchronisationssteuerung, bevor der Roboter 6 an der durch den Roboter-Betriebsbefehl vorgeschriebenen Zielposition ankommt. Das heißt, die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 beginnt mit der Erzeugung des Synchronisationsbefehls, bevor der durch die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugte Roboter-Betriebsbefehl an der Zielposition ankommt.

[0021] Wenn beispielsweise ein Förderband, das ein Beförderungszielobjekt in einer geradlinigen Richtung bewegt, als Vorrichtung zur Beförderung verwendet wird, erzeugt die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 einen Synchronisationsbefehl (Betriebsbefehl) zum parallelen Betrieb der Roboterhandspitze des Roboters 6 mit dem Förderband, wobei die Zielposition des von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugten Betriebsbefehls des Roboters als Startpunkt und die Fördergeschwindigkeit des Förderbandes als Zielgeschwindigkeit. Der Synchronisationsbefehl umfasst einen Befehl zur Beschleunigung bis zur Zielgeschwindigkeit, einen Befehl zum Betrieb mit der Zielgeschwindigkeit und einen Befehl zur Verzögerung der Zielgeschwindigkeit bis zum Stillstand. Die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 sendet den erzeugten Synchronisationsbefehl an die Kombinationseinheit 15.

[0022] Die Kombinationseinheit 15 kombiniert für jede Achse den Synchronisationsbefehl mit dem Roboter-Betriebsbefehl, um einen kombinierten Befehl zu erzeugen, und gibt den erzeugten kombinierten Befehl an die Jede-Achsen-Steuereinheit 5 aus.

[0023] Die Jede-Achsen-Steuereinheit 5 ist eine Steuereinheit, die die Bewegung des Roboters 6 steuert. Die Jede-Achsen-Steuereinheit 5 steuert jede Achse des Roboters 6 auf der Grundlage des kombinierten Befehls (das heißt des Betriebsbefehls, der durch Kombination des Synchronisationsbefehls mit dem Roboter-Betriebsbefehl erzeugt wird), der von der Kombinationseinheit 15 gesendet wird. Die Greifoperation-Steuereinheit 7 steuert die Roboterhandspitze gemäß dem Greif-Betriebsbefehl, der von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 gesendet wird.

[0024] Es folgt eine Beschreibung eines Beispiels einer Geschwindigkeits-Wellenform eines orthogonalen Koordinatensystems des Synchronisationsbefehls, der von der Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 erzeugt wird. **Fig.** 2 ist ein Diagramm zur Beschreibung eines Beispiels der Geschwindigkeits-Wellenform des Synchronisationsbefehls, der von der Tracking-Steuervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform erzeugt wird. In dem in **Fig.** 2 dargestellten Diagramm stellt die horizontale Achse die Zeit dar und die vertikale Achse stellt einen Geschwindigkeitsbefehl des Synchronisationsbefehls dar. Die positive Seite der vertikalen Achse gehört zu einer Betriebsrichtung des Förderbands (die Beförderungsrichtung des Beförderungszielobjekts). Hier lässt **Fig.** 2 die Darstellung des Geschwindigkeitsbefehls während der Verzögerung aus.

[0025] Der Geschwindigkeitsbefehl (Geschwindigkeits-Wellenform) des Synchronisationsbefehls, der durch die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 erzeugt wird, ist ein Befehl zur Beschleunigung von Null auf eine Fördergeschwindigkeit V des Förderbands bei einer konstanten Beschleunigungsgeschwindigkeit und zum parallelen Betrieb mit dem Förderer, während die Fördergeschwindigkeit V nach der Ankunft bei der Fördergeschwindigkeit V beibehalten wird. Im Geschwindigkeitsbefehl wird die Beschleunigung von Null auf die Fördergeschwindigkeit V des Förderbands bei der konstanten Beschleunigungsgeschwindigkeit während einer Beschleunigungszeit Kt durchgeführt.

[0026] Der Bewegungsabstand der Roboterhandspitze gemäß dem Synchronisationsbefehl während der Beschleunigungszeit Kt ist ein Beschleunigungsabstand L. Das heißt, der Beschleunigungsabstand L ist ein Abstand, den die Roboterhandspitze gemäß dem Synchronisationsbefehl während der Beschleunigung bis zur Fördergeschwindigkeit V fährt. In **Fig.** 2 gibt ein schraffierter Abschnitt den Beschleunigungsabstand L an, der der Bewegungsabstand des Synchronisationsbefehls bis zur Beschleunigungszeit Kt ist.

[0027] Wie in **Fig.** 2 dargestellt, gilt Folgendes, wenn die Beschleunigungsgeschwindigkeit während der Beschleunigung konstant ist und die Geschwindigkeitswellenform während der Beschleunigung durch eine gerade Linie angegeben wird: $L=(V\times Kt)/2$. Es ist zu beachten, dass ein Bewegungsabstand des Beförderungszielobjekts während einer Verzögerungszeit ein Verzögerungsabstand ist. Wenn die Beschleunigungsgeschwindigkeit und die Verzögerungsgeschwindigkeit konstant sind und die Geschwindigkeits-Wellenformen während der Beschleunigung und Verzögerung durch gerade Linien dargestellt werden, zeigt die Geschwindigkeits-Wellenform des Synchronisationsbefehls einen Geschwindigkeitsbefehl eines trapezförmigen Musters an.

[0028] **Fig.** 3 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration der Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit veranschaulicht, die in der Tracking-Steuervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform umfasst ist. Die Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit 1 umfasst eine Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10 und eine Synchronisationsstartposition-Ankunft-Bestimmungseinheit 11.

[0029] Die Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10 empfängt die Zielposition, bei der es sich um die Zielposition des Roboters 6 handelt, von der Zielposition-Entscheidungseinheit 3 und die Fördergeschwindigkeit des Förderbands von einer externen Vorrichtung oder dergleichen, beispielsweise einem Sensor.

[0030] Die Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10 entscheidet auf der Grundlage der Zielposition und der Fördergeschwindigkeit über die Position des Beförderungszielobjekts auf dem Förderband, bei der die Synchronisationssteuerung gestartet wird. Im Folgenden kann eine solche Position als Synchronisationsstartposition bezeichnet werden. Das heißt, die Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10 entscheidet über die Position des Beförderungszielobjekts auf dem Förderband, bei der die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 veranlasst wird, mit der Erzeugung des Synchronisationsbefehls zu beginnen. Es ist zu beachten, dass in der ersten Ausführungsform die Synchronisationsstartposition als Synchronisationsstartposition PS definiert ist.

[0031] Wenn beispielsweise die von der Zielpositions-Entscheidungseinheit 3 bestimmte Zielposition als eine Zielposition P definiert ist, bestimmt die Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10 eine Position eines Punktes, der von der Zielposition P in der stromaufwärtigen Richtung des Förderbands um die Beschleunigungsstrecke L zurückgegeben wird, gemäß dem Synchronisationsbefehl als die Position (Synchronisationsstartposition PS) des Beförderungszielobjekts auf dem Förderer, bei der die Erzeugung des Synchronisationsbefehls gestartet wird. Das heißt, die Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10 entscheidet als die Synchronisationsstartposition PS über den Zeitpunkt, zu dem das Beförderungszielobjekt an einer Position ankommt, die der Zielposition P um einen vorbestimmten spezifischen Abstand (Beschleunigungsabstand L) vorausgeht.

[0032] Wenn die Richtung (Bewegungsrichtung), in der das Beförderungszielobjekt auf dem Förderband bewegt wird, eine +X-Richtung ist, die Achse orthogonal zur X-Achse in der horizontalen Ebene die Y-Achse ist und die XY-Koordinaten der Zielposition P des Roboters 6 (Px, Py) sind, wird die Synchronisationsstartposition PS, bei der der Synchronisationsbefehl gestartet wird, durch Folgendes dargestellt: PS=(Px-L,Py). Das heißt, die Synchronisationssteuerung wird zu dem Zeitpunkt gestartet, zu dem das Beförderungszielobjekt auf dem Förderband an PS=(Px-L,Py) ankommt. Die Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10 sendet die Synchronisationsstartposition PS an die Synchronisationsstartposition-Ankunftsbestimmungseinheit 11.

[0033] Die Synchronisationsstartposition-Ankunftsbestimmungseinheit 11 empfängt die Synchronisationsstartposition PS von der Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10 und empfängt eine momentane Beförderungsposition des Beförderungszielobjekts von einer externen Vorrichtung, wie beispielsweise der Steuervorrichtung für die Beförderung. Eine momentane Beförderungsposition, die die Bestimmungseinheit 11 für die Synchronisationsstartposition von der externen Vorrichtung empfängt, ist ein Schätzwert (Positionsschätzwert Xh) der Position des Beförderungszielobjekts. Der Positionsschätzungswert Xh, der die Beförderungsposition darstellt, wird auf der Grundlage der Position des Beförderungszielobjekts auf dem Förderband geschätzt, die aus dem Bild berechnet wird, das aufgenommen wird, wenn das Beförderungszielobjekt unter einer stromaufwärts des Förderbands installierten Bildgebungseinheit (beispielsweise einer Kamera) hindurchläuft, sowie auf der Grundlage der verstrichenen Zeit seit der Bildgebung und der Ausgabe eines Codierers nach der Bildgebung, bei dem es sich um eine in dem Förderband enthaltene Messvorrichtung handelt.

[0034] Die Synchronisation-Startposition-Ankunft-Bestimmungseinheit 11 vergleicht Px-L mit Xh und gibt einen Synchronisationsstartbefehl an die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 zu dem Zeitpunkt aus, zu dem eine Beziehung von Xh≥Px-L erfüllt ist. Die Synchronisation-Startposition-Ankunft-Bestimmungseinheit 11 gibt beispielsweise zu dem Zeitpunkt, zu dem eine Beziehung von Xh=Px-L erfüllt ist, einen Synchronisationsstartbefehl an die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 aus. Das heißt, die Synchronisation-Startposition-Ankunft-Bestimmungseinheit 11 legt als Synchronisationsstartzeitpunkt, der ein Zeitpunkt zum Starten der Synchronisation ist, den Zeitpunkt fest, zu dem das Beförderungszielobjekt an der Position ankommt, die der Zielposition P um die vorbestimmte spezifische Distanz (Beschleunigungsdistanz L) vorausgeht, und gibt den Synchronisationsstartbefehl an die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 aus.

[0035] Es ist zu beachten, dass die Synchronisationsstartposition-Ankunftsbestimmungseinheit 11 nicht auf den Fall der Schätzung des Positionsschätzwerts Xh durch das oben beschriebene Schätzver-

fahren beschränkt ist und den Positionsschätzwert Xh unter Verwendung eines an das Förderband gegebenen Geschwindigkeitsbefehls oder eines Konstruktionswerts der Geschwindigkeit des Förderbands anstelle des Ausgangssignals des Codierers schätzen kann.

[0036] Darüber hinaus kann es sein, dass der Encoder in dem Beförderungssystem nicht von dem Förderer umfasst wird und das Beförderungszielobjekt durch die stromaufwärts von dem Förderer installierte Abbildungseinheit in Intervallen eine Vielzahl von Malen abgebildet werden kann. In diesem Fall schätzt beispielsweise die Synchronisationsstartposition-Ankunftsbestimmungseinheit 11 den Positionsschätzwert Xh des Beförderungszielobjekts auf der Grundlage der Geschwindigkeit des Förderbands, die aus einer Vielzahl von Bildergebnissen geschätzt wird, und der seit der Bildgebung verstrichenen Zeit.

[0037] Mit dem Startpunkt, der durch den von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugten Betriebsbefehl als Zielposition P vorgegeben ist, erzeugt die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 einen Synchronisationsbefehl mit dem in **Fig.** 2 dargestellten Geschwindigkeitsmuster. In diesem Fall beträgt, da die Inkrementierung des Positionsbefehls nach Ablauf der Beschleunigungszeit Kt ab dem Beginn der Erzeugung des Synchronisationsbefehls L ist, in dem von der Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 erzeugten Synchronisationsbefehl der Bewegungsbetrag des Roboters 6 von Px in der Betriebsrichtung über dem Förderband L und der Geschwindigkeitsbefehl in der Betriebsrichtung des Förderbands V. Das heißt, die Geschwindigkeit des Roboters 6 erreicht V zu dem Zeitpunkt erreicht, zu dem sich der Roboter 6 von Px um L in Förderrichtung bewegt.

[0038] Zusätzlich wird die X-Richtungs-Position des Beförderungszielobjekts auf dem Förderer durch Px-L+(V×Kt) dargestellt. Da V×Kt 2L ist, ist die X-Richtungs-Position des Beförderungszielobjekts auf dem Förderband ebenfalls Px+L, ähnlich wie beim Roboter 6, und die X-Richtungs-Geschwindigkeit des Beförderungszielobjekts ist V. Folglich stimmen nach Ablauf der Beschleunigungszeit Kt oder mehr ab dem Beginn der Erzeugung des Synchronisationsbefehls und dem Eintreffen des Roboter-Betriebsbefehls an der Zielposition P die Position und Geschwindigkeit des Roboters 6 mit der Position und Geschwindigkeit des Beförderungszielobjekts übereinstimmen. Somit kann die Tracking-Steuervorrichtung 50A den Roboter 6 mit dem Beförderungszielobjekt synchronisieren, nachdem der von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugte Betriebsbefehl für den Roboter an der Zielposition P angekommen ist.

[0039] Die Zielposition-Entscheidungseinheit 3 wählt die von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 zu verwendende Zielposition P vorzugsweise so aus, dass die Zeit um die Beschleunigungszeit Kt ab dem Beginn der Erzeugung des Synchronisationsbefehls verstreicht, bevor die dem Roboter-Betriebsbefehl zugehörige Position des Roboters 6 an der Zielposition P ankommt. Das heißt, die Zielposition-Entscheidungseinheit 3 legt als Synchronisationsstartzeitpunkt den Zeitpunkt fest, bevor die des Roboters 6, die dem Roboter-Betriebsbefehl zugehörig ist, an der Zielposition P ankommt, und wählt die Zielposition P beispielsweise so aus, dass die Position der Roboterhandspitze über dem Beförderungszielobjekt liegt, wenn die Zeit um die Beschleunigungszeit Kt ab dem Start des Synchronisationsbefehls verstrichen ist und der von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugte Roboter-Betriebsbefehl an der Zielposition P ankommt. Folglich kann die Zielpositionsentscheidungseinheit 3 zu dem Zeitpunkt, an dem der von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugte Roboter-Betriebsbefehl an der Zielposition P ankommt, die Zielposition-Entscheidungseinheit 3 die Fördergeschwindigkeit des Roboters 6 mit dem Beförderungszielobjekt synchronisieren kann, während sich der Roboter 6 über dem Beförderungszielobjekt befindet.

[0040] In der ersten Ausführungsform erzeugt die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 zunächst einen Synchronisationsbefehl (einen Positionsbefehl der Roboterhandspitze) in einem orthogonalen Koordinatensystem und wandelt den erzeugten Positionsbefehl der Roboterhandspitze in den Positionsbefehl für jede Achse des Roboters 6 um (eine solche Umwandlung wird als inverse Umwandlung bezeichnet). Der der inversen Umwandlung unterzogene Positionsbefehl ist der Synchronisationsbefehl. Der Positionsbefehl für jede Achse, der durch die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 durch die inverse Umwandlung erzeugt wird, wird zu dem Roboter-Betriebsbefehl hinzugefügt, der durch die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugt wird.

[0041] Es ist zu beachten, dass in der ersten Ausführungsform die Tracking-Steuervorrichtung 50A die inverse Umwandlung des Synchronisationsbefehls durchführt und dann den Synchronisationsbefehl zu dem Roboter-Betriebsbefehl hinzufügt, aber später die inverse Umwandlung durchführen kann. Das heißt, die Tracking-Steuervorrichtung 50A kann im orthogonalen Koordinatensystem den von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugten Betriebsbefehl für das orthogonale Koordinatensystem und den Synchronisationsbefehl für das orthogonale Koordinatensystem hinzufügen und dann die inverse Umwandlung durchführen.

[0042] In der ersten Ausführungsform berechnet die Zielposition-Entscheidungseinheit 3, um die Zielposition P des Roboter-Betriebsbefehls zu bestimmen, im Voraus die Betriebszeiten ta1 bis tak des Roboters von P1 bis Pk (k ist eine natürliche Zahl), die eine Vielzahl von Punkten auf dem Förderband darstellen. Unter den Punkten P1 bis Pk ist der Punkt P1 die am weitesten stromaufwärts gelegene Position und der Punkt Pk die am weitesten stromabwärts gelegene Position.

[0043] Die Zielposition-Entscheidungseinheit 3 vergleicht die berechneten ta1 bis tak mit den Bewegungszeiten tb1 bis tbk des Beförderungszielobjekts auf dem Förderer von P1 bis Pk. Die Zielposition-Entscheidungseinheit 3 erhält durch diesen Vergleich ein Maximum n, das tan≥tbn+Kt erfüllt (n ist eine natürliche Zahl von 1 bis k), und gibt als Zielposition P einen Punkt Pn (nicht dargestellt) aus, der dem Maximum n der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 zugehörig ist. Das Maximum n gehört zu einem Punkt, an dem der Beginn des Synchronisationsbefehls der späteste unter den Punkten ist, an denen die Geschwindigkeit gemäß dem Synchronisationsbefehl die Geschwindigkeit der Vorrichtung erreicht, bevor der von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugte Betriebsbefehl des Roboters die Zielposition P erreicht. Das heißt, das Maximum n gehört zu dem Punkt Pn, an dem ein Abschnitt, in dem der kombinierte Betrieb mit dem von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugten Betriebsbefehl des Roboters übereinstimmt, der unter den Punkten am längsten ist, an denen die Geschwindigkeit gemäß dem Synchronisationsbefehl die Geschwindigkeit der Vorrichtung erreicht, bevor der von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugte Betriebsbefehl des Roboters die Zielposition P erreicht.

[0044] Es ist zu beachten, dass, obwohl die Zielposition-Entscheidungseinheit 3 gemäß der ersten Ausführungsform als Zielposition P einen Punkt annimmt, der der Betriebszeit zugehörig ist, die dem Maximum n genügt, ein Punkt Pm (nicht dargestellt), wobei m<n (m ist eine natürliche Zahl) als Zielposition P ausgegeben werden kann.

[0045] Zusätzlich ist die Zielposition-Entscheidungseinheit 3 nicht auf den Fall beschränkt, in dem die Zielposition P nach vorheriger Berechnung der Bewegungszeiten bis zu einer Vielzahl von Punkten auf dem Förderband entschieden wird. Die Zielposition-Entscheidungseinheit 3 kann die Zielposition P durch ein anderes Verfahren bestimmen. Beispielsweise kann die Zielposition-Entscheidungseinheit 3 die Betriebszeit ta des Roboters 6 bis zu einem vorbestimmten spezifischen Punkt P0 (nicht dargestellt) auf dem Förderband und die Bewegungszeit tb des Beförderungszielobjekts auf dem Förderband bis zu dem spezifischen Punkt P0 berechnen und die Zielposition P aus einem Vergleichsergebnis von ta und tb bestimmen. Wenn beispielsweise die x-Koordinate von P0 P0x ist, berechnet die Zielposition-Entscheidungseinheit 3 Px durch Px=P0x+(ta-tb-Kt-α)×V und entscheidet, dass das berechnete Px die Zielposition P ist. Hierbei ist α eine vorgegebene Konstante. Die Zielpositions-Entscheidungseinheit 3 kann auch einen vorbestimmten Punkt PA (nicht dargestellt) speichern und den Punkt PA als Zielposition P an die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 ausgeben, anstatt irgendeine Berechnung durchzuführen. Der Punkt PA kann in diesem Fall ein Punktesatz sein, der auf irgendeiner Information basiert, beispielsweise der Fördergeschwindigkeit des Förderbands und der Bewegungsgeschwindigkeit des Roboters 6.

[0046] Die Greifoperation-Steuereinheit 7 startet die Greifoperation zum Zeitpunkt der Ankunft des späteren Zeitpunkts von Zeit tr1, zu dem der von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugte Positionsbefehl an der Zielposition P ankommt, und Zeit tr2, nachdem die Beschleunigungszeit Kt ab dem Beginn der Erzeugung des Synchronisationsbefehls verstrichen ist. Das heißt, selbst zu dem Zeitpunkt, zu dem der Positionsbefehl an der Zielposition P ankommt, wartet die Greifoperation-Steuereinheit 7, bis die Beschleunigungszeit Kt seit dem Beginn der Erzeugung des Synchronisationsbefehls verstrichen ist, und startet dann die Greifoperation. Außerdem wartet die Greifoperation-Steuereinheit 7, selbst zu dem Zeitpunkt, zu dem die Beschleunigungszeit Kt seit dem Beginn der Erzeugung des Synchronisationsbefehls verstrichen ist, wenn der Positionsbefehl nicht an der Zielposition P angekommen ist, bis der Positionsbefehl an der Zielposition P ankommt, und startet dann die Greifoperation.

[0047] Die Greifoperation ist ein Betrieb des Absenkens der Roboterhandspitze und des Öffnens und Schließens der Hand. Die Greifoperation-Steuereinheit 7 überträgt einen Befehl für das Ende der Erzeugung des Synchronisationsbefehls an die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist: am Ende des Greifvorgangs, am Ende des Hebevorgangs der Hand nach dem Ende des Greifvorgangs, nach Ablauf einer vorgeschriebenen Zeit nach dem Ende des Greifvorgangs oder nach Ablauf einer vorgeschriebenen Zeit ab dem Beginn des Greifvorgangs . Nach Erhalt des Befehls für das Ende der Erzeugung des Synchronisationsbefehls verlangsamt die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 den Geschwindigkeitsbefehl des Synchronisationsbefehls auf Null und stoppt den Synchronisationsbefehl.

[0048] Es ist zu beachten, dass in der ersten Ausführungsform die Greifoperation-Steuereinheit 7 die Greifoperation zum Zeitpunkt der Ankunft des späteren der beiden Zeitpunkte tr1 und tr2 startet. Die

Greifoperation-Steuereinheit 7 kann jedoch die Greifoperation zum Zeitpunkt des Ablaufs einer vorgegebenen Zeit tc starten, in der das Steuersystem nach Ankunft des späteren der Zeitpunkte tr1 und tr2 weiter berücksichtigt wird.

[0049] Obwohl die Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der ersten Ausführungsform den Synchronisationsbefehl beispielsweise so erzeugt, dass die Handspitze des Roboters 6 gerade mit der Geschwindigkeit des Beförderungszielobjekts synchronisiert ist, besteht keine Notwendigkeit, sich auf die Umsetzung der genauen Synchronisation zu beschränken, und es ist möglich, die Handspitze des Roboters 6 bei der Ausführung der Greifarbeit mit einer Geschwindigkeit abzugleichen, die innerhalb eines Toleranzbereichs leicht verschoben ist. Es ist zu beachten, dass die Anpassung der Handspitze des Roboters 6 mit der leicht innerhalb des Toleranzbereichs verschobenen Geschwindigkeit auch als „Synchronisation“ definiert wird.

[0050] Obwohl in der ersten Ausführungsform die Beschreibung als Beispiel für den Fall gegeben wurde, dass das Beförderungszielobjekt auf dem Förderer entlang einer geraden Linie befördert wird, ist die Tracking-Steuervorrichtung 50A auch auf ein System anwendbar, in dem das Beförderungszielobjekt entlang eines Bogens befördert wird. Wenn das Beförderungszielobjekt auf dem Förderer entlang einer geraden Linie befördert wird, führt die Tracking-Steuervorrichtung 50A eine Berechnung durch, indem sie die Beschleunigungsstrecke L und die Verzögerungsstrecke als geradlinige Strecken verwendet. In einem System, in dem das Beförderungszielobjekt entlang eines Bogens befördert wird, kann die Tracking-Steuervorrichtung 50A einfach eine ähnliche Berechnung durchführen, indem sie die Beschleunigungsstrecke L und die Verzögerungsstrecke als Umfangsstrecken verwendet.

[0051] Wie oben beschrieben, startet die Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der ersten Ausführungsform die Positions- und Geschwindigkeitssynchronisation zwischen dem Beförderungszielobjekt und dem Roboter 6, bevor der Roboter-Betriebsbefehl an der Zielposition P eintrifft. Dann erreicht die Tracking-Steuervorrichtung 50A die Geschwindigkeitssynchronisation zwischen dem Beförderungszielobjekt und dem Roboter 6, indem sie den Roboter 6 zu einem Zeitpunkt, zu dem der Roboter-Betriebsbefehl an der Zielposition P ankommt, und die Geschwindigkeiten des Beförderungszielobjekts und des Roboters 6 auf die gleiche Geschwindigkeit bringt. Folglich kann die Tracking-Steuervorrichtung 50A selbst in einem Fall, in dem die Tracking-Steuervorrichtung 50A die Tracking-Steuerung durchführt, sowohl eine Verringerung des Fehlers der Greifposition als auch eine Verringerung der Betriebszeit erreichen.

[0052] Als Nächstes wird ein von der Tracking-Steuervorrichtung 50A ausgeführtes Verarbeitungsverfahren beschrieben. **Fig.** 4 ist ein Flussdiagramm, das ein von der Tracking-Steuervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform ausgeführtes Verarbeitungsverfahren veranschaulicht.

[0053] Die Zielpositions-Entscheidungseinheit 3 der Tracking-Steuervorrichtung 50A entscheidet über die Zielposition P, die ein Startpunkt ist, an dem der Roboter 6 Arbeiten am Beförderungszielobjekt ausführt, basierend auf der Förderposition und der Fördergeschwindigkeit des Beförderungszielobjekts (Schritt S10).

[0054] Die Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit 1 entscheidet über den Synchronisationsstartzeitpunkt zum Starten der Synchronisationssteuerung auf der Grundlage der Zielposition P, der Förderposition und der Fördergeschwindigkeit (Schritt S20). Die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 erzeugt den Synchronisationsbefehl für die Synchronisation mit der Fördergeschwindigkeit des Förderbands auf der Grundlage des Synchronisationsstartbefehls, der den Synchronisationsstartzeitpunkt angibt (Schritt S30). Dieser Synchronisationsbefehl ist ein Befehl zum Starten der Synchronisation, bevor die Position des Roboters 6, der sich gemäß dem Roboter-Betriebsbefehl bewegt, an der Zielposition P ankommt.

[0055] Die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugt den Roboter-Betriebsbefehl, der ein Betriebsbefehl ist, der dem Roboter 6 bis zur Zielposition P gegeben wird, basierend auf der Zielposition P (Schritt S40). Es ist zu beachten, dass jede der Verarbeitungen in Schritt S40 und die Verarbeitungen in den Schritten S20 und S30 zuerst ausgeführt werden können.

[0056] Die Kombinationseinheit 15 kombiniert für jede Achse den Synchronisationsbefehl mit dem Roboter-Betriebsbefehl. Der Synchronisationsbefehl ist ein Befehl zum Starten der Synchronisation, bevor die Position des Roboters 6, die dem Befehl für den Betrieb des Roboters zugehörig ist, an der Zielposition P ankommt. Somit ist der von der Kombinationseinheit 15 kombinierte Befehl ein Befehl zum Starten der Synchronisation, bevor der Roboter 6 an der Zielposition P ankommt. Das heißt, die Kombinationseinheit 15 kombiniert den Synchronisationsbefehl mit dem Befehl für den Betrieb des Roboters, um die Synchronisation zu starten, bevor der Roboter 6 an der Zielposition P ankommt (Schritt S50). Die Jede-Achsen-Steuereinheit 5 steuert jede Achse des Roboters 6 auf der Grundlage des Betriebsbefehls, der durch Kombination des Synchronisationsbefehls mit dem Roboter-Betriebsbefehl erzeugt wird. Wie oben beschrieben, startet die Tracking-Steuervorrichtung 50A die Synchronisation, bevor der Roboter

6 die Zielposition P erreicht. Die Greifoperation-Steuereinheit 7 steuert die Roboterhandspitze gemäß dem von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 gesendeten Greif-Betriebsbefehl.

[0057] Wie oben beschrieben, ist es möglich, einen Fehler bei der Greifarbeit durch den Roboter 6 zu reduzieren und die Betriebszeit des Roboters 6 zu reduzieren, da die Tracking-Steuervorrichtung 50A den Synchronisationsbefehl erzeugt, um die Position und Geschwindigkeit des Roboters 6 mit der Position und Geschwindigkeit des Beförderungszielobjekts, das auf dem Förderband befördert wird, abzugleichen.

[0058] Wie oben beschrieben, werden gemäß der ersten Ausführungsform, da die Tracking-Steuervorrichtung 50A den Synchronisationsbefehl zum Starten der Synchronisation erzeugt, bevor der von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugte Betriebsbefehl an der Zielposition P ankommt, und dann die Synchronisation startet, die Position und Geschwindigkeit des Roboters 6 mit der Position und Geschwindigkeit des Beförderungszielobjekts zu dem Zeitpunkt abgeglichen, zu dem der von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugte Betriebsbefehl an der Zielposition P ankommt . Folglich kann die Tracking-Steuervorrichtung 50A den Roboter 6 veranlassen, zu dem Zeitpunkt mit der Arbeit zu beginnen, zu dem der von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugte Betriebsbefehl an der Zielposition P ankommt, und somit kann die Zeit, die erforderlich ist, bis der Roboter 6 mit der Arbeit beginnt, reduziert werden.

Zweite Ausführungsform.

[0059] Als Nächstes wird eine zweite Ausführungsform unter Bezugnahme auf **Fig.** 1 beschrieben. In der zweiten Ausführungsform erzeugt die Tracking-Steuervorrichtung 50A einen Rechteckwellen-Geschwindigkeitsbefehl als die Geschwindigkeitswellenform des Synchronisationsbefehls.

[0060] Die Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der zweiten Ausführungsform unterscheidet sich von der Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der ersten Ausführungsform durch das in der Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 verwendete Geschwindigkeitsbefehl-Erzeugungsverfahren.
Daher wird in der zweiten Ausführungsform eine Beschreibung des in der Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 verwendeten Geschwindigkeitsbefehl-Erzeugungsverfahrens gegeben, und andere Beschreibungen werden weggelassen.

[0061] Die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2, die in der Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der ersten Ausführungsform enthalten ist, erzeugt den Synchronisationsbefehl zum Durchführen einer Beschleunigung und einer Verzögerung bei der konstanten Beschleunigungsgeschwindigkeit, aber die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2, die in der Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der zweiten Ausführungsform enthalten ist, erzeugt intern den Rechteckwellen-Geschwindigkeitsbefehl. Das heißt, während in der ersten Ausführungsform die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 den Geschwindigkeitsbefehl des trapezförmigen Musters erzeugt, erzeugt die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 in der zweiten Ausführungsform den Geschwindigkeitsbefehl zum schrittweisen Erhöhen der Geschwindigkeit während der Beschleunigung und zum schrittweisen Verringern der Geschwindigkeit während der Verzögerung.

[0062] Die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 erzeugt gemäß der zweiten Ausführungsform den Rechteckwellen-Geschwindigkeitsbefehl und gibt an die Kombinationseinheit 15 als Geschwindigkeitsbefehl ein Ergebnis aus, das erhalten wird, indem der erzeugte Geschwindigkeitsbefehl einen gleitenden Durchschnittsfilter mit einer Fensterlänge Kt durchläuft, die dieselbe Länge wie die Beschleunigungszeit Kt hat. Das heißt, die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 erzeugt den Geschwindigkeitsbefehl, der dem Roboter 6 gegeben wird, der durch den Synchronisationsbefehl vorgeschrieben ist, unter Verwendung des Rechteckwellen-Geschwindigkeitsbefehls und des Filters für den gleitenden Mittelwert.

[0063] Wie oben beschrieben, kann in der zweiten Ausführungsform der Synchronisationsbefehl leicht erzeugt werden, selbst wenn die Geschwindigkeit des Förderbands variiert, da die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 den Geschwindigkeitsbefehl unter Verwendung des Rechteckwellen-Geschwindigkeitsbefehls und des Filters für den gleitenden Mittelwert erzeugt.

Dritte Ausführungsform.

[0064] Als Nächstes wird eine dritte Ausführungsform unter Bezugnahme auf **Fig.** 5 beschrieben. Die Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der dritten Ausführungsform berechnet die Synchronisationsstartposition unter Verwendung eines Parameters der Rückkopplungssteuerung oder der Vorwärtssteuerung in einem Steuersystem jeder Achse des Roboters 6 (Steuersystemparameter).

[0065] Die dritte Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform durch die Verarbeitung, die in der Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit ausgeführt wird. Daher wird in der dritten Ausführungsform eine Beschreibung der Konfiguration einer Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit und eines Verfahrens zur

Berechnung einer Synchronisationsstartposition gegeben, und andere Beschreibungen werden weggelassen.

[0066] **Fig.** 5 ist ein Diagramm, das die Konfiguration der Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit veranschaulicht, die in der Tracking-Steuervorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform umfasst ist. Unter den Komponenten in **Fig.** 5 wird die Komponente, die dieselbe Funktion wie die Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit 1 gemäß der ersten Ausführungsform, die in **Fig.** 3 dargestellt ist, erfüllt, mit demselben Bezugszeichen bezeichnet, und eine redundante Beschreibung wird weggelassen.

[0067] Eine Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit 1A gemäß der dritten Ausführungsform umfasst eine Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10A und die Synchronisationsstartposition-Ankunftsbestimmungseinheit 11.

[0068] Die Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10A empfängt die Zielposition P, die die Zielposition des Roboters 6 ist, von der Zielpositions-Entscheidungseinheit 3 und empfängt die Fördergeschwindigkeit des Förderbands von einer externen Vorrichtung oder dergleichen, wie beispielsweise einem Sensor. Zusätzlich empfängt die Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10A einen Steuersystemparameter von einer externen Vorrichtung oder dergleichen.

[0069] Wie oben beschrieben, unterscheidet sich die dritte Ausführungsform von der ersten Ausführungsform dadurch, dass die Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10A der Entscheidungseinheit 1A für den Synchronisationsstartzeitpunkt zusätzlich zur Zielposition P und zur Fördergeschwindigkeit den Steuersystemparameter empfängt.

[0070] Die Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10A entscheidet auf der Grundlage der Zielposition P, der Fördergeschwindigkeit und des Steuersystemparameters über die Position (Synchronisationsstartposition PS) des Beförderungszielobjekts auf dem Förderband, an der die Synchronisationssteuerung gestartet wird. Der Steuersystemparameter ist ein Parameter der Rückkopplungssteuerung oder der Vorwärtssteuerung im Steuersystem jeder Achse des Roboters 6.

[0071] In dem Steuersystem jeder Achse des Roboters 6 tritt eine Verzögerung nicht nur in der Tracking-Steuerung, sondern auch in dem Steuersystem jeder Achse auf. Daher arbeitet die Handspitze des Roboters 6 hinter dem dem Steuersystem gegebenen Befehlswert. Wenn beispielsweise die Tracking-Steuervorrichtung 50A die Handspitze des Roboters 6 entlang einer geraden Linie oder eines Bogens bewegt, bewegt sich die Handspitze des Roboters 6 entlang einer Zielspur mit Verzögerungen, die dem Parameter der Rückkopplungssteuerung oder der Vorwärtssteuerung und der Geschwindigkeit des Befehlswerts zugehörig sind. Daher speichert die Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10A in der dritten Ausführungsform im Voraus die Beziehung (beispielsweise eine in Tabellenform dargestellte Korrespondenzbeziehung) zwischen dem Steuersystemparameter und der Fördergeschwindigkeit und einem Verzögerungsbetrag Ld des Roboters 6 in der Richtung entlang der geraden Linie oder des Bogens.

[0072] Es ist zu beachten, dass die Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10A eine Funktion speichern kann, die die Beziehung zwischen dem Steuersystemparameter und der Fördergeschwindigkeit und dem Verzögerungsbetrag Ld angibt, anstatt die zugehörige Beziehung zwischen dem Steuersystemparameter und der Fördergeschwindigkeit und dem Verzögerungsbetrag Ld in tabellarischer Form oder dergleichen zu speichern. Die Funktion, die die Beziehung zwischen dem Steuersystemparameter und der Fördergeschwindigkeit und dem Verzögerungsbetrag Ld angibt, kann im Voraus durch die Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10A abgeleitet werden oder kann im Voraus durch eine andere Vorrichtung abgeleitet werden und dann in der Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10A gespeichert werden.

[0073] Basierend auf der Korrespondenzbeziehung (Tabelle oder Funktion) zwischen dem Steuersystemparameter und der Fördergeschwindigkeit und dem Verzögerungsbetrag Ld und dem Eingangssteuersystemparameter und der Fördergeschwindigkeit leitet die Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10A den Verzögerungsbetrag Ld ab, der dem Eingangssteuersystemparameter und der Fördergeschwindigkeit zugehörig ist.

[0074] Darüber hinaus berechnet die Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10A durch PS=(Px-L-Ld,Py) unter Verwendung des abgeleiteten Verzögerungsbetrags Ld die Synchronisationsstartposition PS auf dem Förderband des Beförderungszielobjekts, bei der die Erzeugung des Synchronisationsbefehls gestartet wird, und überträgt die Synchronisationsstartposition PS als Synchronisationsstartposition an die Synchronisationsstartposition-Ankunftsbestimmungseinheit 11.

[0075] Die Synchronisation-Startposition-Ankunft-Bestimmungseinheit 11 empfängt die Synchronisationsstartposition PS von der Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10A. Die Synchronisa-

tion-Startposition-Ankunft-Bestimmungseinheit 11 empfängt auch eine momentane Förderposition (Positionsabschätzungseinheit Xh). Die Beförderungsposition ist eine Position, die basierend auf der Position des Beförderungszielobjekts auf dem Förderband geschätzt wird, die aus dem Aufnahmebild berechnet wird, das aufgenommen wird, wenn das Beförderungszielobjekt unter einer stromaufwärts des Förderbands installierten Abbildungseinheit hindurchläuft, der verstrichenen Zeit seit der Abbildung und der Ausgabe nach der Abbildung von dem Kodierer, der die Messvorrichtung ist, die in dem Förderband umfasst ist.

[0076] Die Synchronisation-Startposition-Ankunft-Bestimmungseinheit 11 vergleicht Px-L-Ld mit Xh und gibt den Synchronisationsstartbefehl an die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 zu dem Zeitpunkt aus, zu dem eine Beziehung von Xh≥Px-L-Ld erfüllt ist.

[0077] Wie oben beschrieben, berechnet die Tracking-Steuervorrichtung 50A in der dritten Ausführungsform die Synchronisationsstartposition unter Verwendung des Parameters des Steuersystems. Das heißt, die Synchronisationsstartzeit-Entscheidungseinheit 1A entscheidet über die Synchronisationsstartzeit unter Berücksichtigung der Verzögerung des Steuersystems. Somit kann die Tracking-Steuervorrichtung 50A eine hochpräzise Tracking-Steuerung erreichen, bei der der Einfluss der Verzögerung des Steuersystems reduziert wird und der Greiffehler des Roboters 6 aufgrund der Verzögerung des Steuersystems reduziert wird.

Vierte Ausführungsform.

[0078] Als Nächstes wird eine vierte Ausführungsform unter Bezugnahme auf **Fig.** 6 beschrieben. Eine Tracking-Steuervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform berechnet eine Beschleunigungszeit und eine Verzögerungszeit, die innerhalb eines Bereichs, der den Maximalwert und den Minimalwert des auf jede Achse des Roboters 6 wirkenden zulässigen Drehmoments nicht überschreitet, am kürzesten sind, und erzeugt unter Verwendung der berechneten Beschleunigungs- und Verzögerungsparameter einen Roboter-Betriebsbefehl.

[0079] **Fig.** 6 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration der Tracking-Steuervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform veranschaulicht. Unter den Komponenten in **Fig.** 6 sind die Komponenten, die die gleichen Funktionen wie die der Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der in **Fig.** 1 dargestellten ersten Ausführungsform erfüllen, mit den gleichen Bezugszeichen versehen, und eine redundante Beschreibung wird weggelassen. Ein Fördersystem gemäß der vierten Ausführungsform umfasst eine Tracking-Steuervorrichtung 50B, den Roboter 6 und die Fördervorrichtung (nicht dargestellt), wie beispielsweise das Förderband.

[0080] Die Tracking-Steuervorrichtung 50B umfasst zusätzlich zu den in der Tracking-Steuervorrichtung 50A enthaltenen Komponenten eine Einheit 8 zur Entscheidung über Beschleunigung und Verzögerung unter Berücksichtigung der Synchronisation. Die Zielpositions-Entscheidungseinheit 3 der Tracking-Steuervorrichtung 50B sendet die Zielposition P an die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4, die Synchronisationsstartzeit-Entscheidungseinheit 1 und die Entscheidungseinheit für die Beschleunigung und Verzögerung unter Berücksichtigung der Synchronisation 8.

[0081] Die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 empfängt die Zielposition P von der Zielposition-Entscheidungseinheit 3. Zusätzlich speichert die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 im Voraus Parameter des Synchronisationsbefehls (Geschwindigkeitsmuster), der mit dem Roboter-Betriebsbefehl kombiniert ist, das heißt Parameter, die die Geschwindigkeit, Beschleunigung und Verzögerung in einem Abschnitt konstanter Geschwindigkeit des Synchronisationsbefehls betreffen.

[0082] Die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 entscheidet über Beschleunigungs- und Verzögerungsparameter innerhalb eines Bereichs, der eine Bedingung für jede Achse des Roboters 6 erfüllt, basierend auf der Zielposition P und dem Synchronisationsbefehl in Kombination mit dem Roboter-Betriebsbefehl. Die Beschleunigungs- und Verzögerungsparameter sind Parameter, die für die Beschleunigung und Verzögerung des Roboter-Betriebsbefehls verwendet werden, der von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugt wird. Die Beschleunigungs- und Verzögerungs-Parameter sind beispielsweise eine Beschleunigungszeit und eine Verzögerungszeit, die verwendet werden, wenn der Roboter 6 die Synchronisationsverarbeitung gemäß dem Synchronisationsbefehl ausführt. Die Beschleunigungszeit und die Verzögerungszeit, die durch die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 bestimmt werden, sind die Beschleunigungszeit und die Verzögerungszeit, die innerhalb eines Bereichs, der den zulässigen Wert des Drehmoments (zulässiges Drehmoment) erfüllt, das auf jede Achse des Roboters 6 wirkt, unter Berücksichtigung des Einflusses des Synchronisationsbetriebs am kürzesten sind.

[0083] Die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungs-

einheit 8 sendet die beschlossenen Beschleunigungs- und Verzögerungsparameter an die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4. Die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugt den Roboter-Betriebsbefehl unter Verwendung der Beschleunigungs- und Verzögerungsparameter, die von der Synchronisation-berücksichtigenden Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 beschlossen wurden.

[0084] Fig. 7 ist ein Diagramm zur Beschreibung eines Punktes, an dem die Tracking-Steuervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform das Drehmoment berechnet. Die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 legt eine Abschnittslänge (Abstand SL) fest, in der der Synchronisierungsvorgang auf einem Förderband 32 durchgeführt werden kann.

[0085] Als Nächstes berechnet die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 aus der von der Zielpositions-Bestimmungseinheit 3 bestimmten Zielposition P das auf jede Achse des Roboters 6 wirkende Drehmoment, wenn das Beförderungszielobjekt in der Bewegungsrichtung des Förderbands 32 in dem Geschwindigkeitsmuster des von der Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 erzeugten Synchronisationsbefehls (beispielsweise der in **Fig.** 2 dargestellte Synchronisationsbefehl) betrieben wird. Insbesondere berechnet die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 die Drehmomente τa der jeweiligen Achsen zu Beginn des Betriebs (die Geschwindigkeit Null an der Zielposition P), die Drehmomente τb der jeweiligen Achsen am Ende der Beschleunigung (die Geschwindigkeit V in der Betriebsrichtung des Förderbands 32 an einem Punkt TP0, der von der Zielposition P um L in Richtung der X-Achse bewegt wurde) und die Drehmomente τc 1 bis τcK (K ist eine natürliche Zahl) an jeweiligen vorbestimmten Punkten vom Eingang des Abschnitts mit konstanter Geschwindigkeit bis zur Ankunft am Punkt TP1, der von der Zielposition P durch den Abstand SL in der X-Achsen-Richtung getrennt ist.

[0086] Wenn beispielsweise die vorbestimmten Punkte von dem Punkt TP0 zu dem vorhergehenden Punkt TP1 vier Punkte sind, wie in **Fig.** 7 dargestellt, berechnet die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 die Drehmomente $\tau c1$ bis $\tau c4$ an den vier Punkten. Wenn der Roboter 6 ein Sechsachsroboter ist, ist jedes der Drehmomente τa, τb und $\tau c1$ bis $\tau c4$ ein Vektor von sechs Elementen.

[0087] Als nächstes ermittelt die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 den Maximalwert τsi_{max} und den Minimalwert τsi_{min} der Axialkomponenten der Drehmomente τa, τb und $\tau c1$ bis $\tau c4$. Hierbei ist i die Anzahl der Achsen, und in dem Fall, dass der Roboter 6 ein Sechsachsroboter ist, ist i eine natürliche Zahl von 1 bis 6. Der Maximalwert der ersten Achse ist beispielsweise $\tau s1_{max}$ und der Minimalwert der dritten Achse ist $\tau s3min$. Die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 setzt τsi_{max} auf 0, wenn das berechnete τsi_{max} die Beziehung $\tau si_{max}<0$ erfüllt. Außerdem setzt die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 τsi_{min} auf 0, wenn die Beziehung $\tau si_{min}>0$ erfüllt ist.

[0088] Wenn der Einfluss der Synchronisation nicht berücksichtigt wird, kann die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 einfach eine Beschleunigungszeit Kt0 und eine Abbremszeit gt0 berechnen, die innerhalb eines Bereichs, der das zulässige positive maximale Drehmoment τi_{max} und das zulässige negative maximale Drehmoment $-\tau i_{max}$ der jeweiligen Achsen nicht überschreitet, am kürzesten sind, und den Roboter-Betriebsbefehl unter Verwendung der Beschleunigungszeit Kt0 und der Abbremszeit gt0 erzeugen

[0089] In der vierten Ausführungsform, in der der Einfluss der Synchronisation berücksichtigt wird, korrigiert die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigungs- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 den zulässigen Maximalwert jeder Achse auf einen Wert, bei dem der Einfluss der Synchronisation berücksichtigt wurde, und berechnet dann die Beschleunigungs- und Verzögerungszeiten. Insbesondere berechnet die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 das zulässige positive maximale Drehmoment τzi_{max} durch $\tau zi_{max}=\tau i_{max}-\tau si_{max}$ und berechnet das zulässige negative maximale Drehmoment τzi_{min} durch $\tau zi_{min}=-\tau i_{max}-\tau si_{min}$. Hierbei sind τzi_{max} und τzi_{min} Werte, bei denen der Einfluss der Synchronisation der jeweiligen Achsen berücksichtigt wurde.

[0090] Die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 berechnet eine Beschleunigungszeit Kt1 und eine Verzögerungszeit gt1, die innerhalb eines Bereichs, in dem die Drehmomente der jeweiligen Achsen τzi_{max} und τzi_{min} nicht überschreiten, die kürzesten sind. Das heißt, die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 entscheidet auf der Grundlage von τzi_{max}, dass die Beschleunigungszeit Kt1 τzi_{max} nicht überschreitet, und entscheidet auf der Grundlage von τzi_{min}, dass die Verzögerungszeit gt1 τzi_{min} nicht überschreitet. Die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzöge-

rung-Entscheidungseinheit 8 überträgt die Beschleunigungszeit Kt1 und die Verzögerungszeit gt1 als Beschleunigungs- und Verzögerungsparameter an die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4.

[0091] Die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 empfängt die Beschleunigungszeit Kt1 und die Verzögerungszeit gt1. Die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugt einen Roboter-Betriebsbefehl unter Verwendung der empfangenen Beschleunigungszeit Kt1 und Verzögerungszeit gt1.

[0092] Es ist zu beachten, dass in der vierten Ausführungsform die Beschreibung als Beispiel für den Fall gegeben wurde, in dem die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 die Beschleunigungszeit Kt1 auf der Grundlage von τzi_{max} und die Verzögerungszeit gt1 auf der Grundlage von τzi_{min} entscheidet. Die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 kann die Beschleunigungszeit Kt1 und die Verzögerungszeit gt1 jedoch auch durch ein anderes Verfahren bestimmen. Beispielsweise kann die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 die Beschleunigungszeit Kt1 innerhalb eines Bereichs berechnen, der τi_{max} und $-\tau i_{max}$ nicht überschreitet, und die Verzögerungszeit gt1 innerhalb eines Bereichs berechnen, der τzi_{max} und τzi_{min} nicht überschreitet.

[0093] Auf diese Weise berechnet die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 die Beschleunigungszeit Kt1 und die Verzögerungszeit gt1, die innerhalb eines Bereichs, der den Maximalwert und den Minimalwert des zulässigen Drehmoments nicht überschreitet, am kürzesten sind. Der Maximalwert und der Minimalwert des zulässigen Drehmoments sind Werte, bei denen der Einfluss der Synchronisation wie oben beschrieben berücksichtigt wurde.

[0094] Die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 berechnet die Beschleunigungs- und Verzögerungszeiten als Befehl, bevor der Synchronisationsbefehl hinzugefügt wird. Zur Berechnung der Beschleunigungs- und Verzögerungszeiten kann jedes beliebige Verfahren angewendet werden. Die Synchronisation-berücksichtigende Beschleunigung- und Verzögerung-Entscheidungseinheit 8 kann die Beschleunigungszeit Kt1 und die Verzögerungszeit gt1 durch jedes beliebige Verfahren berechnen, solange es sich um das Verfahren zur Berechnung der Beschleunigungszeit Kt1 und der Verzögerungszeit gt1 handelt, die innerhalb eines Bereichs, der das zulässige Drehmoment nicht überschreitet, unter Berücksichtigung der dynamischen Eigenschaften des Roboters 6 am kürzesten sind.

[0095] Wie oben beschrieben, berechnet die Tracking-Steuervorrichtung 50B gemäß der vierten Ausführungsform die Beschleunigungszeit und die Verzögerungszeit, die innerhalb des Bereichs, der den Maximalwert und den Minimalwert des zulässigen Drehmoments nicht überschreitet, am kürzesten sind, und erzeugt den Roboter-Betriebsbefehl unter Verwendung der berechneten Beschleunigungs- und Verzögerungsparameter. Folglich kann die Tracking-Steuervorrichtung 50B die Betriebszeit durch Implementierung des Hochgeschwindigkeitsbetriebs reduzieren, während die Grenze des zulässigen Drehmoments eingehalten wird, selbst wenn der Synchronisationsbefehl zum Roboter-Betriebsbefehl hinzugefügt wird, um den Roboter 6 zu betreiben.

Fünfte Ausführungsform.

[0096] Als Nächstes wird eine fünfte Ausführungsform unter Bezugnahme auf die **Fig.** 8 und 9 beschrieben. Eine Tracking-Steuervorrichtung gemäß der fünften Ausführungsform startet einen Synchronisationsbefehl, wenn die Roboterhandspitze einen Bereich erreicht, in dem die Roboterhandspitze nicht mit dem Objekt interferiert, und das Beförderungszielobjekt die Synchronisationsstartposition erreicht.

[0097] **Fig.** 8 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration der Tracking-Steuervorrichtung gemäß der fünften Ausführungsform veranschaulicht. Unter den Komponenten in **Fig.** 8 sind die Komponenten, die die gleichen Funktionen wie die der Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der in **Fig.** 1 dargestellten ersten Ausführungsform erfüllen, mit den gleichen Bezugszeichen versehen, und eine redundante Beschreibung wird weggelassen. Ein Fördersystem gemäß der fünften Ausführungsform umfasst eine Tracking-Steuervorrichtung 50C, den Roboter 6 und die Fördervorrichtung, beispielsweise das Förderband 32 (in **Fig.** 8 nicht dargestellt).

[0098] Die Tracking-Steuervorrichtung 50C umfasst zusätzlich zu den Komponenten, die in der Tracking-Steuervorrichtung 50A enthalten sind, eine Bestimmungseinheit 9 für den Einfluss von Interferenzen. Die Bestimmungseinheit 9 für den Einfluss von Interferenzen empfängt einen momentanen Roboter-Betriebsbefehl von der Betriebsbefehlserzeugungseinheit 4.

[0099] Basierend auf dem Roboter-Betriebsbefehl und einem Bereich (interferenz-ignorierter Bereich A1, der später beschrieben wird), in dem keine Möglichkeit besteht, dass der Roboter 6 mit dem Beförderungszielobjekt interferiert, selbst wenn der Synchronisationsbefehl dem Roboter-Betriebsbefehl hinzugefügt wird, bestimmt die Interferenzeinfluss-Bestimmungseinheit 9, ob die Roboterhandspitze im interferenz-ignorierten Bereich A1 angekommen

ist. Die Interferenzeinfluss-Bestimmungseinheit 9 sendet an die Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit 1 eine Information, die angibt, ob die Roboterhandspitze im interferenz-ignorierten Bereich A1 angekommen ist.

[0100] Die in der Tracking-Steuervorrichtung 50C gemäß der fünften Ausführungsform enthaltene Entscheidungseinheit 1 für den Synchronisationsstart gibt den Synchronisationsstartbefehl an die Einheit 2 zur Erzeugung des Synchronisationsbefehls aus, wenn die Roboterhandspitze im interferenz-ignorierten Bereich A1 ankommt und das Beförderungszielobjekt an der Synchronisationsstartposition ankommt.

[0101] Die Tracking-Steuervorrichtung 50C unterscheidet sich von der Tracking-Steuervorrichtung 50A dadurch, dass sie die Interferenzeinfluss-Bestimmungseinheit 9 enthält und dass die Verarbeitung durch die Entscheidungseinheit 1 für den Synchronisationsstart, die Erzeugungseinheit 2 für den Synchronisationsbefehl und die Steuereinheit 7 für den Greifvorgang erfolgt. Nachfolgend werden hauptsächlich die Unterschiede zwischen der von der Tracking-Steuervorrichtung 50C ausgeführten Verarbeitung und der von der Tracking-Steuervorrichtung 50A ausgeführten Verarbeitung beschrieben.

[0102] Fig. 9 ist ein Diagramm zur Beschreibung eines interferenz-ignorierten Bereichs, der verwendet wird, wenn die Tracking-Steuervorrichtung gemäß der fünften Ausführungsform den Synchronisationsstartzeitpunkt bestimmt. In **Fig.** 9 ist das Beförderungszielobjekt, an dem der Roboter 6 Arbeiten ausführt, als Beförderungszielobjekt 31 dargestellt.

[0103] Der interferenz-ignorierte Bereich A1 ist ein Bereich, in dem keine Interferenz zwischen dem Roboter 6 und einem Objekt (beispielsweise einem Hindernis (nicht dargestellt), beispielsweise einer Vorrichtung oder einem Sensor, die/der sich zwischen dem Roboter 6 und dem Förderer 32 befindet) auftreten kann, selbst wenn ein Synchronisationsbefehl dem Befehl zum Betrieb des Roboters hinzugefügt wird. Der interferenz-ignorierte Bereich A1 umfasst einen Bereich, durch den das Beförderungszielobjekt 31 hindurchläuft.

[0104] Die Interferenzeinfluss-Bestimmungseinheit 9 speichert im Voraus den interferenz-ignorierten Bereich A1, wie in **Fig.** 9 dargestellt. Die Interferenzeinfluss-Bestimmungseinheit 9 empfängt einen momentanen Roboter-Betriebsbefehl, der von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugt wird. Die Interferenzeinfluss-Bestimmungseinheit 9 bestimmt, ob die dem Roboter-Betriebsbefehl zugehörige Roboterhand-Spitzenposition in dem interferenz-ignorierten Bereich A1 ankommt.

[0105] Die Interferenzeinfluss-Bestimmungseinheit 9 gibt an die Synchronisationsstart-Zeitbestimmungs-Entscheidungseinheit 1 eine Information (beispielsweise „0“) aus, die ein Nichtankommen anzeigt, bis die Roboterhand-Spitzenposition in dem interferenz-ignorierten Bereich A1 ankommt. Die Interferenzeinfluss-Bestimmungseinheit 9 gibt an die Synchronisationsstart-Zeitbestimmungseinheit 1 eine Information (beispielsweise „1“) aus, die die Ankunft nach der Ankunft der Roboterhand-Spitzenposition im interferenz-ignorierten Bereich A1 anzeigt.

[0106] Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform bestimmt die Synchronisation-Startposition-Ankunft-Bestimmungseinheit 11 der Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit 1, ob das Beförderungszielobjekt 31 an der Synchronisationsstartposition angekommen ist. Die Synchronisationsstart-Zeitsteuerungs-Entscheidungseinheit 1 gemäß der fünften Ausführungsform gibt den Synchronisationsstartbefehl nicht an die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 aus, wenn die Ausgabe „0“ von der Interferenzeinfluss-Bestimmungseinheit 9 empfangen wird, das heißt die Information, die die Nichtankunft anzeigt, selbst wenn das Beförderungszielobjekt 31 an der Synchronisationsstartposition ankommt.

[0107] Im Falle des Eintreffens des Beförderungszielobjekts 31 an der Synchronisationsstartposition und des Empfangs des Ausgangs „1“ von der Interferenzeinfluss-Bestimmungseinheit 9 gibt die Synchronisationsstartzeit-Entscheidungseinheit 1 den Synchronisationsstartbefehl an die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 aus. Wenn die Synchronisationsstart-Zeitbestimmungseinheit 1 bei Ankunft des Beförderungszielobjekts 31 an der Synchronisationsstartposition bereits die Ausgabe „1“ von der Interferenzeinfluss-Bestimmungseinheit 9 empfangen hat, gibt die Synchronisationsstart-Zeitbestimmungseinheit 1 den Synchronisationsstartbefehl sofort an die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 aus. Das heißt, wenn die Synchronisationsstart-Zeitbestimmungs-Entscheidungseinheit 1 bereits die Ausgabe „1“ von der Interferenzeinfluss-Bestimmungseinheit 9 empfangen hat, gibt die Synchronisationsstart-Zeitbestimmungs-Entscheidungseinheit 1 den Synchronisationsstartbefehl an die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 zu dem Zeitpunkt aus, zu dem das Beförderungszielobjekt 31 an der Synchronisationsstartposition ankommt.

[0108] Wie oben beschrieben, gibt die Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit 1 den Synchronisationsstartbefehl an die Synchronisationsbe-

fehl-Erzeugungseinheit 2 aus, wenn die Roboterhandspitzenposition den interferenz-ignorierten Bereich A1 erreicht und das Beförderungszielobjekt 31 die Synchronisationsstartposition erreicht.

[0109] Die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 gibt den Synchronisationsstartbefehl manchmal zu einem Zeitpunkt mit einer Verzögerung gegenüber einem gewünschten Zeitpunkt aus, als Ergebnis der Berücksichtigung der Interferenz. In diesem Fall wird die Position der Roboterhandspitze um die Verzögerung des Synchronisationsstarts verschoben, wenn die Tracking-Steuervorrichtung 50C den von der Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 erzeugten Synchronisationsbefehl so verwendet, wie er ist. Daher gibt die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 einen Synchronisationsbefehl aus, in dem die verschobene Position korrigiert ist. Die Zeitverzögerung bewirkt beispielsweise, dass sich die Position des Beförderungszielobjekts 31 um Lc=Kd×V vorwärts bewegt, wobei Kd eine Verzögerung gegenüber einem gewünschten Zeitpunkt des Synchronisationsstartbefehls darstellt, der von der Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit 1 ausgegeben wird. Daher erzeugt die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 einen Befehl für eine Bewegung zu (Px+Lc,Py) in der Beschleunigungszeit Kt mit (Px,Py) als einem Startpunkt. Im Folgenden wird ein solcher Befehl als ein Korrekturbefehl bezeichnet. Die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 sendet an die Kombinationseinheit 15 als korrigierten Synchronisationsbefehl ein Ergebnis, das durch Überlagern des Korrekturbefehls für eine Bewegung zu (Px+Lc,Py) in der Beschleunigungszeit Kt mit dem ursprünglichen Synchronisationsbefehl, der keine Zeitverzögerung erfährt, erhalten wird.

[0110] In einem Fall, in dem erwartet wird, dass der Maximalwert oder der Minimalwert des zulässigen Drehmoments überschritten wird, wenn das durch die Überlagerung des oben beschriebenen Korrekturbefehls erhaltene Ergebnis als Synchronisationsbefehl ausgegeben wird, berechnet die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 eine Ankunftszeit Kt2, die eine Ankunft an der Position (Px+Lc,Py) ermöglicht, ohne den Maximalwert oder den Minimalwert des zulässigen Drehmoments zu überschreiten. In diesem Fall sendet die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 an die Kombinationseinheit 15 als Synchronisationsbefehl ein Ergebnis, das durch Überlagern eines Korrekturbefehls für eine Bewegung zu (Px+Lc,Py) in der Ankunftszeit Kt2 mit dem ursprünglichen Synchronisationsbefehl, der keine Zeitverzögerung erfährt, erhalten wird.

[0111] Die Greifoperation-Steuereinheit 7 startet die Greifoperation zum Zeitpunkt der Ankunft des späteren Zeitpunkts von tr1, zu dem der von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugte Positionsbefehl an der Zielposition P ankommt, und der Zeit tr2, nachdem die Beschleunigungszeit Kt ab dem Beginn der Erzeugung des Synchronisationsbefehls verstrichen ist.

[0112] Wenn außerdem die Ankunftszeit zu (Px +Lc,Py) die Ankunftszeit Kt2 länger als die Beschleunigungszeit Kt ist, startet die Greifoperation-Steuereinheit 7 die Greifoperation zum Zeitpunkt der Ankunft der späteren der Zeit tr1, zu der der von der Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4 erzeugte Positionsbefehl an der Zielposition P ankommt, und der Zeit tr3, nachdem die Ankunftszeit Kt2 ab dem Beginn der Erzeugung des Synchronisationsbefehls.

[0113] Wie oben beschrieben, entscheidet in der Tracking-Steuervorrichtung 50C gemäß der fünften Ausführungsform die Synchronisationsstartzeit-Entscheidungseinheit 1 über die Synchronisationsbefehls-Startzeit unter Berücksichtigung der Ausgabe von der Interferenzeinfluss-Bestimmungseinheit 9. Das heißt, wenn die Roboterhandspitzenposition den interferenz-ignorierten Bereich A1 erreicht und das Beförderungszielobjekt 31 die Synchronisationsstartposition erreicht, gibt die Synchronisationsstartzeit-Entscheidungseinheit 1 der Tracking-Steuervorrichtung 50C den Synchronisationsstartbefehl an die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2 aus. Folglich kann die Tracking-Steuervorrichtung 50C das Auftreten von Interferenzen verhindern, die Positions- und Geschwindigkeitssynchronisation zwischen dem Roboter 6 und dem Beförderungszielobjekt 31 erreichen und die Betriebszeit des Roboters 6 reduzieren.

Sechste Ausführungsform.

[0114] Als nächstes wird eine sechste Ausführungsform unter Bezugnahme auf **Fig.** 10 beschrieben. Die Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der sechsten Ausführungsform lernt die zugehörige Beziehung zwischen der Zielposition P, der Fördergeschwindigkeit und dem Steuersystemparameter und dem Verzögerungsbetrag Ld und leitet bei der Steuerung des Roboters 6 den Verzögerungsbetrag Ld auf der Grundlage der Zielposition P, der Fördergeschwindigkeit und des Steuersystemparameters ab.

[0115] In der Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der sechsten Ausführungsform umfasst die Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit 1A eine Lerneinheit. Die Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der sechsten Ausführungsform unterscheidet sich von der Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der dritten Ausführungsform durch die von der Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit 1A ausgeführte Verarbeitung. Die Synchronisationsstart-Zeitsteuerungs-Entscheidungseinheit 1A gemäß der sechsten Ausführungsform unterscheidet sich von der Synchronisationsstart-

Zeitsteuerungs-Entscheidungseinheit 1A gemäß der dritten Ausführungsform in einem Verfahren zum Ableiten des Verzögerungsbetrags Ld, der aus der eingegebenen Zielposition P, der Fördergeschwindigkeit und dem Steuersystemparameter abgeleitet wird. Im Folgenden wird hauptsächlich ein Verfahren zum Ableiten des Verzögerungsbetrags Ld beschrieben.

[0116] Fig. 10 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration der Lerneinheit veranschaulicht, die in der Tracking-Steuervorrichtung gemäß der sechsten Ausführungsform enthalten ist. Eine Lerneinheit (Lernvorrichtung) 21, die in der Tracking-Steuervorrichtung 50A enthalten ist, ist beispielsweise in der Entscheidungseinheit 1A für den Synchronisationsstartzeitpunkt angeordnet. Es ist zu beachten, dass die Lerneinheit (Lernvorrichtung) 21 sowohl Lernen als auch Inferenz durchführt.

[0117] Die Lerneinheit 21 ist eine erste Lerneinheit. Die Lerneinheit 21 umfasst ein neuronales Netz und lernt im Voraus eine Korrespondenzbeziehung (erste Korrespondenzbeziehung) zwischen einer Kombination der Zielposition P, der Fördergeschwindigkeit und dem Steuersystemparameter und dem Verzögerungsbetrag Ld. Beim Lernen verwendet die Lerneinheit 21 als Eingaben des neuronalen Netzwerks die Zielposition P, die Fördergeschwindigkeit und den Steuersystemparameter und verwendet als Ausgabe (Trainingssignal) des neuronalen Netzwerks die Verzögerungsgröße Ld, die der Zielposition P, der Fördergeschwindigkeit und dem Steuersystemparameter zum Zeitpunkt der Eingabe zugehörig ist, um das Lernen des neuronalen Netzwerks auszuführen.

[0118] Das gelernte neuronale Netz wird in der Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10A gespeichert. Wenn die Tracking-Steuervorrichtung 50A den Roboter 6 tatsächlich betreibt, gibt die Lerneinheit 21 aus dem neuronalen Netz den Verzögerungsbetrag Ld aus, der der Zielposition P, der Fördergeschwindigkeit und dem Steuersystemparameter zugehörig ist, die in das neuronale Netz eingegeben werden. Unter Verwendung des vom neuronalen Netzwerk ausgegebenen Verzögerungsbetrags Ld berechnet die Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10A durch PS=(Px-L-Ld,Py) die Synchronisationsstartposition PS auf dem Förderer 32 des Beförderungszielobjekts, bei der die Erzeugung des Synchronisationsbefehls gestartet wird, und überträgt die Synchronisationsstartposition PS als Synchronisationsstartposition an die Synchronisationsstartposition-Ankunftsbestimmungseinheit 11. Wie oben beschrieben, leitet die Lerneinheit 21 in der sechsten Ausführungsform unter Verwendung des neuronalen Netzwerks den Verzögerungsbetrag Ld ab, der einer der Parameter bei der Leistung der Tracking-Steuerung ist.

[0119] Es ist zu beachten, dass die Lerneinheit 21 an jeder Position angeordnet sein kann. Die Lerneinheit 21 kann innerhalb oder außerhalb der Tracking-Steuervorrichtung 50A angeordnet sein. Die Lerneinheit 21 kann beispielsweise in einem Server angeordnet sein.

[0120] Hier werden Details der Lerneinheit 21 beschrieben. Die Lerneinheit 21 erfasst eine Kombination (im Folgenden als Kombinationsinformation bezeichnet) der Zielposition P, der Fördergeschwindigkeit und des Parameters des Steuersystems und des Verzögerungsbetrags Ld, der der Kombinationsinformation (erste Kombinationsinformation) zugehörig ist. Der Verzögerungsbetrag Ld, der von der Lerneinheit 21 erfasst wird, kann der Verzögerungsbetrag Ld sein, der von der Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10A gemäß der dritten Ausführungsform berechnet wird, oder er kann der Verzögerungsbetrag Ld sein, der von einer anderen Vorrichtung berechnet wird.

[0121] Die Lerneinheit 21 lernt den Verzögerungsbetrag Ld, der der Kombinationsinformation zugehörig ist, basierend auf Lerndaten, die basierend auf der Kombination der Kombinationsinformation und des Verzögerungsbetrags Ld erstellt wurden. Mit anderen Worten, die Lerneinheit 21 lernt den Verzögerungsbetrag Ld im Fall der Kombinationsinformation basierend auf den Lerndaten. Das heißt, die Lerneinheit 21 erzeugt ein erlerntes Modell (neuronales Netz oder dergleichen), das den Verzögerungsbetrag Ld aus den Kombinationsinformationen ableitet. Hierbei handelt es sich bei den Lerndaten um Daten, in denen die Kombinationsinformationen und der Verzögerungsbetrag Ld miteinander verknüpft sind. Die Lerneinheit 21 speichert das erzeugte erlernte Modell.

[0122] Die Lerneinheit 21 lernt beispielsweise den zu der Kombinationsinformation zugehörigen Verzögerungsbetrag Ld durch sogenanntes überwachtes Lernen gemäß dem neuronalen Netzwerkmodell. Hier bezieht sich überwachtes Lernen auf ein Verfahren, bei dem ein Satz von Daten (Lerndaten) einer Eingabe und eines Ergebnisses (Etikett) an die Lerneinheit 21 gegeben wird, um in den Lerndaten enthaltene Merkmale zu lernen und ein Ergebnis aus der Eingabe abzuleiten.

[0123] Das neuronale Netz umfasst eine Eingabeschicht mit einer Vielzahl von Neuronen, eine Zwischenschicht (verborgene Schicht) mit einer Vielzahl von Neuronen und eine Ausgabeschicht mit einer Vielzahl von Neuronen. Die Zwischenschicht kann eine einzelne Schicht oder zwei oder mehr Schichten sein.

[0124] Beispielsweise werden bei einem dreischichtigen neuronalen Netzwerk, wenn eine Vielzahl von

Teilen von Eingabedaten in die Eingabeschicht eingegeben werden, die Werte der Vielzahl von Teilen von Eingabedaten mit Gewichtungen multipliziert und in die Zwischenschicht eingegeben. Dann werden die Ergebnisse der Multiplikation der Werte mit Gewichtungen weiter mit Gewichtungen multipliziert und von der Ausgabeschicht ausgegeben. Dieses Ausgabeergebnis variiert je nach Gewichtungswert.

[0125] Das von der Lerneinheit 21 in **Fig.** 10 verwendete neuronale Netz lernt den zur Kombinationsinformation zugehörigen Verzögerungsbetrag Ld durch sogenanntes überwachtes Lernen in Übereinstimmung mit den auf der Grundlage einer Kombination der Kombinationsinformation und des Verzögerungsbetrags Ld erzeugten Merkmalen. Mit anderen Worten: Das von der Lerneinheit 21 verwendete neuronale Netz lernt den Verzögerungsbetrag Ld, der den Kombinationsinformationen zugehörig ist, durch sogenanntes überwachtes Lernen in Übereinstimmung mit den Kombinationsinformationen und dem Verzögerungsbetrag Ld, der auf der Grundlage der Kombination der erfassten ersten Eingabe und der zweiten Eingabe (Grundwahrheit) erstellt wurde.

[0126] Das heißt, das neuronale Netz lernt durch Anpassen der Gewichtungen, so dass das Ergebnis, das von der Ausgabeschicht nach Eingabe der Kombinationsinformation als erste Eingabe ausgegeben wird, sich der zweiten Eingabe (Grundwahrheit) annähert. Insbesondere lernt das neuronale Netz durch Anpassen der Gewichtungen, so dass das Ergebnis, das von der Ausgabeschicht ausgegeben wird, nachdem die Kombinationsinformation in die Eingabeschicht eingegeben wurde, sich dem Verzögerungsbetrag Ld annähert.

[0127] Das neuronale Netzwerk lernt die Korrespondenzbeziehung zwischen der Kombinationsinformation und dem Verzögerungsbetrag Ld, um ein erlerntes Modell zu erzeugen, das in der Lage ist, einen geeigneten Verzögerungsbetrag Ld auszugeben, wenn die Kombinationsinformation eingegeben wird. Auf diese Weise lernt die Lerneinheit 21 das erlernte Modell, das den Verzögerungsbetrag Ld ausgeben kann, der die Grundwahrheit darstellt, wenn die Kombinationsinformation eingegeben wird. Die Lerneinheit 21 führt das oben beschriebene Lernen aus, um das durch das neuronale Netzwerk dargestellte gelernte Modell zu erzeugen und das neuronale Netzwerk zu speichern.

[0128] Beim Ableiten des Verzögerungsbetrags Ld erfasst die Lerneinheit 21 die Kombinationsinformationen. Bei der Durchführung der tatsächlichen Steuerung des Roboters 6 leitet die Lerneinheit 21 den zu den Kombinationsinformationen gehörenden Verzögerungsbetrag Ld unter Verwendung des gelernten Modells, das das gelernte neuronale Netzwerk ist, ab. Das heißt, die Lerneinheit 21 kann den entsprechenden Verzögerungsbetrag Ld ausgeben, der aus den Kombinationsinformationen abgeleitet wurde, indem die Kombinationsinformationen in das Lernmodell eingegeben werden.

[0129] Wie oben beschrieben, sind die Kombination der Kombinationsinformationen und der Verzögerungsbetrag Ld Daten, die beim Lernen verwendet werden, und die Kombinationsinformationen sind Daten, die bei der Inferenz verwendet werden. Die Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der sechsten Ausführungsform lernt das Lernmodell basierend auf der Kombination der Kombinationsinformation und des Verzögerungsbetrags Ld und wendet danach die Kombinationsinformation auf das Lernmodell an, um den Verzögerungsbetrag Ld abzuleiten. Folglich kann die Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der sechsten Ausführungsform den Verzögerungsbetrag Ld unter Verwendung des Lernmodells ableiten, nachdem das Lernmodell gelernt wurde.

[0130] Es ist zu beachten, dass in der sechsten Ausführungsform der Fall beschrieben wurde, in dem die Lerneinheit 21 das Lernmodell erzeugt und den entsprechenden Verzögerungsbetrag Ld unter Verwendung des Lernmodells ausgibt. Die Lerneinheit 21 kann das Lernmodell jedoch von einer anderen Lerneinheit erfassen. In diesem Fall gibt die Lerneinheit 21 einen entsprechenden Verzögerungsbetrag Ld auf der Grundlage des von einer anderen Lerneinheit erfassten Lernmodells oder dergleichen aus.

[0131] Darüber hinaus kann die Tracking-Steuervorrichtung 50A die Kombinationsinformationen als Zielposition P und Fördergeschwindigkeit einstellen und den Steuersystemparameter nicht in den Kombinationsinformationen umfassen. Das heißt, die Tracking-Steuervorrichtung 50A kann die Korrespondenzbeziehung zwischen der Kombination der Zielposition P und der Fördergeschwindigkeit und dem Verzögerungsbetrag Ld erlernen und bei der Steuerung des Roboters 6 den Verzögerungsbetrag Ld auf der Grundlage der Zielposition P und der Fördergeschwindigkeit ableiten.

[0132] Wie oben beschrieben, kann die Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit 10A gemäß der sechsten Ausführungsform, da die Lerneinheit 21 die zugehörige Beziehung zwischen der Kombinationsinformation und dem Verzögerungsbetrag Ld lernt und bei der Steuerung des Roboters 6 den Verzögerungsbetrag Ld auf der Grundlage der Kombinationsinformation ableitet, eine geeignete Synchronisationsstartposition genau berechnen. Folglich kann die Tracking-Steuervorrichtung 50A den Einfluss der Verzögerung des Steuersystems mit hoher Genauigkeit korrigieren.

Siebte Ausführungsform.

[0133] Als Nächstes wird eine siebte Ausführungsform unter Bezugnahme auf **Fig.** 11 beschrieben. Die Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der siebten Ausführungsform lernt eine Korrespondenzbeziehung zwischen der Zielposition P und einer Position des Betriebsbeginns des Roboters 6, der Fördergeschwindigkeit und einer Zielobjektposition, die eine Position des Beförderungszielobjekts auf dem Förderer 32 ist, und schließt bei der Steuerung des Roboters 6 auf die Zielposition P auf der Grundlage der Position des Betriebsbeginns, der Fördergeschwindigkeit und der Zielobjektposition.

[0134] In der Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der siebten Ausführungsform umfasst die Zielposition-Entscheidungseinheit 3 eine Lerneinheit. Die Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der siebten Ausführungsform unterscheidet sich von der Tracking-Steuervorrichtung 50A gemäß der dritten Ausführungsform durch die von der Zielposition-Entscheidungseinheit 3 ausgeführte Verarbeitung.

[0135] **Fig.** 11 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration der Lerneinheit veranschaulicht, die in der Tracking-Steuervorrichtung gemäß der siebten Ausführungsform enthalten ist. Die Lerneinheit (Lernvorrichtung) 22, die in der Tracking-Steuervorrichtung 50A enthalten ist, ist beispielsweise in der Zielposition-Entscheidungseinheit 3 angeordnet.

[0136] Die Lerneinheit 22 ist eine zweite Lerneinheit. Die Lerneinheit 22 umfasst ein neuronales Netz und lernt im Voraus eine Korrespondenzbeziehung (zweite Korrespondenzbeziehung) zwischen einer Kombination aus der Betriebsstartposition, der Fördergeschwindigkeit und der Zielobjektposition und der Zielposition P. Das heißt, in der siebten Ausführungsform ist die Kombination aus der Betriebsstartposition, der Fördergeschwindigkeit und der Zielobjektposition die Kombinationsinformation (zweite Kombinationsinformation).

[0137] Beim Lernen der Korrespondenzbeziehung zwischen der Kombinationsinformation und der Zielposition P wird die Zielposition P, bei der die Arbeitszeit in Bezug auf jede Kombination aus der Startposition des Betriebs, der Fördergeschwindigkeit und der Zielobjektposition am kürzesten ist, wiederholt unter Verwendung des Simulators berechnet.

[0138] Die Lerneinheit 22 verwendet als Eingaben des neuronalen Netzwerks die Startposition des Betriebs, die Fördergeschwindigkeit und die Zielobjektposition und verwendet als Ausgabe (Trainingssignal) des neuronalen Netzwerks die Zielposition P, bei der die Arbeitszeit am kürzesten ist, die der Eingabe der Startposition des Betriebs, der Fördergeschwindigkeit und der Zielobjektposition zugehörig ist, um das Lernen des neuronalen Netzwerks auszuführen.

[0139] Das gelernte neuronale Netz wird in der Zielpositions-Entscheidungseinheit 3 gespeichert. Wenn die Tracking-Steuervorrichtung 50A den Roboter 6 tatsächlich betreibt, gibt die Lerneinheit 22 aus dem neuronalen Netz die Zielposition P aus, die der Betriebsstartposition, der Fördergeschwindigkeit und der Zielobjektposition zugeordnet ist, die in das neuronale Netz eingegeben werden. Die Zielpositions-Entscheidungseinheit 3 sendet die Zielposition P, die vom neuronalen Netzwerk ausgegeben wird, an die Synchronisationsstartzeit-Entscheidungseinheit 1 und die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4. Wie oben beschrieben, leitet die Lerneinheit 22 in der siebten Ausführungsform unter Verwendung des neuronalen Netzwerks die Zielposition P ab, die als Parameter bei der Durchführung der Tracking-Steuerung angesehen werden kann.

[0140] Wie oben beschrieben, ist die Lerneinheit 22 zwar in Bezug auf die beim Lernen einzugebende Information und die auszugebende Information von der Lerneinheit 21 verschieden, die Lernverarbeitung durch die Lerneinheit 22 ist jedoch ähnlich wie die der Lerneinheit 21. Außerdem unterscheidet sich die Lerneinheit 22 zwar von der Lerneinheit 21 in der Information, die in die Inferenz eingegeben und ausgegeben werden soll, aber die Inferenzverarbeitung durch die Lerneinheit 22 ist ähnlich wie die der Lerneinheit 21.

[0141] Es ist zu beachten, dass die Lerneinheit 22 an jeder beliebigen Position angeordnet sein kann. Die Lerneinheit 22 kann innerhalb oder außerhalb der Tracking-Steuervorrichtung 50A angeordnet sein. Die Lerneinheit 22 kann beispielsweise in einem Server angeordnet sein.

[0142] Wie oben beschrieben, lernt die Lerneinheit 22 in der siebten Ausführungsform die Korrespondenzbeziehung zwischen der Startposition des Betriebs, der Fördergeschwindigkeit und der Zielobjektposition und der Zielposition P und leitet bei der Steuerung des Roboters 6 die Zielposition P basierend auf der Startposition des Betriebs, der Fördergeschwindigkeit und der Zielobjektposition ab. Da die Zielpositions-Entscheidungseinheit 3 eine geeignete Zielposition P genau berechnen kann, kann die Tracking-Steuervorrichtung 50A den Greiffehler des Roboters 6 weiter reduzieren und die Betriebszeit des Roboters 6 weiter verkürzen.

[0143] Hier werden Hardwarekonfigurationen der Steuervorrichtungen 50A bis 50C beschrieben. Die Steuervorrichtungen 50A bis 50C werden durch eine Verarbeitungsschaltung implementiert. Die Verarbeitungsschaltung kann einen Speicher und einen Prozessor umfassen, der ein im Speicher gespei-

chertes Programm ausführt, oder sie kann zugeordnete Hardware umfassen. Die Verarbeitungsschaltung wird auch als Steuerschaltung bezeichnet.

[0144] Fig. 12 ist ein Diagramm, das eine beispielhafte Konfiguration einer Verarbeitungsschaltung in einem Fall veranschaulicht, in dem ein Prozessor und ein Speicher eine Verarbeitungsschaltung implementieren, die in jeder der Tracking-Steuervorrichtungen gemäß der ersten bis siebten Ausführungsform enthalten ist. Es ist zu beachten, dass, da die Tracking-Steuervorrichtungen 50A bis 50C ähnliche Hardwarekonfigurationen aufweisen, die Hardwarekonfiguration der Tracking-Steuervorrichtung 50A hier beschrieben wird.

[0145] Die in **Fig.** 12 dargestellte Verarbeitungsschaltung 90 ist eine Steuerschaltung und umfasst einen Prozessor 91 und einen Speicher 92. In dem Fall, in dem die Verarbeitungsschaltung 90 den Prozessor 91 und den Speicher 92 umfasst, wird jede Funktion der Verarbeitungsschaltung 90 durch Software, Firmware oder eine Kombination aus Software und Firmware implementiert. Die Software oder Firmware wird als Programm beschrieben und im Speicher 92 gespeichert. In der Verarbeitungsschaltung 90 liest und führt der Prozessor 91 das im Speicher 92 gespeicherte Programm aus, um jede Funktion zu implementieren. Das heißt, die Verarbeitungsschaltung 90 umfasst den Speicher 92 zum Speichern eines Steuerprogramms, mit dem die Verarbeitung der Tracking-Steuervorrichtung 50A als Ergebnis ausgeführt wird. Man kann auch sagen, dass dieses Steuerprogramm ein Programm ist, das die Tracking-Steuervorrichtung 50A veranlasst, jede von der Verarbeitungsschaltung 90 implementierte Funktion auszuführen. Dieses Steuerprogramm kann durch ein Speichermedium, das das Programm speichert, oder durch andere Mittel, beispielsweise ein Kommunikationsmedium, vorgesehen werden.

[0146] Der Prozessor 91 ist hier beispielsweise eine Zentraleinheit (CPU), eine Verarbeitungseinheit, eine Recheneinheit, ein Mikroprozessor, ein Mikrocomputer, ein digitaler Signalprozessor (DSP) oder dergleichen. Zusätzlich gehört zu dem Speicher 92 beispielsweise ein nichtflüchtiger oder flüchtiger Halbleiterspeicher, beispielsweise ein RAM (Random-Access-Memory), ein ROM (Read-Only-Memory), ein Flash-Speicher, ein EPROM (Erasable-Programmable-ROM) oder ein EEPROM (Electrically-EPROM, eingetragenes Warenzeichen), eine Magnetplatte, eine flexible Platte, eine optische Platte, eine CD (Compact-Disc), eine Mini-Disk, eine DVD (Digital-Versatile-Disc) oder dergleichen.

[0147] Fig. 13 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Verarbeitungsschaltung in einem Fall veranschaulicht, in dem eine zugeordnete Hardware die Verarbeitungsschaltung implementiert, die in jeder der Tracking-Steuervorrichtungen gemäß der ersten bis siebten Ausführungsform umfasst ist. Die in **Fig.** 13 dargestellte Verarbeitungsschaltung 93 gehört beispielsweise zu einer einzelnen Schaltung, einer kombinierten Schaltung, einem programmierten Prozessor, einem parallel programmierten Prozessor, einem anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreis (ASIC), einem anwenderprogrammierbaren Gate-Array (FPGA) oder einer Kombination daraus.

[0148] Einige Funktionen der Verarbeitungsschaltung 90 und der Verarbeitungsschaltung 93 können durch zugeordnete Hardware implementiert werden, und die anderen Funktionen können durch Software oder Firmware implementiert werden. Auf diese Weise können die Verarbeitungsschaltung 90 und die Verarbeitungsschaltung 93 die oben beschriebenen Funktionen unter Verwendung von zugeordneter Hardware, Software, Firmware oder einer Kombination davon implementieren.

[0149] Es ist zu beachten, dass die Synchronisationsstart-Zeitsteuerungs-Entscheidungseinheit 1, die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit 2, die Zielpositions-Entscheidungseinheit 3, die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit 4, die Jede-Achsen-Steuereinheit 5, die Greifoperation-Steuereinheit 7 und die Kombinationseinheit 15 jeweils durch separate Verarbeitungsschaltungen implementiert werden können.

[0150] Die in den obigen Ausführungsformen beschriebenen Konfigurationen dienen nur der Veranschaulichung und können mit anderen bekannten Techniken kombiniert werden, die Ausführungsformen können miteinander kombiniert werden und Abschnitte jeder der Konfigurationen können ausgelassen oder modifiziert werden, ohne vom Wesentlichen abzuweichen.

Liste der Bezugszeichen

1, 1A	Synchronisationsstart-Zeitsteuerungs-Entscheidungseinheit;
2	Synchronisationsbefehlserzeugungseinheit;
3	Zielpositions-Entscheidungseinheit;
4	Betriebsbefehlserzeugungseinheit;
5	Jede-Achsen-Steuereinheit;
6	Roboter;

7	Greifbetriebs-Steuereinheit;
8	Synchronisationsbetrachtete Beschleunigungs- und Verzögerungs-Entscheidungseinheit;
9	Interferenzeinfluss-Bestimmungseinheit;
10 , 10A	Synchronisationsstartposition-Berechnungseinheit;
11	Synchronisationsstartposition-Ankunft-Bestimmungseinheit;
15	Kombinationseinheit;
21, 22	Lerneinheit;
31	Beförderungszielobjekt;
32	Förderband;
50A bis 50C	Tracking-Steuervorrichtung;
90, 93	Verarbeitungsschaltkreis;
91	Prozessor;
92	Speicher;
A1	interferenz-ignorierter Bereich;
P	Zielposition;
P0	spezifischer Punkt;
P1 bis Pk, Pm, Pn, PA, TP0, TP1	Punkt;
PS	Synchronisationsstartposition.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2019-25618 [0004]

Patentansprüche

1. Eine Tracking-Steuervorrichtung, umfassend:
eine Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit zum Erzeugen eines Synchronisationsbefehls zur Synchronisation zwischen einem Betrieb eines mechanischen Systems zur Ausführung von Arbeit an einem Beförderungszielobjekt und einem Betrieb einer Beförderungsvorrichtung zur Beförderung des Beförderungszielobjekts, basierend auf einer Synchronisationsstartzeit, die basierend auf einer Fördergeschwindigkeit des Beförderungszielobjekts entschieden wird, wobei die Synchronisationsstartzeit eine Zeit zum Starten der Synchronisation ist;
eine Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit, um einen Mechanik-System-Betriebsbefehl zu erzeugen, der ein Befehl ist, der an das mechanische System bis zu einer Zielposition des mechanischen Systems gegeben wird; und
eine Kombinationseinheit, um den Synchronisationsbefehl mit dem Mechanik-System-Betriebsbefehl zu kombinieren, um einen kombinierten Befehl zu erzeugen und den erzeugten kombinierten Befehl auszugeben, wobei
die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit den Synchronisationsbefehl zum Starten der Synchronisation erzeugt, bevor das mechanische System an der Zielposition ankommt.

2. Tracking-Steuervorrichtung gemäß Anspruch 1, die ferner umfasst eine Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit, um den Synchronisationsstartzeitpunkt auf der Grundlage der Zielposition, einer Position des Beförderungszielobjekts und der Fördergeschwindigkeit zu bestimmen.

3. Tracking-Steuervorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei
die Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit als Synchronisationsstartzeitpunkt, das heißt den Zeitpunkt zum Starten der Synchronisation, einen Zeitpunkt entscheidet, an dem das Beförderungszielobjekt an einer Synchronisationsstartposition ankommt, die eine Position ist, die der Zielposition um eine bestimmte vorgegebene Distanz vorausgeht, und einen Synchronisationsstartbefehl ausgibt, der den Synchronisationsstartzeitpunkt für die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit angibt, und
die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit den Synchronisationsbefehl bei einem Empfangen des Synchronisationsstartbefehls erzeugt.

4. Tracking-Steuervorrichtung gemäß Anspruch 3, wobei die Synchronisationsstartzeit-Entscheidungseinheit als die bestimmte Distanz eine Distanz entscheidet, die auf der Grundlage eines Produkts aus Zeit und einer Geschwindigkeit berechnet wird, mit der das mechanische System während der Synchronisation beschleunigt, und die Synchronisationsstartposition auf der Grundlage der bestimmten Distanz entscheidet.

5. Tracking-Steuervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Synchronisationsbefehl-Erzeugungseinheit einen Geschwindigkeitsbefehl erzeugt, der dem mechanischen System gegeben wird, der durch den Synchronisationsbefehl vorgeschrieben ist, unter Verwendung eines Rechteckwellen-Geschwindigkeitsbefehls und eines Filters mit gleitendem Mittelwert.

6. Tracking-Steuervorrichtung gemäß Anspruch 4, wobei die Synchronisationsstartzeit-Entscheidungseinheit die Synchronisationsstartposition auf der Grundlage eines Steuersystemparameters entscheidet, der in einem Steuersystem des mechanischen Systems verwendet wird.

7. Tracking-Steuervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, ferner umfassend
eine Beschleunigungs- und Verzögerungs-Entscheidungseinheit zum Bestimmen von Beschleunigungs- und Verzögerungsparametern, die Parameter der Beschleunigung und Verzögerung sind, wenn das mechanische System der Synchronisation gemäß dem Synchronisationsbefehl unterworfen wird, wobei
die Beschleunigungs- und Verzögerungs-Entscheidungseinheit die Beschleunigungs- und Verzögerungsparameter innerhalb eines Bereichs entscheidet, der eine Bedingung für jede der Achsen des mechanischen Systems erfüllt, basierend auf dem Synchronisationsbefehl in Kombination mit dem Mechanik-System-Betriebsbefehl, und
die Betriebsbefehl-Erzeugungseinheit den Mechanik-System-Betriebsbefehl basierend auf den Beschleunigungs- und Verzögerungsparametern erzeugt.

8. Tracking-Steuervorrichtung gemäß Anspruch 3, wobei die Synchronisationsstartzeit-Entscheidungseinheit als Synchronisationsstartzeit eine Zeit festlegt, zu der das mechanische System in einem interferenz-ignorierten Bereich ankommt und das mechanische System an der Synchronisationsstartposition ankommt, wobei der interferenzignorierte Bereich ein Bereich ist, in dem es keine Möglichkeit gibt, dass das mechanische System mit einem Objekt interferiert.

9. Tracking-Steuervorrichtung gemäß Anspruch 6, die ferner umfasst
eine erste Lerneinheit, um eine erste Korrespondenzbeziehung zu erlernen, die eine Korrespondenzbeziehung zwischen einer ersten Kombinationsinformation und einem Verzögerungsbetrag des Betriebs des mechanischen Systems ist, wobei die erste Kombinationsinformation eine Kombination aus dem Steuersystemparameter, der Zielposition

und der Fördergeschwindigkeit sind, wobei
beim Empfangen der ersten Kombinationsinformation die erste Lerneinheit unter Verwendung der ersten Korrespondenzbeziehung den zu der ersten Kombinationsinformation zugehörigen Verzögerungsbetrag ableitet und
die Synchronisationsstartzeit-Entscheidungseinheit, die Synchronisationsstartposition auf der Grundlage des abgeleiteten Verzögerungsbetrags bestimmt.

10. Tracking-Steuervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, die ferner umfasst
eine zweite Lerneinheit, um eine zweite Korrespondenzbeziehung zu erlernen, die eine Korrespondenzbeziehung zwischen einer zweiten Kombinationsinformation und der Zielposition ist, wobei die zweite Kombinationsinformation eine Kombination einer Betriebsstartposition des mechanischen Systems, der Fördergeschwindigkeit und einer Zielobjektposition ist, die eine Position des Förderzielobjekts auf der Fördervorrichtung ist, wobei
beim Empfangen der zweiten Kombinationsinformation, die zweite Lerneinheit unter Verwendung der zweiten Korrespondenzbeziehung die Zielposition ableitet, die der zweiten Kombinationsinformation zugehört.

11. Ein Tracking-Steuerverfahren, umfassend:
einen Synchronisationsbefehl-Erzeugungsschritt zum Erzeugen, durch eine Tracking-Steuervorrichtung, eines Synchronisationsbefehls zur Synchronisation zwischen einem Betrieb eines mechanischen Systems zur Ausführung von Arbeit an einem Beförderungszielobjekt und einem Betrieb einer Beförderungsvorrichtung zur Beförderung des Beförderungszielobjekts, basierend auf einer Synchronisationsstartzeit, die basierend auf einer Fördergeschwindigkeit des Beförderungszielobjekts entschieden wird, wobei die Synchronisationsstartzeit eine Zeit zum Starten der Synchronisation ist;
einen Betriebsbefehl-Erzeugungsschritt zum Erzeugen eines Mechanik-System-Betriebsbefehls durch die Tracking-Steuervorrichtung, der ein Befehl ist, der an das Mechanische System bis zu einer Zielposition des Mechanischen Systems gegeben wird; und
einen Kombinierschritt zum Kombinieren des Synchronisationsbefehls mit dem Mechanik-System-Betriebsbefehl durch die Tracking-Steuervorrichtung, um einen kombinierten Befehl zu erzeugen, und zum Ausgeben des erzeugten kombinierten Befehls, wobei
in dem Synchronisationsbefehl-Erzeugungsschritt die Tracking-Steuervorrichtung den Synchronisationsbefehl zum Starten der Synchronisation erzeugt, bevor das mechanische System die Zielposition erreicht.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

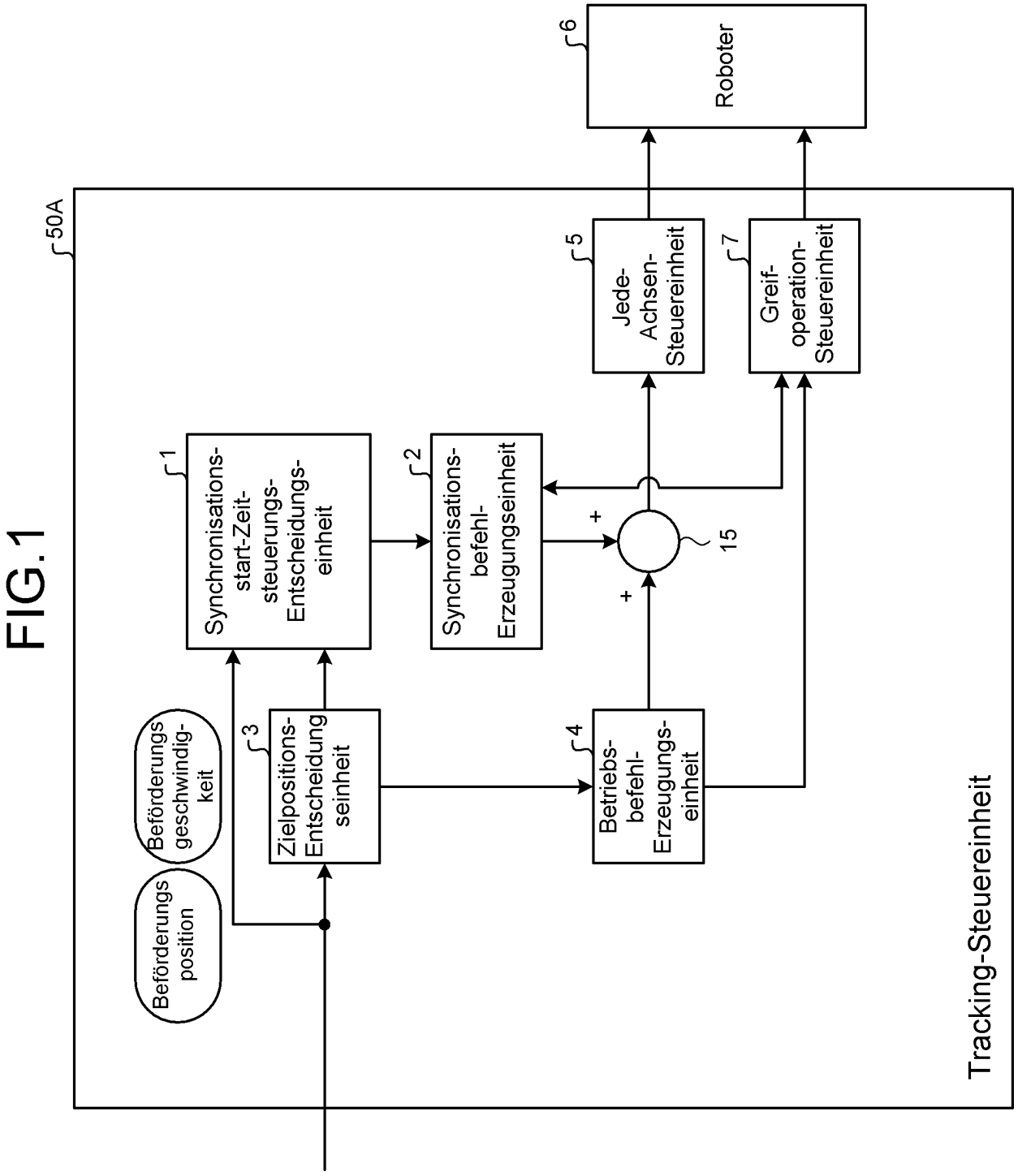


FIG.2

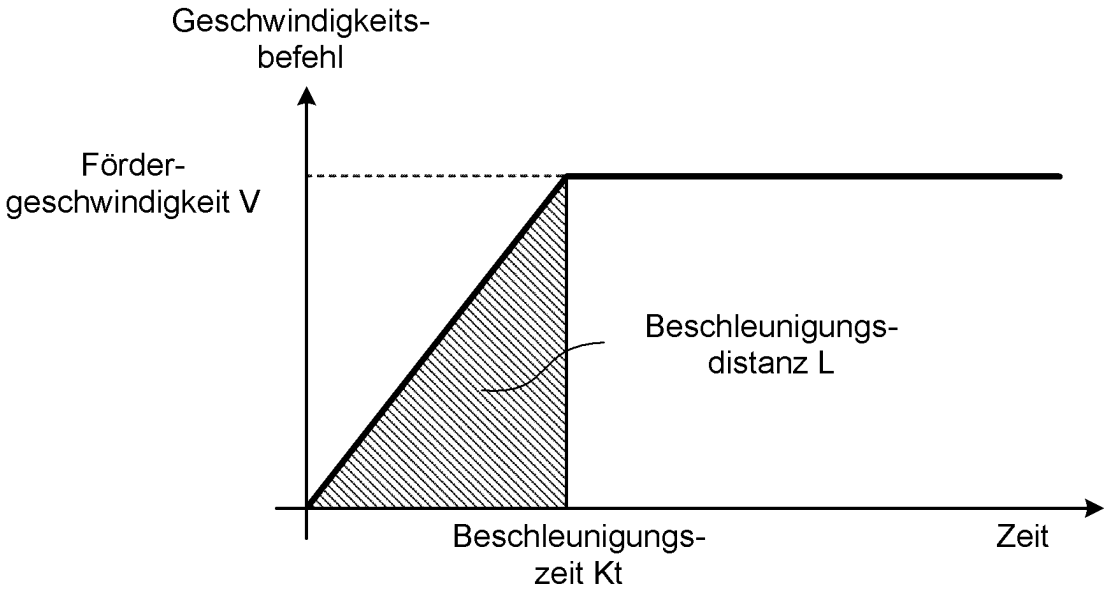

Geschwindigkeits-
befehl
Förder-
geschwindigkeit V
Beschleunigungs-
distanz L
Beschleunigungs-
zeit Kt
Zeit

FIG.3

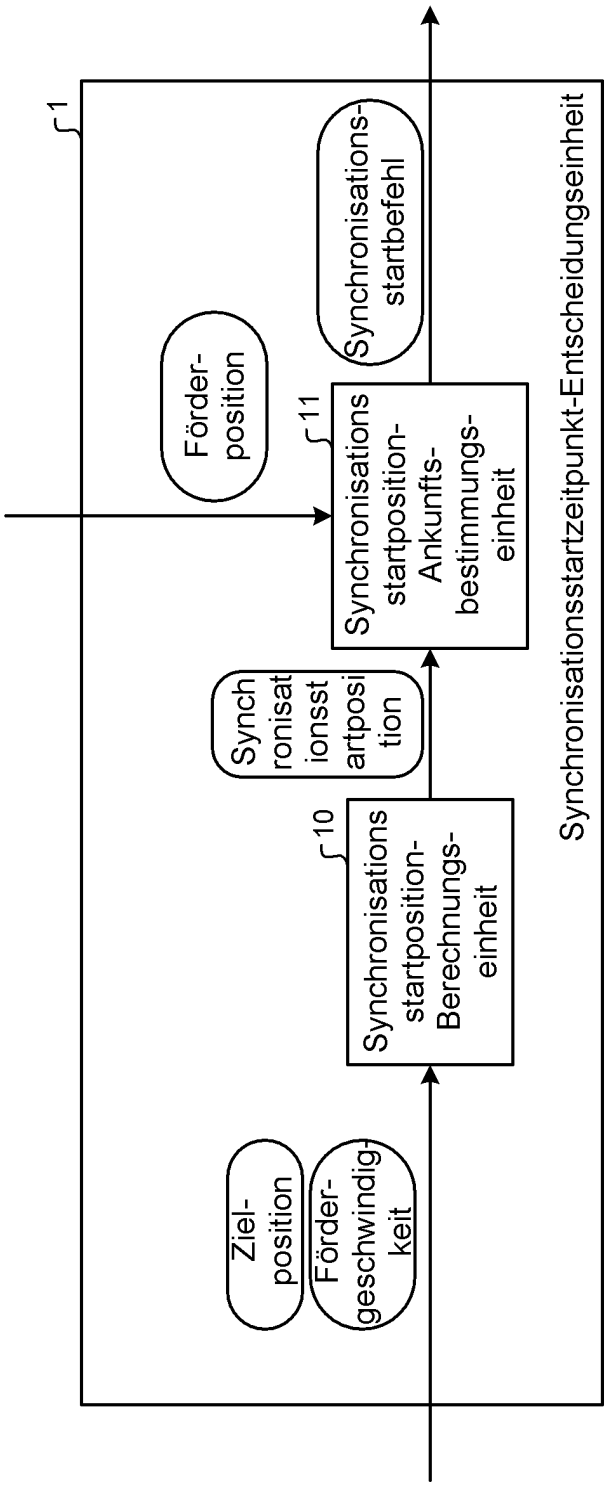

1
Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit
Ziel-position
Förder-geschwindigkeit
10
Synchronisations-startposition-Berechnungs-einheit
Synchronisationsstartposition
11
Synchronisations-startposition-Ankunfts-bestimmungs-einheit
Förder-position
Synchronisations-startbefehl

FIG.4

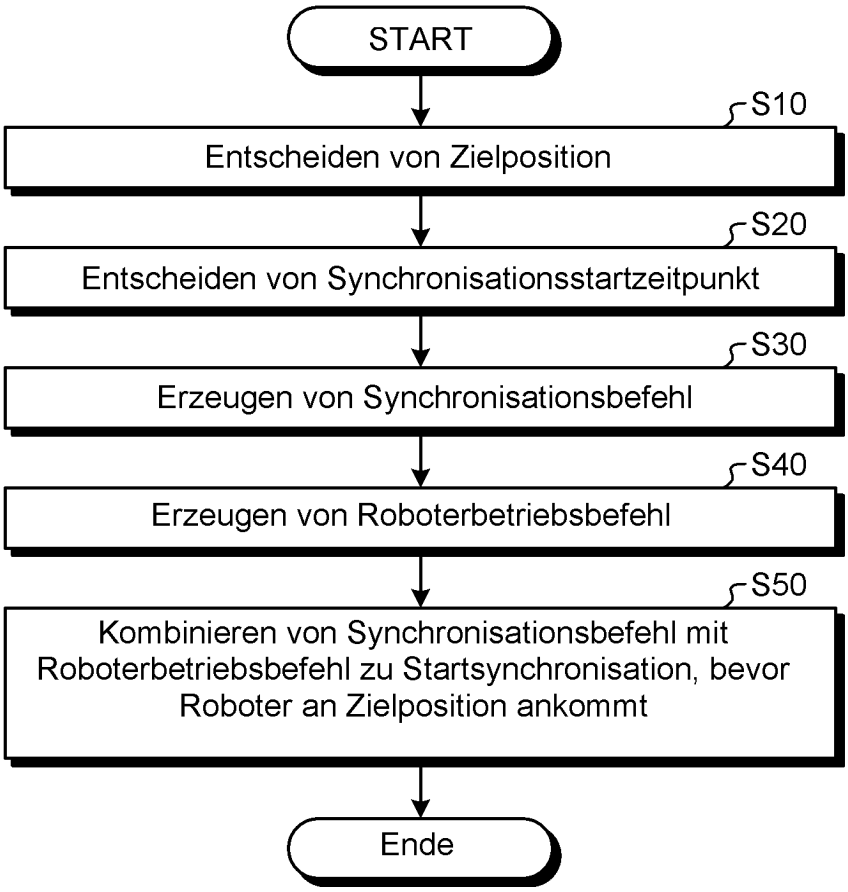

START
S10
Entscheiden von Zielposition
S20
Entscheiden von Synchronisationsstartzeitpunkt
S30
Erzeugen von Synchronisationsbefehl
S40
Erzeugen von Roboterbetriebsbefehl
S50
Kombinieren von Synchronisationsbefehl mit Roboterbetriebsbefehl zu Startsynchronisation, bevor Roboter an Zielposition ankommt
Ende

FIG.5

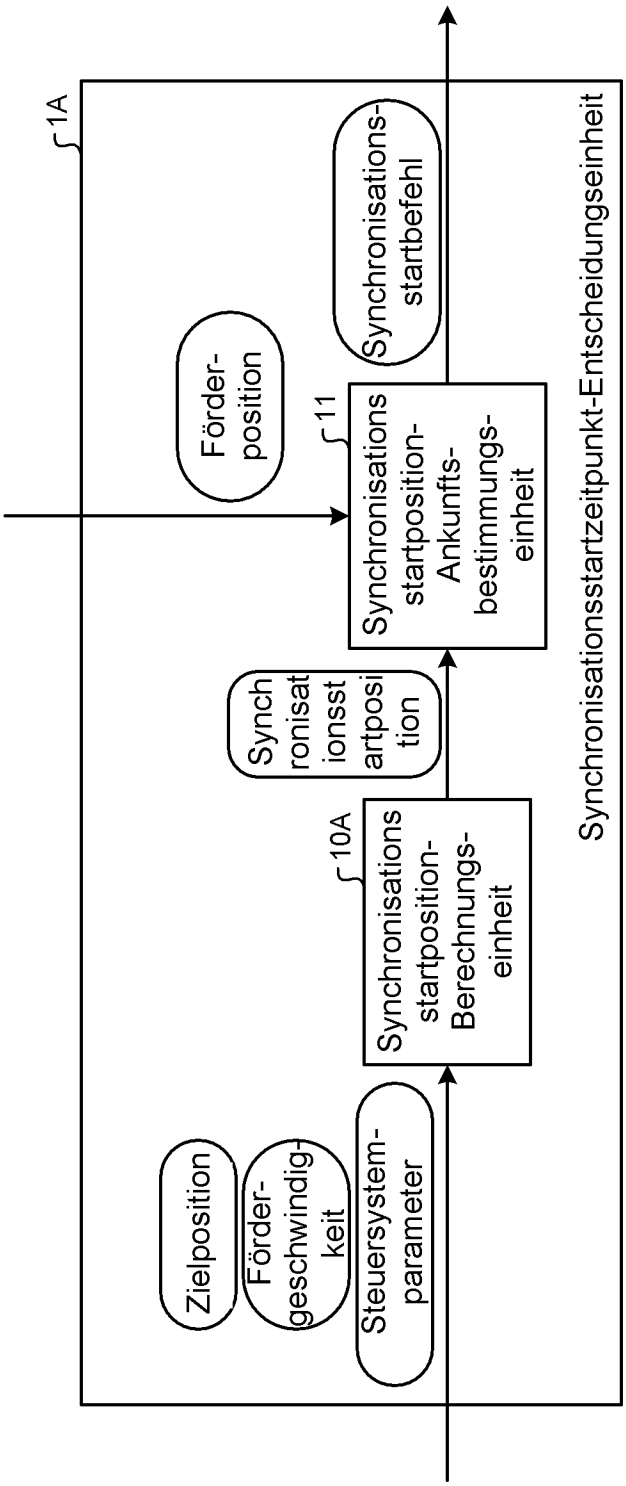

1A
Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungseinheit
Zielposition
Förder-geschwindig-keit
Steuersystem-parameter
10A
Synchronisations startposition-Berechnungs-einheit
Synch ronisat ionsst artposi tion
11
Synchronisations startposition-Ankunfts-bestimmungs-einheit
Förder-position
Synchronisations-startbefehl

FIG.6

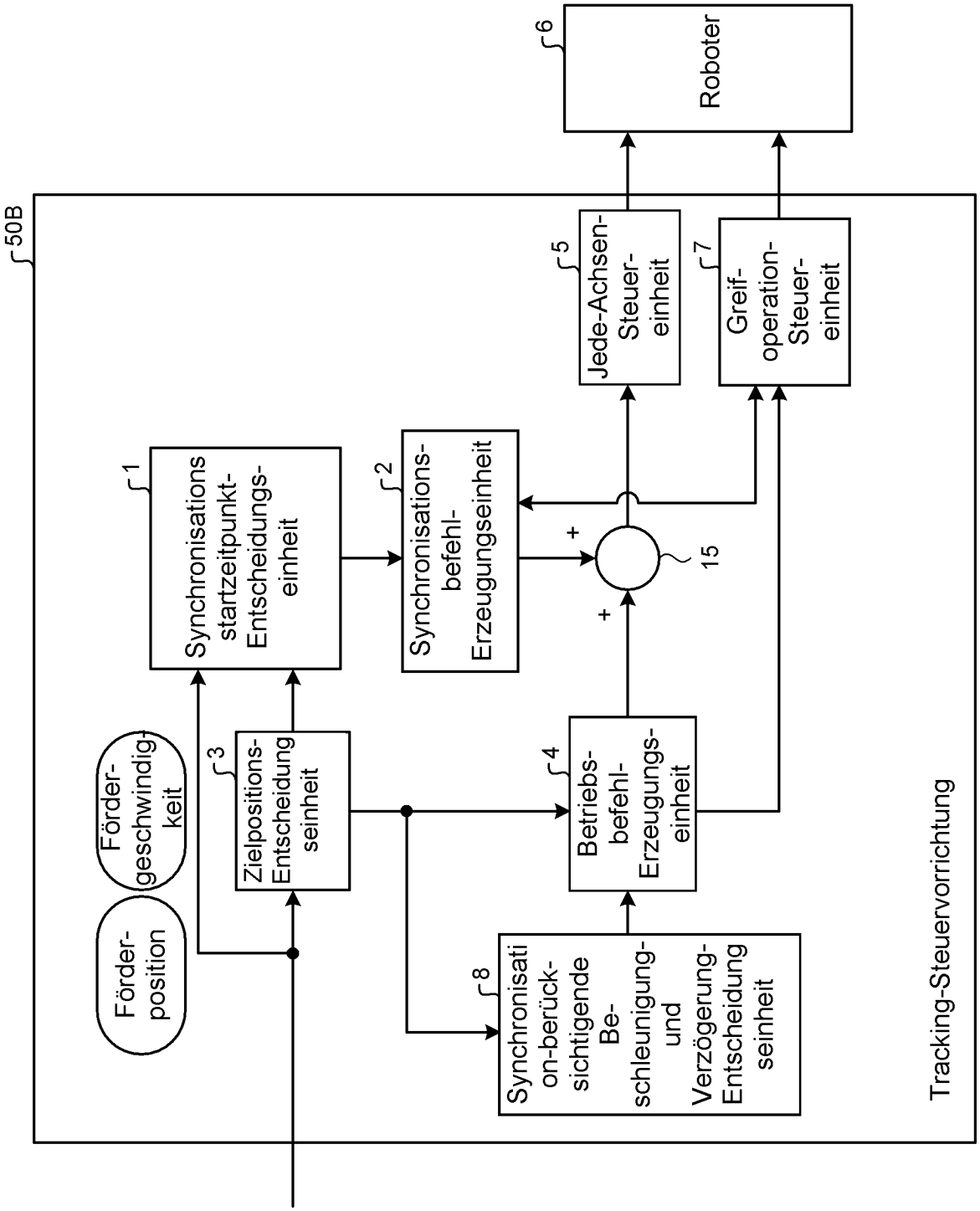

50B
Roboter
6
Jede-Achsen-Steuer-einheit
5
Greif-operation-Steuer-einheit
7
Synchronisations startzeitpunkt-Entscheidungs-einheit
1
Synchronisations-befehl-Erzeugungseinheit
2
+
+
15
Förder-geschwindig-keit
Förder-position
Zielpositions-Entscheidung seinheit
3
Betriebs-befehl-Erzeugungs-einheit
4
Synchronisati on-berück-sichtigende Be-schleunigung- und Verzögerung-Entscheidung seinheit
8
Tracking-Steuervorrichtung

FIG.7

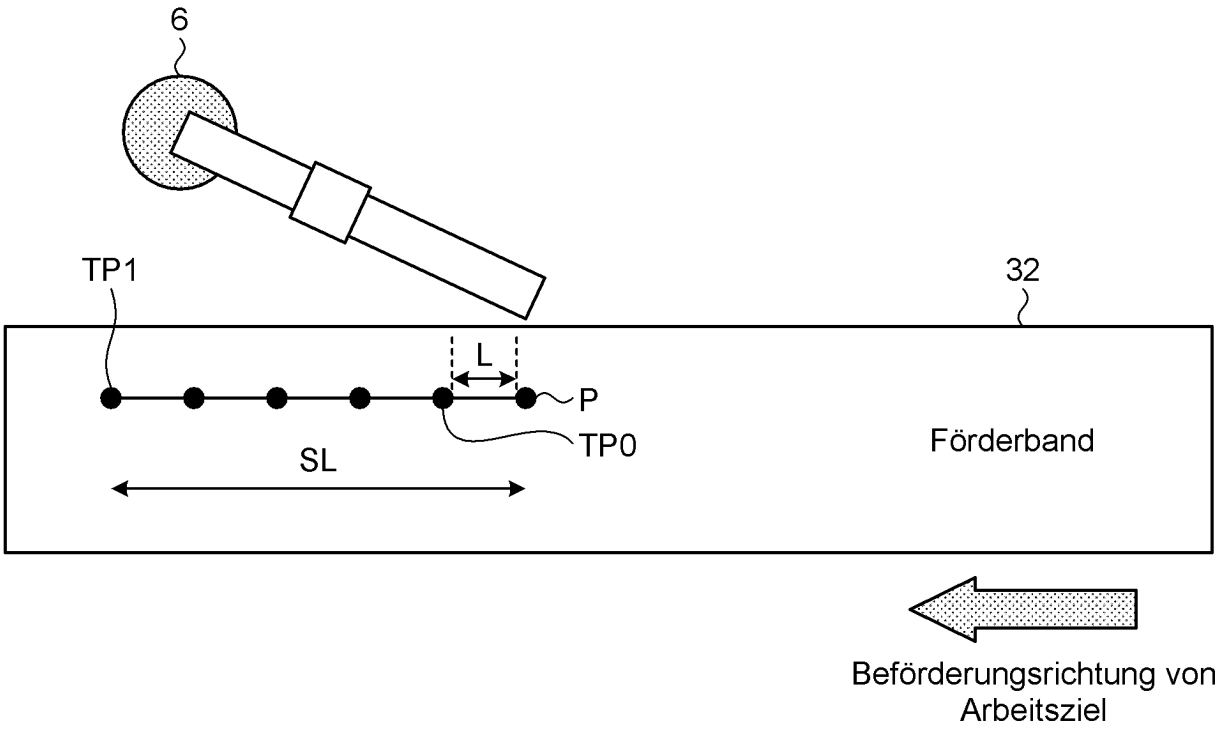

6
TP1
32
L
P
TP0
SL
Förderband
Beförderungsrichtung von Arbeitsziel

FIG.8

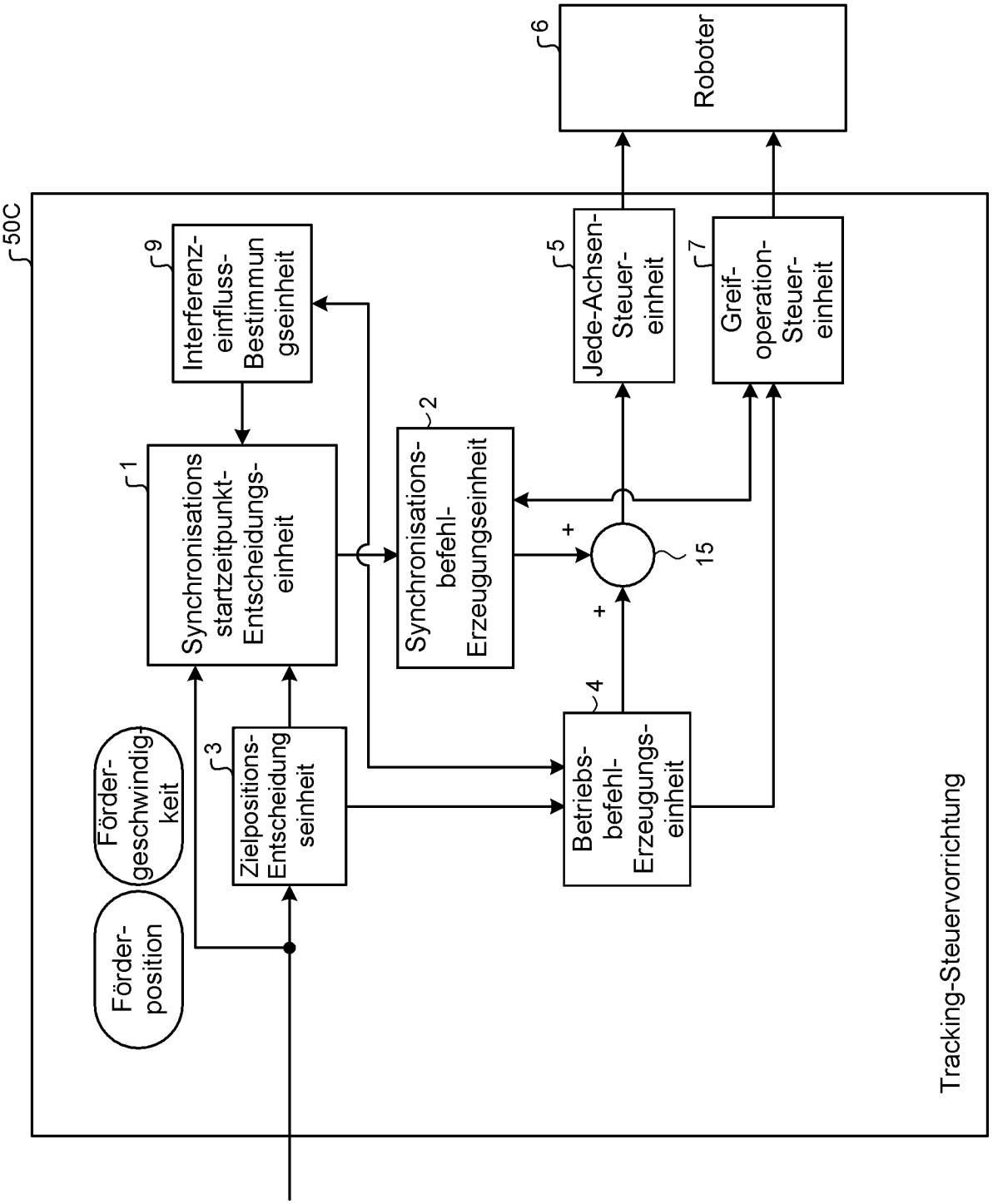

50C
Roboter
6
Interferenz-einfluss-Bestimmungseinheit
9
Jede-Achsen-Steuer-einheit
5
Greif-operation-Steuer-einheit
7
Synchronisationsstartzeitpunkt-Entscheidungs-einheit
1
Synchronisations-befehl-Erzeugungseinheit
2
+
+
15
Förder-geschwindigkeit
Förder-position
Zielpositions-Entscheidungseinheit
3
Betriebs-befehl-Erzeugungs-einheit
4
Tracking-Steuervorrichtung

FIG.9

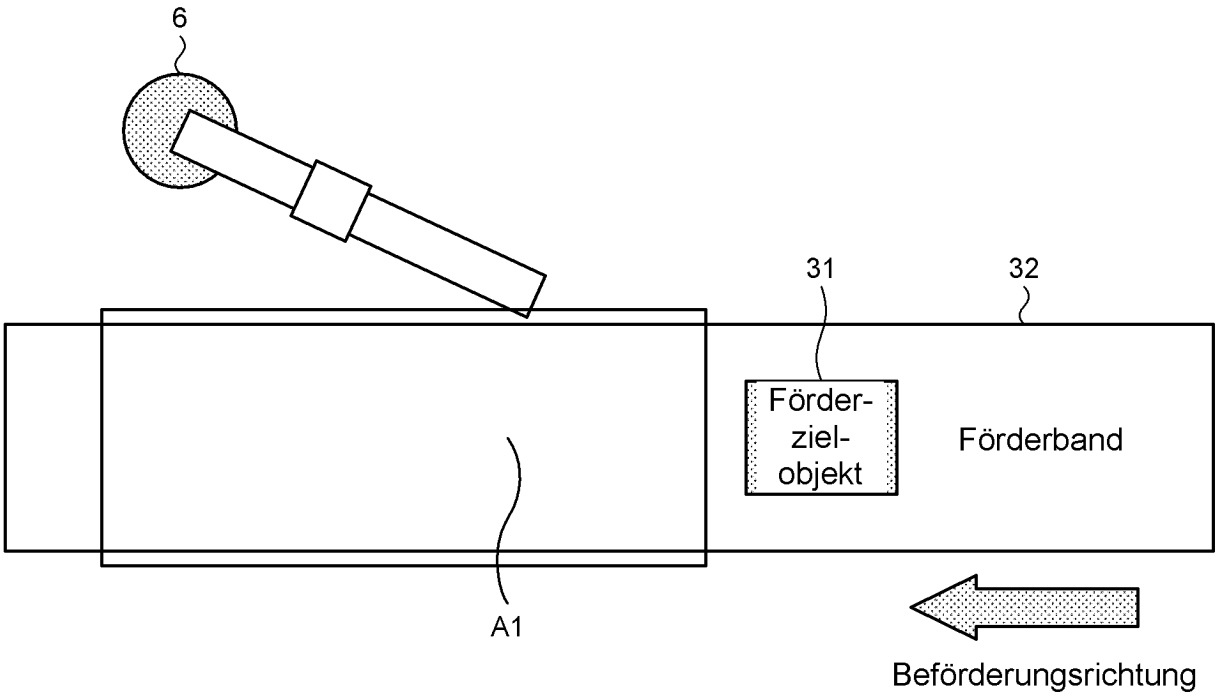

6
31
32
Förder-
ziel-
objekt
Förderband
A1
Beförderungsrichtung

FIG.10

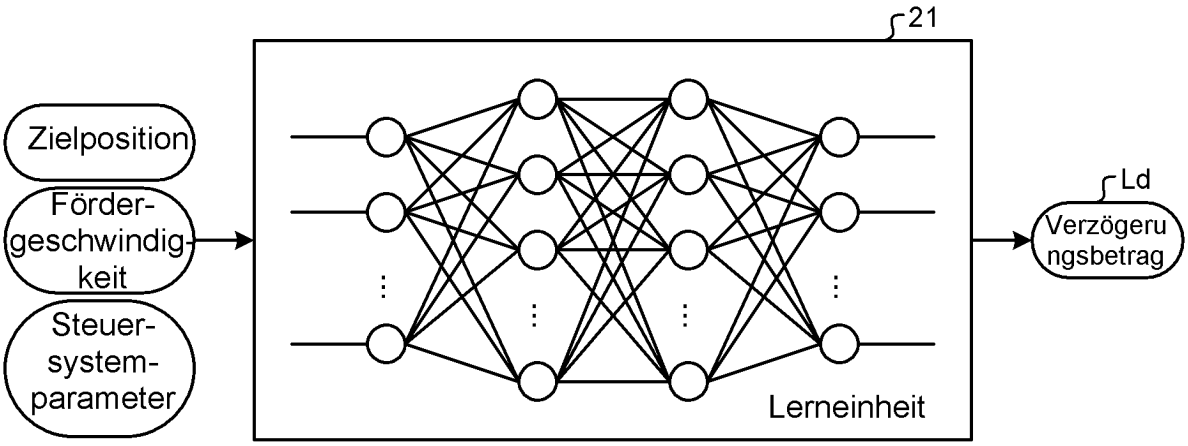

21
Zielposition
Förder-geschwindigkeit
Steuer-system-parameter
Lerneinheit
Ld
Verzögerungsbetrag

FIG.11

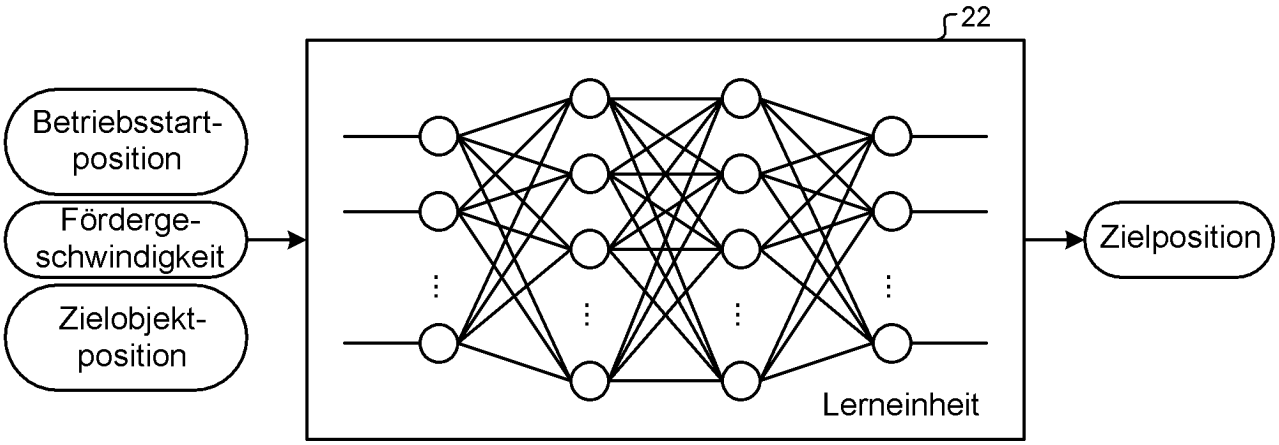

22
Betriebsstart-position
Förderge-schwindigkeit
Zielobjekt-position
Lerneinheit
Zielposition

FIG.12

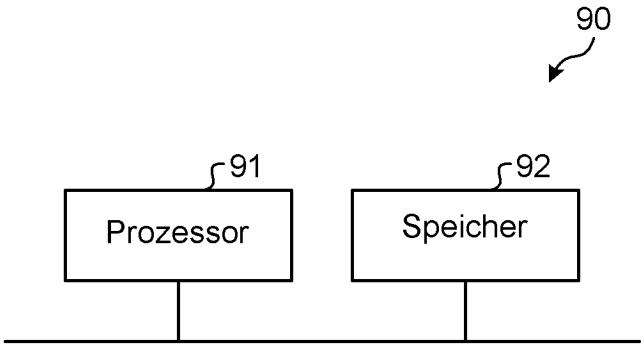
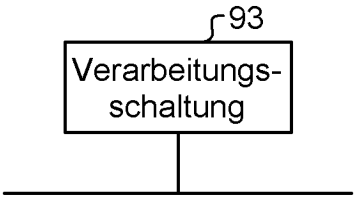


FIG.13



 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.