



(10) **DE 10 2015 114 013 A1** 2016.02.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 114 013.6**

(22) Anmeldetag: **24.08.2015**

(43) Offenlegungstag: **25.02.2016**

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

(30) Unionspriorität:

2014-169893 **22.08.2014** **JP**

(71) Anmelder:

**DENSO WAVE INCORPORATED, Oaza Kusagi,
Aichi-pref., JP**

(74) Vertreter:

**KUHLEN & WACKER Patent- und
Rechtsanwaltsbüro, 85354 Freising, DE**

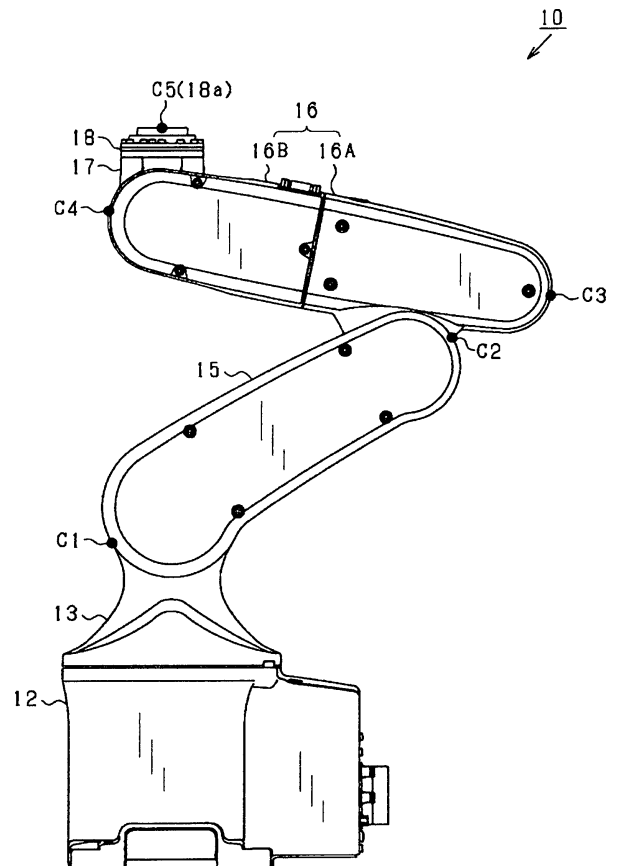
(72) Erfinder:

**Ide, Satoshi, Oaza Kusagi, Aichi-pref., JP;
Kawase, Daisuke, Oaza Kusagi, Aichi-pref., JP;
Kagawa, Naoya, Oaza Kusagi, Aichi-pref., JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung des Betriebs eines Roboters**

(57) Zusammenfassung: Ein Roboter, wie ein Industrieroboter, besitzt einen Arm. Der Arm besitzt eine Mehrzahl von Drehelementen, eine Mehrzahl von Gelenken, welche jeweils zwei benachbarte Drehelemente drehbar miteinander verbinden, und eine Mehrzahl von elektrischen Servomotoren, welche entsprechend die Gelenke antreiben. Bei diesem Roboter wird bei jedem Betriebszyklus eine Winkelgeschwindigkeit berechnet, mit welcher jeder Servomotor anzutreiben ist, und es wird eine Geschwindigkeit eines bei jedem der Drehelemente eingerichteten Überwachungsabschnitts berechnet. Anschließend wird ermittelt, ob die Geschwindigkeit bei dem Überwachungsabschnitt kleiner oder gleich einer Referenzgeschwindigkeit ist. Wenn ermittelt wird, dass die Geschwindigkeit bei dem Überwachungsabschnitt über der Referenzgeschwindigkeit liegt, wird die Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors derart angewiesen, dass diese abnimmt, so dass die Geschwindigkeit bei jedem Überwachungsabschnitt gleich der Referenzgeschwindigkeit oder niedriger wird. Die Servomotoren werden mit der reduzierten Winkelgeschwindigkeit angetrieben.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

(Technisches Gebiet)

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung des Betriebs eines Roboters, und insbesondere das Verfahren und die Vorrichtung zur Steuerung des Betriebs eines Industrieroboters.

(Stand der Technik)

[0002] Herkömmlich ist eine Technologie bekannt, bei welcher, wenn die Bewegungsgeschwindigkeit bei einem Steuerpunkt eines Roboters während eines manuellen Betriebs des Roboters eine Referenzgeschwindigkeit überschreitet, der Roboter in einer Art und Weise betätigt wird, dass eine Betriebs-Zielposition korrigiert wird, um die Bewegungsgeschwindigkeit auf die Referenzgeschwindigkeit oder niedriger einzustellen (siehe japanisches Patent mit der Nummer 3994487).

[0003] Jedoch kann, auch wenn die Bewegungsgeschwindigkeit des Spitzenabschnitts eines Arms, welcher als der Steuerpunkt des Roboters eingestellt ist, auf die Referenzgeschwindigkeit oder niedriger gesteuert wird, die Bewegungsgeschwindigkeit des Arms nicht ausreichend unterdrückt werden. Die Erfinder der vorliegenden Anmeldung konzentrierten sich auf dieses Problem.

Kurzfassung

[0004] Daher ist es gewünscht, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Steuerung eines Roboters vorzusehen, welche eine ausreichende Unterdrückung der Bewegungsgeschwindigkeit eines Arms ermöglicht.

[0005] Ein Aspekt der Offenbarung entspricht einer Vorrichtung zur Steuerung eines Roboters, welcher einen Arm mit einer Mehrzahl von Drehelementen, einer Mehrzahl von Gelenken, die jeweils zwei benachbarte Drehelemente der Drehelemente drehbar miteinander verbinden, und einer Mehrzahl von elektrischen Servomotoren, welche die Gelenke jeweils antreiben, um die Drehelemente zu rotieren, besitzt. Die Vorrichtung weist Winkelgeschwindigkeits-Berechnungsmittel bzw. eine Winkelgeschwindigkeits-Berechnungseinrichtung zum Berechnen einer Winkelgeschwindigkeit bei jedem Betriebszyklus, mit welcher jeder der Servomotoren anzutreiben ist; Geschwindigkeits-Berechnungsmittel zum Berechnen einer Geschwindigkeit eines Überwachungsabschnitts, welcher bei jedem der Drehelemente eingerichtet ist; Ermittlungsmittel zum Ermitteln, ob die durch die Geschwindigkeits-Berechnungsmittel berechnete Geschwindigkeit bei dem

Überwachungsabschnitt kleiner oder gleich einer Referenzgeschwindigkeit ist; Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel zum Anweisen, dass sich die Winkelgeschwindigkeit von jedem der Servomotoren in einer Art und Weise reduziert, dass die Geschwindigkeit bei jedem der Überwachungsabschnitte, welche durch die Geschwindigkeits-Berechnungsmittel berechnet wird, gleich der Referenzgeschwindigkeit oder niedriger als die Referenzgeschwindigkeit wird, wenn durch die Ermittlungsmittel ermittelt wird, dass sich die Geschwindigkeit bei dem Überwachungsabschnitt über der Referenzgeschwindigkeit befindet; und Antriebsmittel zum Antreiben der Servomotoren bei der Winkelgeschwindigkeit, welche durch die Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel reduziert wurde.

[0006] Bei der vorstehend beschriebenen Konfiguration umfasst der Arm des Roboters eine Mehrzahl von Drehelementen. Die Drehelemente sind durch ein Gelenk drehbar miteinander verbunden. Die Winkelgeschwindigkeit, mit welcher jeder Servomotor bei jedem Betriebszyklus anzutreiben ist, wird berechnet. Jedes Drehelement wird durch jeden bzw. je einen Servomotor angetrieben, der mit der Winkelgeschwindigkeit angetrieben wird.

[0007] Hierbei kann, auch wenn die Bewegungsgeschwindigkeit des Spitzen-Endabschnitts des Arms, welcher als der Steuerpunkt des Roboters eingestellt ist, auf die Referenzgeschwindigkeit oder niedriger gesteuert ist, die Bewegungsgeschwindigkeit eines Abschnitts des Arms, welcher sich von dem Steuerpunkt unterscheidet, in Abhängigkeit der Haltung bzw. Stellung des Arms (Roboters) höher sein als die Referenzgeschwindigkeit. Die Erfinder der vorliegenden Anmeldung haben sich auf dieses Problem konzentriert.

[0008] Diesbezüglich wird die Geschwindigkeit des bei jedem Drehelement eingerichteten Überwachungsabschnitts berechnet. Die Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors wird dann in einer Art und Weise reduziert, dass die berechnete Geschwindigkeit jedes Überwachungsabschnitts gleich der Referenzgeschwindigkeit oder niedriger wird. Als die Überwachungsabschnitte der Drehelemente sind beispielsweise Abschnitte mit einem Abschnitt eingestellt bzw. eingerichtet, welcher von dem Gelenk, das als die Rotationsmitte dient, wenn ein Drehelement rotiert wird, am weitesten entfernt liegt. Jeder Servomotor wird dann mit der reduzierten Winkelgeschwindigkeit von jedem Servomotor angetrieben. Folglich kann die Geschwindigkeit des bei jedem Drehelement eingerichteten Überwachungsabschnitts zusätzlich zu der Geschwindigkeit bei dem Steuerpunkt des Roboters auf die Referenzgeschwindigkeit oder niedriger eingestellt werden. Die Bewegungsgeschwindigkeit des Arms kann ausreichend unterdrückt werden.

[0009] Bei einer Ausführungsform sind Winkel-Berechnungsmittel zum Berechnen des Winkels von jedem Servomotor bei jedem Betriebszyklus vorgesehen. Die Geschwindigkeits-Berechnungsmittel berechnen die Geschwindigkeit des bei jedem der Drehelemente eingerichteten Überwachungsabschnitts basierend auf dem aktuellen Winkel von jedem Servomotor bei jedem Betriebszyklus, dem Winkel jedes Servomotors, welcher durch die Winkel-Berechnungsmittel berechnet wird, und der Größe (beispielsweise einer Länge von einer Achsenlinie zu jedem Überwachungsabschnitt) von jedem Drehelement.

[0010] Bei der vorstehend beschriebenen Konfiguration wird der Winkel von jedem Servomotor bei jedem Betriebszyklus berechnet. Die Geschwindigkeit des Überwachungsabschnitts, welcher bei jedem Drehelement eingerichtet ist, kann dann basierend auf dem aktuellen Winkel von jedem Servomotor, dem bei jedem Betriebszyklus berechneten Winkel jedes Servomotors und der Größe jedes Drehelements berechnet werden.

[0011] Insbesondere kann, wie bei einem weiteren Beispiel, die nachfolgende Konfiguration verwendet werden. Das heißt, die Geschwindigkeits-Berechnungsmittel berechnen die aktuelle Position von jedem Überwachungsabschnitt basierend auf dem aktuellen Winkel jedes Servomotors und der Größe jedes Drehelements. Die Geschwindigkeits-Berechnungsmittel berechnen bei jedem Betriebszyklus die Position jedes Überwachungsabschnitts basierend auf den Winkel jedes Servomotors, der bei jedem Betriebszyklus durch die Winkel-Berechnungsmittel berechnet wird, und der Größe jedes Drehelements. Die Geschwindigkeits-Berechnungsmittel berechnen dann die Geschwindigkeit durch Dividieren der Strecke ausgehend von der aktuellen Position hin zu der Position jedes Überwachungsabschnitts, welche vorgesehen ist, wenn der aktuelle Betriebszyklus verstreicht, durch den Betriebszyklus.

[0012] Bei einem weiteren Beispiel sind Abschnitte einschließlich eines Abschnitts, welcher von dem Gelenk am weitesten entfernt liegt, das als die Rotationsmitte dient, wenn ein Drehelement rotiert wird, als die Überwachungsabschnitte der Drehelemente eingestellt.

[0013] Bei der vorstehend beschriebenen Konfiguration sind Abschnitte einschließlich des Abschnitts, welcher von dem Gelenk am weitesten entfernt liegt, das als die Rotationsmitte dient, wenn ein Drehelement rotiert wird, als die Überwachungsabschnitte der Drehelemente eingestellt bzw. eingerichtet. Daher kann bei jedem Drehelement ein Abschnitt als der Überwachungsabschnitt eingestellt sein, welcher sehr wahrscheinlich die höchste Geschwindigkeit

aufweist. Die Bewegungsgeschwindigkeit des Arms kann ausreichend unterdrückt werden.

[0014] Bei einem weiteren Beispiel reduzieren die Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel die Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors basierend auf dem Wert eines Verhältnisses einer Maximalgeschwindigkeit und der Referenzgeschwindigkeit. Die Maximalgeschwindigkeit entspricht der höchsten Geschwindigkeit aus den Geschwindigkeiten der Überwachungsabschnitte, welche durch die Geschwindigkeits-Berechnungsmittel berechnet werden.

[0015] Bei der vorstehend beschriebenen Konfiguration wird die Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors basierend auf dem Wert des Verhältnisses der Maximalgeschwindigkeit aus den berechneten Geschwindigkeiten der Überwachungsabschnitte und der Referenzgeschwindigkeit reduziert. Daher kann die Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors geeignet reduziert werden, so dass die Geschwindigkeit des Überwachungsabschnitts mit der höchsten Geschwindigkeit gleich der Referenzgeschwindigkeit oder niedriger wird. Der Wert des Verhältnisses der Maximalgeschwindigkeit und der Referenzgeschwindigkeit entspricht einem Wert, welcher dadurch erhalten wird, dass die Maximalgeschwindigkeit durch die Referenzgeschwindigkeit dividiert wird (Verhältniswert = Maximalgeschwindigkeit/Referenzgeschwindigkeit).

[0016] Bei einem weiteren Beispiel reduzieren die Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel die Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors durch Dividieren der durch die Winkelgeschwindigkeits-Berechnungsmittel berechneten Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors durch den Verhältniswert.

[0017] Bei der vorstehend beschriebenen Konfiguration wird die Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors dadurch reduziert, dass die berechnete Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors durch den Verhältniswert dividiert wird. Daher kann die Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors einfach und geeignet reduziert werden.

[0018] Bei einem weiteren Beispiel sind Berechnungsmittel für einen virtuellen Winkel und Berechnungsmittel für eine virtuelle Geschwindigkeit vorgesehen. Die Berechnungsmittel für einen virtuellen Winkel berechnen einen virtuellen Winkel jedes Servomotors bei jedem virtuellen Betriebszyklus. Die Berechnungsmittel für eine virtuelle Geschwindigkeit berechnen eine virtuelle Geschwindigkeit des bei jedem Drehelement eingerichteten Überwachungsabschnitts basierend auf dem aktuellen Winkel jedes Servomotors, dem durch die Berechnungsmittel für den virtuellen Winkel bei jedem virtuellen Betriebszyklus berechneten virtuellen Winkel jedes Servomotors und der Größe jedes Drehelements. Wenn

die Maximalgeschwindigkeit aus den virtuellen Geschwindigkeiten der Überwachungsabschnitte, wie durch die Berechnungsmittel für die virtuelle Geschwindigkeit berechnet, höher als die Referenzgeschwindigkeit ist, verkürzen die Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel den virtuellen Betriebszyklus durch Dividieren des virtuellen Betriebszyklus durch den Verhältniswert. Wenn die Maximalgeschwindigkeit niedriger als eine Ermittlungsgeschwindigkeit ist, berechnet die Winkelgeschwindigkeit die Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors derart, dass jeder Servomotor bei dem Betriebszyklus zu dem virtuellen Winkel jedes Servomotors, wie durch die Berechnungsmittel für den virtuellen Winkel berechnet, angetrieben wird.

[0019] Bei der vorstehend beschriebenen Konfiguration wird der virtuelle Winkel jedes Servomotors bei jedem virtuellen Betriebszyklus berechnet. Die virtuelle Geschwindigkeit des bei jedem Drehelement eingerichteten Überwachungsabschnitts kann basierend auf dem aktuellen Winkel jedes Servomotors, dem berechneten virtuellen Winkel jedes Servomotors, welcher vorgesehen ist, wenn der aktuelle virtuelle Betriebszyklus verstreicht, und der Größe jedes Drehelements berechnet werden.

[0020] Hierbei wird, wenn die Maximalgeschwindigkeit aus den berechneten virtuellen Geschwindigkeiten der Überwachungsabschnitte höher als die Referenzgeschwindigkeit ist, der virtuelle Betriebszyklus dadurch verkürzt, dass der virtuelle Betriebszyklus durch den Verhältniswert dividiert wird. Daher wird der virtuelle Winkel jedes Servomotors bei dem verkürzten virtuellen Betriebszyklus neu berechnet. Wenn die Maximalgeschwindigkeit aus den virtuellen Geschwindigkeiten der Überwachungsabschnitte, die basierend auf den virtuellen Winkeln neu berechnet werden, niedriger als die Referenzgeschwindigkeit ist, wird die Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors derart berechnet, dass jeder Servomotor bei jedem Betriebszyklus zu dem virtuellen Winkel jedes Servomotors angetrieben wird. Daher wird der Winkel, durch welchen jeder Servomotor bei jedem Betriebszyklus angetrieben wird, klein und die Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors kann wesentlich reduziert werden. Darüber hinaus können infolge der Verkürzung des virtuellen Betriebszyklus die Winkelgeschwindigkeiten sämtlicher Servomotoren kollektiv reduziert werden. Wenn der virtuelle Betriebszyklus ausgehend von dem Betriebszyklus nicht verkürzt ist, wird die Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors aufrechterhalten.

[0021] Zusätzlich kann bei einer Konfiguration, bei welcher eine Betriebs-Zielposition korrigiert wird, wie beim Stand der Technik, die Bewegungsbahn verändert werden, wenn die Betriebs-Bewegungsbahn einer Kurve entspricht. Diesbezüglich kann bei der Konfiguration, bei welcher der virtuelle Betriebszy-

klus verkürzt ist, wie vorstehend beschrieben, die Betriebs-Bewegungsbahn aufrechterhalten werden. Die Ermittlungsgeschwindigkeit kann der gleichen Geschwindigkeit wie die Referenzgeschwindigkeit, einer etwas höheren Geschwindigkeit als die Referenzgeschwindigkeit oder dergleichen entsprechen.

[0022] Bei einem weiteren Beispiel sind Antriebs-Verhinderungsmittel vorgesehen. Wenn das Verkürzen des virtuellen Betriebszyklus dadurch, dass der virtuelle Betriebszyklus durch den Verhältniswert dividiert wird, durch die Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel häufiger als eine vorbestimmte Anzahl wiederholend durchgeführt wird, verhindern die Antriebs-Verhinderungsmittel das Antreiben jedes Servomotors durch die Antriebsmittel.

[0023] Die Steuerungsvorrichtung eines Roboters ist erforderlich, um die Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors und dergleichen zu berechnen und einen Befehl während des Betriebszyklus auszugeben. Diesbezüglich ist bei der vorstehend beschriebenen Konfiguration, wenn das Verkürzen des virtuellen Betriebszyklus dadurch, dass der virtuelle Betriebszyklus durch den Verhältniswert dividiert wird, häufiger als eine vorbestimmte Anzahl durchgeführt wird, das Antreiben jedes Servomotors verhindert. Daher kann das Antreiben der Servomotoren verhindert werden, wenn die Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors und dergleichen während des Betriebszyklus nicht berechnet werden kann.

[0024] Bei einem weiteren Beispiel sind Winkel-Berechnungsmittel zum Berechnen des Winkels jedes Servomotors bei jedem Betriebszyklus vorgesehen. Wenn die Maximalgeschwindigkeit aus den Geschwindigkeiten der Überwachungsabschnitte, wie durch die Geschwindigkeits-Berechnungsmittel berechnet, höher als die Referenzgeschwindigkeit ist, erweitern die Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel den Betriebszyklus durch Multiplizieren des Betriebszyklus mit dem Verhältniswert. Die Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel reduzieren die Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors in einer Art und Weise, dass jeder Servomotor bei dem erweiterten Betriebszyklus zu dem Winkel jedes Servomotors angetrieben wird, welcher durch die Winkel-Berechnungsmittel berechnet wird.

[0025] Bei der vorstehend beschriebenen Konfiguration wird der Betriebszyklus dadurch erweitert, dass der Betriebszyklus mit dem Verhältniswert multipliziert wird, wenn die Maximalgeschwindigkeit aus den berechneten Geschwindigkeiten der Überwachungsabschnitte höher als die Referenzgeschwindigkeit ist. Die Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors wird derart reduziert, dass jeder Servomotor bei dem erweiterten Betriebszyklus zu dem berechneten Winkel jedes Servomotors angetrieben wird. Daher können in Folge davon, dass der Betriebszyklus erweitert

ist und jeder Servomotor zu dem berechneten Winkel jedes Servomotors angetrieben wird, die Winkelgeschwindigkeiten sämtlicher Servomotoren kollektiv reduziert werden.

[0026] Zusätzlich kann bei der Konfiguration, bei welcher die Betriebs-Zielposition korrigiert wird, wie beim Stand der Technik, die Bewegungsbahn verändert werden, wenn die Betriebs-Bewegungsbahn einer Kurve entspricht. Diesbezüglich kann bei der Konfiguration, bei welcher der Betriebszyklus ausgedient ist, wie vorstehend beschrieben, die Betriebs-Bewegungsbahn aufrechterhalten werden.

Kurze Beschreibung der Abbildungen

[0027] In den beigefügten Abbildungen sind:

[0028] Fig. 1 eine Abbildung einer Übersicht eines Systems, welches mit einem Roboter, einer Steuerungsvorrichtung und einem Lehranhänger vorgesehen ist, wobei das System eine Steuerungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst;

[0029] Fig. 2 eine Vorderansicht einer spezifischen Stellung des Roboters;

[0030] Fig. 3 ein Flussdiagramm eines Vorgangs für eine Geschwindigkeits-Unterdrückungssteuerung eines Arms gemäß der ersten Ausführungsform;

[0031] Fig. 4 ein Diagramm eines Winkelgeschwindigkeitsmusters eines Servomotors;

[0032] Fig. 5 ein Flussdiagramm eines Vorgangs für eine Geschwindigkeits-Unterdrückungssteuerung eines Arms gemäß einer zweiten Ausführungsform; und

[0033] Fig. 6 ein Flussdiagramm eines Vorgangs für eine Geschwindigkeits-Unterdrückungssteuerung eines Arms gemäß einer dritten Ausführungsform.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

(Erste Ausführungsform)

[0034] Eine erste Ausführungsform, welche eine Steuerungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung für einen Roboter realisiert, ist nun mit Bezug auf die Abbildungen beschrieben. Der in der vorliegenden Ausführungsform beispielhaft beschriebene Roboter entspricht beispielsweise einem senkrechten Gelenkroboter, welche in einem Montagesystem in einem mechanischen Montagewerk verwendet wird.

[0035] Zunächst ist mit Bezug auf Fig. 1 eine Übersicht eines Roboters **10** beschrieben, welcher als ein senkrechter Gelenkroboter vorgesehen ist.

[0036] Wie in Fig. 1 gezeigt ist, entspricht der Roboter **10** einem Sechssachsenroboter, welcher eine erste Achsenlinie J1, eine zweite Achsenlinie J2, eine dritte Achsenlinie J3, eine vierte Achsenlinie J4, eine fünfte Achsenlinie J5 und eine sechste Achsenlinie J6 besitzt. Die erste Achsenlinie J1 bis zu der sechsten Achsenlinie J6 dienen als die Rotationsmitteln-Achsenlinien von jeweiligen Gelenken, die Drehelemente (oder Armelemente) miteinander verbinden. Die Bezugszeichen JT1, JT2 und JT3 in Fig. 1 zeigen konzeptionell Gelenke, welche entsprechend die ersten, zweiten und dritten Achsenlinien J1, J2 und J3 versehen. Obwohl nicht gezeigt, gilt dies auch für die vierten, fünften und sechsten Achsenlinien J4, J5 und J6.

[0037] Der Betriebswinkel jedes Abschnitts der Achsenlinien wird durch Antreiben durch eine Antriebsquelle und eine Verzögerung durch einen Verzögerer oder dergleichen angepasst. Die Antriebsquelle ist aus einem elektrischen Servomotor oder dergleichen aufgebaut. Die Servomotoren sind jeweils in der Lage, in sowohl Vorwärts- als auch Rückwärtsrichtungen zu rotieren. Jedes Drehelement wird durch das Antreiben des Servomotors mit Bezug auf eine Ausgangspunktposition betätigt (angetrieben). Jeder Servomotor ist mit einer elektromagnetischen Bremse und einem Codierer vorgesehen. Die elektromagnetische Bremse bremst die Ausgangsachse des Servomotors. Der Codierer gibt basierend auf dem Drehwinkel der Ausgangsachse ein Impulssignal aus.

[0038] Der Roboter **10** ist auf dem Boden aufgestellt. Die erste Achsenlinie J1 erstreckt sich in einer vertikalen Richtung. Eine Basis **11** des Roboters **10** besitzt einen festgelegten Abschnitt **12**, welcher auf dem Boden oder dergleichen fixiert ist. Die Basis **11** besitzt ebenso eine Rotationsbasis **13** (ein erstes Drehelement oder ein erstes Armelement), welches oberhalb des fixierten Abschnitts **12** vorgesehen ist. Die Rotationsbasis **13** ist in der Lage, mit der ersten Achsenlinie J1 als die Rotationsmitte in der horizontalen Richtung zu rotieren. Mit anderen Worten, die Rotationsbasis **13** erstreckt sich in der Richtung der ersten Achsenlinie J1 und ist durch den fixierten Abschnitt **12** in einer Art und Weise getragen, dass diese um die erste Achsenlinie J1 rotieren kann.

[0039] Ein unterer Arm **15** (ein zweites Drehelement oder ein zweites Armelement) ist in einer Art und Weise verbunden bzw. angekoppelt, dass dieser in der Lage ist, mit der zweiten Achsenlinie J2 als die Rotationsmitte in der Richtung im Uhrzeigersinn oder entgegen dem Uhrzeigersinn zu rotieren. Die zweite Achsenlinie J2 erstreckt sich in der horizontalen Richtung. Mit anderen Worten, der untere Arm **15** er-

streckt sich in der Richtung von der zweiten Achsenlinie J2 weg, die in einer Ebene senkrecht zu der ersten Achsenlinie J1 enthalten ist. Zusätzlich ist der untere Arm **15** durch die Rotationsbasis **13** getragen, um in der Lage zu sein, um die zweite Achsenlinie J2 zu rotieren. Der untere Arm **15** erstreckt sich in einer Grundstellung in der vertikalen Richtung.

[0040] Ein oberer Arm **16** ist mit dem oberen Endabschnitt des unteren Arms **15** verbunden. Der obere Arm **16** ist in der Lage, mit der dritten Achsenlinie J3 als die Rotationsmitte in der Richtung im Uhrzeigersinn oder entgegen dem Uhrzeigersinn zu rotieren. Die dritte Achsenlinie J3 erstreckt sich in der horizontalen Richtung. Mit anderen Worten, der obere Arm **16** erstreckt sich in der Richtung von der dritten Achsenlinie J3 weg, welche sich parallel zu der zweiten Achsenlinie J2 befindet. Zusätzlich ist der obere Arm **16** durch den unteren Arm **15** getragen, um in der Lage zu sein, um die dritte Achsenlinie J3 zu rotieren. Der obere Arm **16** erstreckt sich in einer Grundstellung in der horizontalen Richtung.

[0041] Der obere Arm **16** ist derart konfiguriert, dass dieser auf zwei Armabschnitte auf der Basis-Endseite (auf der Seite des Gelenks, welches während der Rotation um die dritte Achsenlinie J3 rotiert) und der Spitzen-Endseite aufgeteilt ist. Der Armabschnitt auf der Basis-Endseite entspricht einem ersten oberen Arm **16A** (einem dritten Drehelement oder einem dritten Armelement). Der Armabschnitt auf der Spitzen-Endseite entspricht einem zweiten oberen Arm **16B** (einem vierten Drehelement oder einem vierten Armelement). Der zweite obere Arm **16B** ist in der Lage, mit Bezug auf den ersten oberen Arm **16A** mit der vierten Achsenlinie J4 als die Rotationsmitte in einer Verdrehungsrichtung zu rotieren. Die vierte Achsenlinie J4 erstreckt sich in der Längsrichtung des ersten oberen Arms **16A**. Mit anderen Worten, der zweite obere Arm **16B** erstreckt sich in der Richtung der vierten Achsenlinie J4, welche in einer Ebene senkrecht zu der dritten Achsenlinie J3 enthalten ist. Zusätzlich ist der zweite obere Arm **16B** durch den ersten oberen Arm **16A** getragen, um in der Lage zu sein, um die vierte Achsenlinie J4 zu rotieren.

[0042] Ein Handgelenkabschnitt **17** (ein fünftes Drehelement oder ein fünftes Armelement) ist bei dem Spitzen-Endabschnitt des oberen Arms **16** (insbesondere des zweiten oberen Arms **16B**) vorgesehen. Der Handgelenkabschnitt **17** ist in der Lage, mit Bezug auf den zweiten oberen Arm **16B** mit der fünften Achsenlinie J5 als die Rotationsmitte zu rotieren. Die fünfte Achsenlinie J5 erstreckt sich in der horizontalen Richtung. Mit anderen Worten, der an Handgelenkabschnitt **17** erstreckt sich in einer Richtung von der fünften Achsenlinie J5 weg, welche sich senkrecht zu der vierten Achsenlinie J4 befindet. Zusätzlich ist der Handgelenkabschnitt **17** durch den zwei-

ten oberen Arm **16B** getragen, um in der Lage zu sein, um die fünfte Achsenlinie J5 zu rotieren.

[0043] Ein Handabschnitt **18** (ein sechstes Drehelement oder ein sechstes Armelement) zum Anbringen eines Werkstücks, eines Werkzeugs oder dergleichen ist bei dem Spitzen-Endabschnitt des Handgelenkabschnitts **17** vorgesehen. Der Handabschnitt **18** ist in der Lage, mit der sechsten Achsenlinie J6 als die Rotationsmitte in einer Drehrichtung zu rotieren. Die sechste Achsenlinie J6 entspricht der Mittellinie des Handabschnitts **18**. Mit anderen Worten, der Handabschnitt **18** erstreckt sich in der Richtung der sechsten Achsenlinie J6, welche sich senkrecht zu der fünften Achsenlinie J5 befindet. Zusätzlich ist der Handabschnitt **18** durch den Handgelenkabschnitt **17** getragen, um in der Lage zu sein, um die sechste Achsenlinie J6 zu rotieren. Wie vorstehend beschrieben ist, besteht der Arm des Roboters **10** aus der Rotationsbasis **13**, dem unteren Arm **15**, dem oberen Arm **16**, dem Handgelenkabschnitt **17** und dem Handabschnitt **18**.

[0044] Eine Steuerungsvorrichtung **30** umfasst eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU), einen Nurlese-Speicher (ROM), einen Direktzugriffsspeicher (RAM), eine Antriebsschaltung, eine Positions-Erfassungsschaltung und dergleichen. Der ROM speichert darin ein Systemprogramm, ein Betriebsprogramm und dergleichen des Roboters **10**. Der RAM speichert darin Parameterwerte und dergleichen, wenn die Programme in dem ROM laufen. Die Positions-Erfassungsschaltung empfängt Eingänge von Erfassungssignalen von jedem Codierer. Die Positions-Erfassungsschaltung erfasst den Drehwinkel des bei jedem Gelenk JT1 (JT2, JT3, ...) vorgesehenen Servomotors basierend auf dem Erfassungssignal von jedem Codierer. Die CPU führt das im Vorhinein eingestellte Betriebsprogramm (Programm) aus. Folglich führt die CPU eine Feedback- bzw. Rückkopplungssteuerung durch, um den Drehwinkel (Armstellung bzw. -haltung) von jedem Gelenk in dem Arm des Roboters **10** auf einen Ziel-Drehwinkel (Zielstellung) zu steuern, basierend auf Positionsinformationen, welche von der Positions-Erfassungsschaltung eingegeben werden. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform führt die Steuerungsvorrichtung **30** eine Geschwindigkeits-Unterdrückungssteuerung durch, um die Bewegungsgeschwindigkeit des Arms des Roboters **10** während des Lernens (manueller Betrieb) des Roboters **10** auf eine Referenzgeschwindigkeit oder niedriger zu bringen bzw. zu drücken. Die Referenzgeschwindigkeit ist beispielsweise basierend auf Standards, wie japanischen Industriestandards (JIS) oder Standards der Internationalen Organisation für Normung (ISO), als 250 mm/s vorgeschrieben bzw. festgesetzt.

[0045] Ein Lehranhänger **40** (Betätigungseinheit) umfasst einen Mikrocomputer mit einer CPU, einem

ROM und einem RAM. Der Lehranhänger **40** umfasst außerdem verschiedene manuelle Bedientasten, eine Anzeige **42** und dergleichen. Der Anhänger **40** ist mit der Steuerungsvorrichtung **30** verbunden und ist in der Lage, mit dieser zu kommunizieren. Ein Bediener (Nutzer) kann durch manuelles Bedienen des Anhängers **40** Betriebsprogramme für den Roboter **10** schaffen, korrigieren und eintragen, sowie verschiedene Parameter einstellen. Beim Lernen, welches durchgeführt wird, um ein Betriebsprogramm und dergleichen zu korrigieren, gibt der Bediener eine Anweisung hinsichtlich eines Anweisungspunkts (Positionskordinaten) vor, durch welchen ein Mittelpunkt **18a** (Steuerpunkt) des Handabschnitts **18** des Arms während des Betriebs läuft. Der Bediener kann anschließend den Roboter **10** basierend auf dem gelernten Steuerprogramm über die Steuerungsvorrichtung **30** betätigen. Mit anderen Worten, die Steuerungsvorrichtung **30** steuert den Betrieb des Arms des Roboters **10** basierend auf dem im Vorhinein eingestellten Betriebsprogramm und der Betätigung des Anhängers **40**.

[0046] Hierbei haben sich die Erfinder der vorliegenden Anmeldung auf die nachfolgenden Aspekte konzentriert. Während des Lernens (manueller Betrieb) des Roboters **10** kann die Bewegungsgeschwindigkeit eines anderen Abschnitts des Arms wie dem Handabschnitt **18** in Abhängigkeit der In-Betriebsstellung des Roboters **10** höher sein als die Referenzgeschwindigkeit, auch wenn die Bewegungsgeschwindigkeit des Handabschnitts **18** (insbesondere des Mittelpunkts **18a**) des Arms auf die Referenzgeschwindigkeit oder niedriger gesteuert wird. Wenn sich der Roboter **10** beispielsweise in der in **Fig. 2** gezeigten Stellung bzw. Position befindet und die Rotationsbasis **13** rotiert wird, ist die Bewegungsgeschwindigkeit des Mittelpunkts **18a** (Punkt C5) des Handabschnitts **18** ausreichend niedriger als die Referenzgeschwindigkeit. Die Bewegungsgeschwindigkeiten des Spitzenabschnitts (Punkt C2) des unteren Arms **15** und eines Endabschnitts (Punkt C3) des oberen Arms **16** können jedoch höher als die Referenzgeschwindigkeit sein.

[0047] Bei der vorliegenden Ausführungsform sind unter Betrachtung des Vorstehenden Überwachungsabschnitte (Punkte) C1 bis C5, die punktähnliche Bereiche darstellen, bei den zweiten bis sechsten Drehelementen eingerichtet oder zugeordnet. Wenn der Roboter in Betrieb ist, werden die Überwachungsabschnitte C1 bis C5 dazu verwendet, um die Rotationsgeschwindigkeiten dort zu überwachen, und die Geschwindigkeits-Überwachungsinformationen werden beim Erzeugen von Pfaden der Armelemente reflektiert. Die Überwachungsabschnitte können bei beiden Enden eines Drehelements (das heißt, jedes Armelements), welches durch ein bestimmtes Gelenk rotiert wird, das für die Rotation angetrieben wurde,

als Punkte (oder punktähnliche Bereiche) definiert sein.

[0048] Basierend auf dieser Definition können, wenn die zweite Achsenlinie J2 (das heißt, das zweite Gelenk JT2) für die Rotation angetrieben wird, zwei Überwachungsabschnitte C1 und C2 bei beiden Enden des unteren Arms **15** in dessen Längsrichtung eingestellt bzw. eingerichtet sein (Bezug auf **Fig. 2**). Von diesen Überwachungsabschnitten C1 und C2 befindet sich ein Überwachungsabschnitt C1 hinsichtlich der Position näher an der zweiten Achsenlinie J2 als diese des anderen Überwachungsabschnitts C2 zu der zweiten Achsenlinie J2. Das heißt, der andere Überwachungsabschnitt C2 liegt von der zweiten Achsenlinie J2 am weitesten entfernt. Wenn in ähnlicher Art und Weise die dritte Achsenlinie (das heißt, das Gelenk JT3) für die Rotation angetrieben wird, sind bei beiden Endpunkten des oberen Arms **16** in der Längsrichtung davon zwei Überwachungsabschnitte C3 und C4 eingestellt bzw. eingerichtet (Bezug auf **Fig. 2**). Wenn die dritte Achsenlinie J3 rotiert wird, ist der untere Arm **15** selbst mit der Rotation der dritten Achsenlinie J3 nicht befasst bzw. beteiligt, die vorgehenden Überwachungsabschnitte C1 und C2 müssen beim Steuern der Überwachung der Geschwindigkeiten des oberen Arms **16**, das heißt, beim Antreiben des Gelenks JT3, nicht enthalten sein.

[0049] Wenn eine weitere Komponente (ein End-Effektor bzw. End-Roboter-Wirkglied) an einem Drehelement befestigt ist, wie dem oberen Arm **16**, kann bei dem Spitzen-Endabschnitt oder dergleichen der angebrachten Komponente ein Überwachungsabschnitt C5 eingerichtet sein. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist der Überwachungsabschnitt C5 derart eingerichtet, wie in **Fig. 2** gezeigt ist.

[0050] Wie vorstehend beschrieben, sind bei der vorliegenden Ausführungsform mit Ausnahme der Rotationsbasis **13**, welche als das erste Drehelement dient, die Überwachungsabschnitte C1 bis C5 bei dem unteren Arm **15**, welcher als das zweite Drehelement dient, dem oberen Arm **16**, welcher als die dritten und vierten Drehelemente dient, dem an Handgelenkabschnitt **17**, welcher als das fünfte Drehelement dient, und dem Handabschnitt **18**, welcher als das sechste Drehelement dient, eingerichtet. Von diesen Überwachungsabschnitten C1 bis C5 wird der unterste Überwachungsabschnitt C1 während des Betriebs des Roboters keine maximale Rotationsgeschwindigkeit vorsehen, so dass der Überwachungsabschnitt C1 von den überwachten Abschnitten weggelassen werden kann. Dabei verändern sich in Abhängigkeit von Robotertypen und verschiedenen Stellungen, welche durch den Roboter eingenommen werden, Längsenden von Armen, welche mit einer Maximalgeschwindigkeit oder höheren Geschwindigkeiten rotieren sollen, in hohem Maße, und es ist vorzuziehen, solche Armbewegungen zu berücksichtigen.

Daher ist es vorzuziehen, Rotationsgeschwindigkeiten bei zumindest den drei beschriebenen Überwachungsabschnitten C2 bis C4 zu überwachen.

[0051] Auf welche Art und Weise die Positionen der Überwachungsabschnitte einzurichten sind, ist nicht auf die vorstehende Technologie beschränkt, sondern es kann jede Technologie angewendet werden, solange verstanden wird, dass sich Arm-Rotationsgeschwindigkeiten während des Betriebs eines Roboters in Abhängigkeit von Robotertypen und Armstellungen stets verändern, und Armabschnitte, welche mit einer Maximalgeschwindigkeit oder höheren Geschwindigkeiten rotiert werden, überwacht werden können. Das heißt, die vorstehende Definition zum Einrichten der Überwachungsabschnitte ist bei der vorliegenden Ausführungsform inhärent. Ein Bediener kann solche Überwachungsabschnitte bei gewünschten Armpositionen einrichten und eine Computersimulation kann für ein solches Einrichten verwendet werden.

[0052] Bei der vorliegenden Ausführungsform wird die Winkelgeschwindigkeit jedes Servomotors unterdrückt, so dass die Bewegungsgeschwindigkeiten sämtlicher Überwachungsabschnitte C1 bis C5 kleiner oder gleich der vorbestimmten Referenzgeschwindigkeit gehalten werden.

[0053] Fig. 3 ist ein Flussdiagramm eines Vorgangs für eine Geschwindigkeits-Unterdrückungssteuerung, um die Bewegungsgeschwindigkeit des Arms des Roboters **10** auf die Referenzgeschwindigkeit oder niedriger zu bringen bzw. zu drücken. Die Abfolge von Vorgängen wird bei einem Betriebszyklus T_r (das heißt, bei Intervallen von T_r), bei welchem der Arm betätigt wird, durch die Steuerungsvorrichtung **30** wiederholend durchgeführt. Der Betriebszyklus T_r entspricht beispielsweise 8 ms. Obwohl die vorliegende Ausführungsform in einer Art und Weise beschrieben ist, dass dieser Vorgang während des Lernens (das heißt, manuellen Betätigungen für den Roboter) durchgeführt wird, kann der Vorgang auf einen tatsächlichen Betrieb des Roboters bei einem Aufstellort angewendet werden.

[0054] Zunächst stellt die Steuerungsvorrichtung **30** einen virtuellen Betriebszyklus T_v auf den Betriebszyklus T_r ein (S11). Mit anderen Worten, die Steuerungsvorrichtung **30** stellt den Betriebszyklus T_r als einen Initialwert des virtuellen Betriebszyklus T_v ein. Bei der vorliegenden Ausführungsform kann der virtuelle Betriebszyklus T_v als ein Betriebszyklus bezeichnet werden, welcher dazu verwendet wird, um den Pfad bzw. die Bahn von jedem der Armelemente des Roboters zu erzeugen. Wenn der Geschwindigkeits-Reduktionsvorgang nicht durchgeführt wird, wird die Beziehung virtueller Betriebszyklus T_v = tatsächlicher Betriebszyklus T_r (das heißt, tatsächlicher Steuerzyklus) realisiert.

[0055] Nachfolgend erfasst die Steuerungsvorrichtung **30** einen aktuellen Winkel θ_k jedes Servomotors (S12). Insbesondere veranlasst die Steuerungsvorrichtung **30**, dass die Positions-Erfassungsschaltung den aktuellen Winkel θ_k jedes Servomotors basierend auf dem Erfassungssignal von dem bei jedem Servomotor vorgesehenen Codierer erfasst. k bezeichnet eine Anzahl von 1 bis 6, welche jeweils der ersten Achsenlinie J1 bis zu der sechsten Achsenlinie J6 entsprechen.

[0056] Nachfolgend berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** eine aktuelle Position P_i jedes Überwachungsabschnitts (S13). Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet die aktuelle Position P_i jedes Überwachungsabschnitts basierend auf dem aktuellen Winkel θ_k jedes Servomotors und der Größe jedes Drehelements. Der Index i bezeichnet eine Anzahl von 1 bis 5, welche jeweils den Punkten C1 bis C5 entsprechen. Die Größe jedes Drehelements ist beispielsweise durch eine Länge (oder eine Strecke) ausgehend von der Achsenlinie eines Gelenks hin zu einem Überwachungsabschnitt ausgedrückt. Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet insbesondere die Strecke ausgehend von der Rotationsmitte jedes Drehelements hin zu dem Überwachungsabschnitt basierend auf der Größe jedes Drehelements und der Position, bei welcher jeder Überwachungsabschnitt eingerichtet ist. Anschließend berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** die Position jedes Punktes C1 bis C5 durch Kombinieren des aktuellen Winkels θ_k jedes Servomotors und der Größe jedes Drehelements.

[0057] Nachfolgend berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** eine Winkelgeschwindigkeit w_k jedes Servomotors (S14). Der Zielwinkel jedes Servomotors wird insbesondere basierend auf dem Anweisungspunkt berechnet, bezüglich welchem eine Anweisung als der Punkt ausgegeben wurde, durch welchen der Mittelpunkt **18a** des Handabschnitts **18** des Arms während des Lernens läuft. Wie in Fig. 4 gezeigt, ist beispielsweise das Muster der Winkelgeschwindigkeit w_k , wenn jeder Servomotor zu dem Zielwinkel angetrieben wird, eingestellt. Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet die aktuelle Winkelgeschwindigkeit w_k jedes Servomotors basierend auf dem Muster der Winkelgeschwindigkeit w_k , welches eingestellt wurde. k bezeichnet eine Anzahl von 1 bis 6, welche jeweils der ersten Achsenlinie J1 bis zu der sechsten Achsenlinie J6 entsprechen.

[0058] Nachfolgend berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** einen virtuellen Winkel θ_{vk} nach dem virtuellen Betriebszyklus T_v jedes Servomotors (S15). Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet den virtuellen Winkel θ_{vk} insbesondere unter Verwendung eines Ausdrucks $\theta_{vk} = \theta_k + w_k \times T_v$.

[0059] Nachfolgend berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** eine virtuelle Position P_{vi} nach dem virtuellen Betriebszyklus T_v jedes Überwachungsabschnitts (S16). Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet insbesondere in einer ähnlichen Art und Weise zu dem Vorgang bei S13 die virtuelle Position P_{vi} nach dem virtuellen Betriebszyklus T_v jeder Überwachungseinheit basierend auf dem virtuellen Winkel θ_{vk} nach dem virtuellen Betriebszyklus T_v jedes Servomotors und der Größe jedes Drehelements.

[0060] Nachfolgend berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** eine Geschwindigkeit V_i jedes Überwachungsabschnitts (S17). Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet die Geschwindigkeit V_i insbesondere durch Dividieren der Strecke zwischen der aktuellen Position P_i und der virtuellen Position P_{vi} nach dem virtuellen Betriebszyklus T_v jedes Überwachungsabschnitts durch den Betriebszyklus T_r . i bezeichnet eine Anzahl von 1 bis 5, welche jeweils den Punkten C1 bis C5 entsprechen.

[0061] Nachfolgend berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** eine Maximalgeschwindigkeit V_{mx} , welche der höchsten Geschwindigkeit V_i aus den Geschwindigkeiten V_i der Überwachungsabschnitte entspricht (S18). Die Steuerungsvorrichtung **30** ermittelt anschließend, ob die Maximalgeschwindigkeit V_{mx} höher als eine Referenzgeschwindigkeit V_{lm} ist (S19). Wenn durch die Ermittlung ermittelt wird, dass die Maximalgeschwindigkeit V_{mx} höher als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} ist (Ja bei S19), berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** einen Wert α , welcher dem Verhältnis der Maximalgeschwindigkeit V_{mx} und der Referenzgeschwindigkeit V_{lm} entspricht (S20). Mit anderen Worten, die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet den Verhältniswert α unter Verwendung eines Ausdrucks $\alpha = V_{mx}/V_{lm} (\alpha > 1)$.

[0062] Nachfolgend stellt die Steuerungsvorrichtung **30** einen Wert als den neuen virtuellen Betriebszyklus T_v ein, welcher durch Dividieren des virtuellen Betriebszyklus T_v durch den Verhältniswert α erhalten wird (S21). Mit anderen Worten, die Steuerungsvorrichtung **30** verkürzt den virtuellen Betriebszyklus T_v ausgehend von dem aktuellen virtuellen Betriebszyklus T_v (dem Initialwert, welcher dem Betriebszyklus T_r entspricht). Anschließend führt die Steuerungsvorrichtung **30** die Vorgänge ausgehend von S15 unter Verwendung des verkürzten virtuellen Betriebszyklus T_v erneut durch.

[0063] Wenn durch die Ermittlung bei S19 hingegen ermittelt wird, dass die Maximalgeschwindigkeit V_{mx} nicht höher als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} ist (Nein bei S19), berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** die Winkelgeschwindigkeit ω_k jedes Servomotors basierend auf dem virtuellen Betriebszyklus T_v (S22). Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet die Winkelgeschwindigkeit ω_k insbesondere unter Verwen-

dung eines Ausdrucks $\omega_k \leftarrow \omega_k \times T_v/T_r$. Mit anderen Worten, die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet die Winkelgeschwindigkeit ω_k jedes Servomotors derart, dass der Servomotor zu dem virtuellen Winkel θ_{vk} jedes Servomotors nach dem Betriebszyklus T_r angetrieben wird. Wenn der virtuelle Betriebszyklus T_v ausgehend von dem Betriebszyklus T_r nicht verkürzt ist, wird die Winkelgeschwindigkeit ω_k aufrechterhalten.

[0064] Nachfolgend treibt die Steuerungsvorrichtung **30** jeden Servomotor mit der berechneten Winkelgeschwindigkeit ω_k jedes Servomotors an (S23). Die Steuerungsvorrichtung **30** beendet anschließend diese Abfolge von Schritten temporär bis zu dem nächsten Betriebszyklus (Ende).

[0065] Der Schritt bei S14 entspricht einem Vorgang (Winkelgeschwindigkeits-Berechnungsschritt) als Winkelgeschwindigkeits-Berechnungsmittel. Der Schritt bei S15 entspricht einem Vorgang als Berechnungsmittel für einen virtuellen Winkel (Winkel-Berechnungsmittel). Die Schritte bei S13 bis S17 entsprechen einem Vorgang (Geschwindigkeits-Berechnungsschritt) als Berechnungsmittel für eine virtuelle Geschwindigkeit (Geschwindigkeits-Berechnungsmittel). Die Schritte S18 und S19 entsprechen Ermittlungsmitteln bzw. einer Ermittlungseinrichtung (Ermittlungsschritt). Die Schritte bei S20, S21 und S22 entsprechen einem Vorgang (Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsschritt) als Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel. Der Schritt bei S23 entspricht einem Vorgang (Antriebsschritt) als Antriebsmittel.

[0066] Gemäß der vorstehend detailliert beschriebenen vorliegenden Ausführungsform werden die nachfolgenden Vorteile erreicht.

- Die Geschwindigkeit V_i des Überwachungsabschnitts (Punkte C1 bis C5), welcher bei jedem Drehelement eingerichtet ist, wird berechnet. Die Winkelgeschwindigkeit ω_k jedes Servomotors wird reduziert, so dass die berechnete Geschwindigkeit V_i jedes Überwachungsabschnitts gleich der Referenzgeschwindigkeit V_{lm} oder niedriger wird. Jeder Servomotor wird mit der reduzierten Winkelgeschwindigkeit ω_k jedes Servomotors angetrieben. Folglich kann die Geschwindigkeit V_i des bei jedem Drehelement eingerichteten Überwachungsabschnitts zusätzlich zu der Geschwindigkeit eines Steuerpunkts des Roboters **10** auf die Referenzgeschwindigkeit oder niedriger eingestellt werden. Die Bewegungsgeschwindigkeit des Arms kann ausreichend unterdrückt werden.
- Der virtuelle Winkel θ_{vk} (Winkel θ_{ak}) jedes Servomotors nach dem virtuellen Betriebszyklus T_v (Betriebszyklus T_r) wird berechnet. Die Geschwindigkeit V_i des bei jedem Drehelement eingerichteten Überwachungsabschnitts kann dann basierend auf dem aktuellen Winkel θ_k jedes Servomotors, dem berechneten virtuellen Winkel θ_{vk} nach

dem virtuellen Betriebszyklus T_v jedes Servomotors und der Größe jedes Drehelements berechnet werden. Insbesondere kann die aktuelle Position P_i jedes Überwachungsabschnitts basierend auf dem aktuellen Winkel θ_k jedes Servomotors und der Größe jedes Drehelements berechnet werden. Die virtuelle Position P_{vi} (Position P_{ai}) nach dem virtuellen Betriebszyklus T_v (Betriebszyklus T_r) jedes Überwachungsabschnitts kann basierend auf dem virtuellen Winkel θ_{vk} nach dem virtuellen Betriebszyklus T_r jedes Servomotors und der Größe jedes Drehelements berechnet werden. Anschließend kann die Geschwindigkeit V_i durch Dividieren der Strecke zwischen der aktuellen Position P_i und der virtuellen Position P_{vi} nach dem virtuellen Betriebszyklus T_v jedes Überwachungsabschnitts durch den Betriebszyklus T_r berechnet werden.

- Der Abschnitt, welcher von dem Gelenk (Drehzentrum-Achsenlinie) am weitesten entfernt liegt, welches als das Drehzentrum dient, wenn jedes Drehelement rotiert wird, ist als der Überwachungsabschnitt jedes Drehelements eingerichtet. Daher können für jedes Drehelement Abschnitte einschließlich eines Abschnitts, welcher sehr wahrscheinlich die höchste Geschwindigkeit besitzt, als der Überwachungsabschnitt eingestellt bzw. eingerichtet sein. Die Bewegungsgeschwindigkeit des Arms kann ausreichend unterdrückt werden.

- Die Winkelgeschwindigkeit ω_k jedes Servomotors wird basierend auf dem Wert α des Verhältnisses der Maximalgeschwindigkeit V_{mx} und der Referenzgeschwindigkeit V_{lm} reduziert, wobei der Maximalwert V_{mx} der höchsten Geschwindigkeit aus den berechneten Geschwindigkeiten V_i der Überwachungsabschnitte entspricht. Daher kann die Winkelgeschwindigkeit ω_k jedes Servomotors geeignet reduziert werden, so dass die Geschwindigkeit V_i des Überwachungsabschnitts mit der höchsten Geschwindigkeit zu der Referenzgeschwindigkeit V_{lm} oder niedriger wird.

- Wenn die Maximalgeschwindigkeit V_{mx} aus den berechneten Geschwindigkeiten V_i der Überwachungsabschnitte höher als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} ist, wird der virtuelle Betriebszyklus T_v dadurch verkürzt, dass der virtuelle Betriebszyklus T_r durch den Verhältniswert α dividiert wird. Daher wird der virtuelle Winkel θ_{vk} nach dem reduzierten virtuellen Betriebszyklus T_v jedes Servomotors neu berechnet. Wenn die Maximalgeschwindigkeit V_{mx} aus den Geschwindigkeiten V_i der Überwachungsabschnitte, welche basierend auf den virtuellen Winkeln θ_{vk} neu berechnet wurden, niedriger als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} ist, wird die Winkelgeschwindigkeit ω_k jedes Servomotors derart reduziert, dass jeder Servomotor zu dem virtuellen Winkel θ_{vk} jedes Servomotors nach dem Betriebszyklus T_r angetrieben wird. Daher wird der Winkel θ_{ak} , um welchen jeder

Servomotor nach dem Betriebszyklus T_r angetrieben wird, kleiner und die Winkelgeschwindigkeit ω_k jedes Servomotors kann essenziell reduziert werden. Darüber hinaus kann infolge der Reduktion des virtuellen Betriebszyklus T_v die Winkelgeschwindigkeit ω_k sämtlicher Servomotoren kollektiv reduziert werden.

- Bei einer Konfiguration, bei welcher eine Betriebs-Zielposition korrigiert wird, wie beim Stand der Technik, kann die Bewegungsbahn verändert werden, wenn die Betriebs-Bewegungsbahn einer Kurve entspricht. Diesbezüglich kann bei der Konfiguration, bei welcher der virtuelle Betriebszyklus T_v verkürzt ist, wie vorstehend beschrieben, die Betriebs-Bewegungsbahn aufrechterhalten werden.

(Zweite Ausführungsform)

[0067] Gemäß der ersten Ausführungsform führt der Roboter **10** einen Punkt-Zu-Punkt(PTP)-Betrieb durch. Gemäß einer zweiten Ausführungsform führt der Roboter **10** jedoch einen Betrieb eines durchgehenden Pfades (CP) bzw. einen Bahn-Betrieb durch. Nachfolgend ist im Wesentlichen der Unterschied zu der ersten Ausführungsform beschrieben.

[0068] Fig. 5 ist ein Flussdiagramm eines Vorgangs für einige Geschwindigkeits-Unterdrückungssteuerung, bei welcher die Bewegungsgeschwindigkeit des Arms des Roboters **10** auf die Referenzgeschwindigkeit oder niedriger gebracht bzw. gedrückt wird. Diese Abfolge von Vorgängen wird durch die Steuerungsvorrichtung **30** bei dem Betriebszyklus T_r , über welchen der Arm betätigt wird, wiederholend durchgeführt.

[0069] Zunächst stellt die Steuerungsvorrichtung **30** den virtuellen Betriebszyklus T_v auf den Betriebszyklus T_r ein (S31). Mit anderen Worten, die Steuerungsvorrichtung **30** stellt den Betriebszyklus T_r als den Initialwert des virtuellen Betriebszyklus T_v ein.

[0070] Nachfolgend erfasst die Steuerungsvorrichtung **30** die aktuelle Position und Stellung bzw. Haltung PP des Steuerpunkts (des Mittelpunkts **18a** des Handabschnitts **18**) des Arms (S32). Bei dem CP-Betrieb, bei welchem der Steuerpunkt entlang der geplanten Bewegungsbahn bewegt wird, werden die aktuelle Position und Stellung bzw. Haltung PP berechnet.

[0071] Nachfolgend erfasst die Steuerungsvorrichtung **30** den aktuellen Winkel θ_k jedes Servomotors (S33). Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet anschließend die aktuelle Position P_i jedes Überwachungsabschnitts (S34). Die Vorgänge bei S33 und S34 sind gleich den Vorgängen bei S12 und S13 in Fig. 3.

[0072] Nachfolgend berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** die Geschwindigkeit PV bei der Position und Stellung des Steuerpunkts des Arms (S35). Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet insbesondere eine Zielposition und eine Zielstellung des Steuerpunkts basierend auf der Bewegungsbahn des Steuerpunkts, von welcher eine Anweisung während des Lernens angegeben wurde. Anschließend wird basierend auf der Zielposition des Steuerpunkts und der Zielstellung die Geschwindigkeit PV bei der Position und der Stellung des Steuerpunkts berechnet.

[0073] Nachfolgend berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** die virtuelle Position und Stellung PPv des Steuerpunkts nach dem virtuellen Betriebszyklus (S36). Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet die virtuelle Position und Stellung PPv insbesondere unter Verwendung eines Ausdrucks $PPv = PP + PV \times Tv$.

[0074] Nachfolgend berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** den virtuellen Winkel θ_{vk} nach dem virtuellen Betriebszyklus Tv jedes Servomotors (S37). Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet den virtuellen Winkel θ_{vk} nach dem virtuellen Betriebszyklus Tv jedes Servomotors insbesondere basierend auf der virtuellen Position und Stellung PPv des Steuerpunkts nach dem virtuellen Betriebszyklus Tv .

[0075] Nachfolgend berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** die virtuelle Position nach dem virtuellen Betriebszyklus Tv jedes Überwachungsabschnitts (S38) und dieser berechnet die Geschwindigkeit V_i jedes Überwachungsabschnitts (S39). Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet dann die Maximalgeschwindigkeit V_{mx} , welche der höchsten Geschwindigkeit V_i aus den Geschwindigkeiten V_i der Überwachungsabschnitte entspricht (S40). Die Steuerungsvorrichtung **30** ermittelt, ob die Maximalgeschwindigkeit V_{mx} höher als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} ist (S41). Die Vorgänge bei S38 bis S41 sind gleich den Vorgängen bei S16 bis S19 in **Fig. 3**.

[0076] Wenn durch die Ermittlung bei S41 ermittelt wird, dass die Maximalgeschwindigkeit V_{mx} höher als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} ist (Ja bei S41), berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** den Wert α des Verhältnisses der Maximalgeschwindigkeit V_{mx} und der Referenzgeschwindigkeit V_{lm} (S42). Die Steuerungsvorrichtung **30** stellt den durch Dividieren des virtuellen Betriebszyklus Tv durch den Verhältniswert α erhaltenen Wert als den neuen virtuellen Betriebszyklus Tv ein (S43). Die Vorgänge bei S42 und S43 sind gleich den Vorgängen bei S20 und S21 in **Fig. 3**. Die Steuerungsvorrichtung **30** führt anschließend den Vorgang von S36 unter Verwendung des verkürzten virtuellen Betriebszyklus Tv erneut durch.

[0077] Wenn durch die Ermittlung bei S41 hingegen ermittelt wird, dass die Maximalgeschwindigkeit V_{mx} nicht höher als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} ist (Nein bei S41), berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** die Winkelgeschwindigkeit ω_k , mit welcher jeder Servomotor von dem aktuellen Winkel θ_k zu dem virtuellen Winkel θ_{vk} angetrieben wird (S44). Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet die Winkelgeschwindigkeit ω_k insbesondere unter Verwendung eines Ausdrucks $\omega_k \leftarrow (\theta_{vk} - \theta_k)/Tr$. Mit anderen Worten, die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet die Winkelgeschwindigkeit ω_k jedes Servomotors derart, dass jeder Servomotor zu dem virtuellen Winkel θ_{vk} jedes Servomotors nach dem Betriebszyklus Tr angetrieben wird.

[0078] Nachfolgend treibt die Steuerungsvorrichtung **30** jeden Servomotor mit der Winkelgeschwindigkeit ω_k jedes Servomotors an, welche berechnet wurde. Die Steuerungsvorrichtung **30** beendet anschließend diese Abfolge von Schritten temporär bis zu dem nächsten Betriebszyklus (Ende).

[0079] Der Vorgang bei S37 entspricht einem Vorgang als Berechnungsmittel für einen virtuellen Winkel (Winkel-Berechnungsmittel). Die Vorgänge bei S34 bis S39 entsprechen einem Vorgang (Geschwindigkeits-Berechnungsschritt) als Berechnungsmittel für eine virtuelle Geschwindigkeit (Geschwindigkeits-Berechnungsmittel). Die Vorgänge bei S42, S43 und S44 entsprechen einem Vorgang (Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsschritt) als Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel. Der Vorgang bei S45 entspricht einem Vorgang (Antriebsschritt) als Antriebsmittel.

[0080] Gemäß der vorstehend detailliert beschriebenen vorliegenden Ausführungsform, werden die nachfolgenden Vorteile erreicht. Hierbei sind lediglich Vorteile beschrieben, welche sich von diesen gemäß der ersten Ausführungsform unterscheiden.

- Der virtuelle Winkel θ_{vk} (Winkel θ_{ak}) nach dem virtuellen Betriebszyklus Tv jedes Servomotors kann basierend auf der virtuellen Position und Stellung PPv des Steuerpunkts nach dem virtuellen Betriebszyklus Tv (Betriebszyklus Tr) berechnet werden.
- Wenn die Maximalgeschwindigkeit V_{mx} aus den berechneten Geschwindigkeiten V_i der Überwachungsabschnitte höher als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} ist, wird der virtuelle Betriebszyklus Tv verkürzt, wobei der virtuelle Betriebszyklus Tv durch den Verhältniswert α dividiert wird. Daher können die virtuelle Position und Stellung PPv des Steuerpunkts unter Verwendung des verkürzten virtuellen Betriebszyklus Tv neu berechnet werden.

den. Folglich kann die Bewegungsgeschwindigkeit des Arms ungeachtet davon, ob ein PTP-Betrieb oder ein CP-Betrieb durchgeführt wird, ausreichend unterdrückt werden.

[0081] Die erste Ausführungsform und die zweite Ausführungsform können mit den nachfolgenden Modifikationen ausgeführt werden.

- Wenn das Verkürzen des virtuellen Betriebszyklus T_v dadurch, dass der virtuelle Betriebszyklus T_v durch den Verhältniswert α dividiert wird (S21 und S43), häufiger als eine vorbestimmte Anzahl wiederholend durchgeführt wird, kann die Steuerungsvorrichtung **40** (Antriebs-Verhinderungsmittel) das Antreiben jedes Servomotors verhindern. Die Steuerungsvorrichtung **30** (Steuerungsvorrichtung) des Roboters **10** soll die Winkelgeschwindigkeit ω_k und dergleichen jedes Servomotors berechnen und während des Betriebszyklus T_r einen Befehl ausgeben. Diesbezüglich kann bei den vorstehend beschriebenen Konfigurationen, wenn die Steuerungsvorrichtung **30** nicht in der Lage ist, die Winkelgeschwindigkeit ω_k und dergleichen jedes Servomotors während des Betriebszyklus T_r zu berechnen, das Antreiben der Servomotoren verhindert werden. Die vorbestimmte Anzahl, wie vorstehend erwähnt, kann beispielsweise auf etwa fünf eingestellt sein.

- Bei S19 in **Fig. 3** und S41 in **Fig. 5** wird ermittelt, ob die Maximalgeschwindigkeit V_{mx} höher als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} ist. Es kann jedoch ermittelt werden, ob die Maximalgeschwindigkeit V_{mx} höher als eine Ermittlungsgeschwindigkeit ist, die etwas höher als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} eingestellt ist. In diesem Fall kann die Geschwindigkeits-Unterdrückungssteuerung des Arms schnell abgeschlossen werden.

- Bei S21 in **Fig. 3** und S43 in **Fig. 5** wird der virtuelle Betriebszyklus T_v dadurch verkürzt, dass der virtuelle Betriebszyklus T_v durch den Verhältniswert α dividiert wird. Der virtuelle Betriebszyklus T_v kann jedoch dadurch verkürzt werden, dass der virtuelle Betriebszyklus T_v durch einen Wert dividiert wird, welcher etwas höher als der Verhältniswert α ist. Auch in diesem Fall kann die Geschwindigkeits-Unterdrückungssteuerung des Arms schnell abgeschlossen werden.

- Als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} werden 250 mm/s verwendet, was durch Standards, wie JIS oder ISO, vorgeschrieben ist. Als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} kann jedoch eine Geschwindigkeit verwendet werden, die etwas niedriger ist, wie 230 mm/s. In diesem Fall kann die Bewegungsgeschwindigkeit des Arms einfacher und zuverlässiger auf unter 250 mm/s reduziert werden.

(Dritte Ausführungsform)

[0082] Gemäß der ersten Ausführungsform und der zweiten Ausführungsform wird die Winkelgeschwindigkeit ω_k jedes Servomotors dadurch reduziert, dass der virtuelle Betriebszyklus T_v verkürzt wird. Gemäß einer dritten Ausführungsform wird die Winkelgeschwindigkeit ω_k jedes Servomotors jedoch dadurch reduziert, dass der Betriebszyklus T_r ausgedehnt wird. Nachfolgend ist im Wesentlichen der Unterschied zu der ersten Ausführungsform beschrieben.

[0083] **Fig. 6** ist ein Flussdiagramm des Vorgangs für eine Geschwindigkeits-Unterdrückungssteuerung, bei welcher die Bewegungsgeschwindigkeit des Arms des Roboters **10** auf die Referenzgeschwindigkeit oder niedriger gebracht bzw. gedrückt wird. Diese Abfolge von Vorgängen wird durch die Steuerungsvorrichtung **30** bei dem Betriebszyklus T_r wiederholend durchgeführt, über welchen der Arm betätigt wird. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist der Betriebszyklus T_r variabel.

[0084] Zunächst stellt die Steuerungsvorrichtung **30** einen korrigierten Betriebszyklus T_a auf den Betriebszyklus T_r ein (S51). Mit anderen Worten, die Steuerungsvorrichtung **30** stellt den Betriebszyklus T_r vor der Korrektur als den Initialwert des korrigierten Betriebszyklus T_a ein.

[0085] Nachfolgend erfasst die Steuerungsvorrichtung **30** den aktuellen Winkel θ_k jedes Servomotors (S52) und berechnet die aktuelle Position P_i jedes Überwachungsabschnitts (S53). Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet anschließend die Winkelgeschwindigkeit ω_k jedes Servomotors (S54). Die Vorgänge bei S52 bis S54 sind gleich den Vorgängen bei S12 bis S14 in **Fig. 3**.

[0086] Nachfolgend berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** den Winkel θ_a nach dem Betriebszyklus T_r jedes Servomotors (S55). Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet den Winkel θ_a nach dem Betriebszyklus T_r insbesondere unter Verwendung eines Ausdrucks $\theta_{ak} = \theta_k + \omega_k \times T_r$.

[0087] Nachfolgend berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** die Position P_{ai} nach dem Betriebszyklus T_r jedes Überwachungsabschnitts (S56). In einer ähnlichen Art und Weise zu dem Vorgang bei S13 in **Fig. 3** berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** die Position P_{ai} nach dem Betriebszyklus T_r jedes Überwachungsabschnitts insbesondere basierend auf dem Winkel θ_{ak} nach dem Betriebszyklus T_r jedes Servomotors und der Größe jedes Drehelements.

[0088] Nachfolgend berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** die Geschwindigkeit V_i jedes Überwa-

chungsabschnitts (S57). Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet die Geschwindigkeit V_i insbesondere durch Dividieren der Strecke zwischen der aktuellen Position P_i jedes Überwachungsabschnitts und der Position P_{ai} nach dem Betriebszyklus T_r durch den Betriebszyklus T_r .

[0089] Nachfolgend berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** die Maximalgeschwindigkeit V_{mx} , welche der höchsten Geschwindigkeit V_i aus den Geschwindigkeiten V_i der Überwachungsabschnitte entspricht (S58). Die Steuerungsvorrichtung **30** ermittelt, ob die Maximalgeschwindigkeit V_{mx} höher als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} ist (S59). Die Vorgänge bei S58 und S59 sind gleich den Vorgängen bei S18 und S19 in Fig. 3.

[0090] Wenn durch die Ermittlung bei S59 ermittelt wird, dass die Maximalgeschwindigkeit V_{mx} höher als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} ist (Ja bei S59), berechnet die Steuerungsvorrichtung **30** den Wert α des Verhältnisses der Maximalgeschwindigkeit V_{mx} und der Referenzgeschwindigkeit V_{lm} (S60). Die Steuerungsvorrichtung **30** stellt als den korrigierten Betriebszyklus T_a einen Wert ein, welcher durch Multiplizieren des Betriebszyklus T_r mit dem Verhältniswert α erhalten wird. Anschließend führt die Steuerungsvorrichtung **30** unter Verwendung des korrigierten Betriebszyklus T_a , welcher länger als der Betriebszyklus T_r ist, den Vorgang bei S62 durch.

[0091] Wenn durch die Ermittlung bei S59 hingegen ermittelt wird, dass die Maximalgeschwindigkeit V_{mx} nicht höher als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} ist (Nein bei S59), führt die Steuerungsvorrichtung **30** den Vorgang bei S62 durch. Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet die Winkelgeschwindigkeit w_k jedes Servomotors basierend auf dem korrigierten Betriebszyklus T_a (S62). Die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet die Winkelgeschwindigkeit w_k insbesondere unter Verwendung eines Ausdrucks $w_k \leftarrow w_k \times T_r/T_a$. Mit anderen Worten, die Steuerungsvorrichtung **30** berechnet die Winkelgeschwindigkeit w_k jedes Servomotors derart, dass jeder Servomotor zu dem Winkel θ_{ak} jedes Servomotors nach dem korrigierten Betriebszyklus T_a angetrieben wird. Wenn der korrigierte Betriebszyklus T_a ausgehend von dem Betriebszyklus T_r nicht ausgedehnt ist, wird die Winkelgeschwindigkeit w_k aufrechterhalten.

[0092] Nachfolgend treibt die Steuerungsvorrichtung **30** jeden Servomotor bei dem korrigierten Betriebszyklus T_a mit der berechneten Winkelgeschwindigkeit w_k jedes Servomotors an (S63). Die Steuerungsvorrichtung **30** beendet dann temporär diese Abfolge von Vorgängen (Ende).

[0093] Der Vorgang bei S54 entspricht einem Vorgang (Winkelgeschwindigkeits-Berechnungsschritt) als Winkelgeschwindigkeits-Berechnungsmittel. Der

Vorgang bei S55 entspricht einem Vorgang als Winkel-Berechnungsmittel. Die Vorgänge bei S53 bis S57 entsprechen einem Vorgang (Geschwindigkeits-Berechnungsschritt) als Geschwindigkeits-Berechnungsmittel. Die Vorgänge bei S60, S61 und S62 entsprechen einem Vorgang (Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsschritt) als Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel. Der Vorgang bei S63 entspricht einem Vorgang (Antriebsschritt) als Antriebsmittel.

[0094] Gemäß der vorstehend detailliert beschriebenen vorliegenden Ausführungsform werden die nachfolgenden Vorteile erreicht. Hier sind lediglich Vorteile beschrieben, welche sich von diesen gemäß der ersten Ausführungsform unterscheiden.

- Der Winkel θ_{ak} jedes Servomotors nach dem Betriebszyklus T_r wird berechnet. Anschließend kann die Geschwindigkeit V_i des bei jedem Drehelement eingerichteten Überwachungsabschnitts basierend auf dem aktuellen Winkel θ_k jedes Servomotors, dem berechneten Winkel θ_{ak} nach dem Betriebszyklus T_r jedes Servomotors und der Größe jedes Drehelements berechnet werden. Die aktuelle Position P_i jedes Überwachungsabschnitts kann insbesondere basierend auf dem aktuellen Winkel θ_k jedes Servomotors und der Größe jedes Drehelements berechnet werden. Die Position P_{ai} nach dem Betriebszyklus T_r jedes Überwachungsabschnitts kann basierend auf dem Winkel θ_{ak} nach dem Betriebszyklus T_r jedes Servomotors und der Größe jedes Drehelements berechnet werden. Die Geschwindigkeit V_i kann dadurch berechnet werden, dass die Strecke zwischen der aktuellen Position P_i jedes Überwachungsabschnitts und der Position P_{ai} nach dem Betriebszyklus T_r durch den Betriebszyklus T_r dividiert wird.
- Wenn die Maximalgeschwindigkeit V_{mx} aus den berechneten Geschwindigkeiten V_i der Überwachungsabschnitte höher als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} ist, wird der Betriebszyklus T_r hin zu dem korrigierten Betriebszyklus T_a ausgedehnt, welcher dadurch erhalten wird, dass der Betriebszyklus T_r mit dem Verhältniswert α multipliziert wird. Dann wird die Winkelgeschwindigkeit w_k jedes Servomotors derart reduziert, dass jeder Servomotor zu dem berechneten Winkel θ_{ak} jedes Servomotors nach dem korrigierten Betriebszyklus T_a angetrieben wird. Daher kann als Folge davon, dass der Betriebszyklus ausgedehnt wird und die Servomotoren zu dem berechneten Winkel θ_{ak} jedes Servomotors angetrieben werden, welcher berechnet wurde, die Winkelgeschwindigkeiten w_k sämtlicher Servomotoren kollektiv reduziert werden.
- Im Wesentlichen kann die Winkelgeschwindigkeit w_k jedes Servomotors einfach und geeignet reduziert werden, da die Winkelgeschwindigkeit w_k jedes Servomotors dadurch reduziert wird, dass die berechnete Winkelgeschwindigkeit w_k

jedes Servomotors durch den Verhältniswert α dividiert wird.

- Bei einer Konfiguration, bei welcher eine Betriebs-Zielposition korrigiert wird, wie beim Stand der Technik, kann die Bewegungsbahn verändert werden, wenn die Betriebs-Bewegungsbahn einer Kurve entspricht. Diesbezüglich kann bei der Konfiguration, bei welcher der Betriebszyklus ausgedehnt ist, wie vorstehend beschrieben, die Betriebs-Bewegungsbahn aufrechterhalten werden.

[0095] Die Dritte Ausführungsform kann mit den nachfolgenden Modifikationen ausgeführt werden.

[0096] Bei S61 in **Fig. 6** wird der Betriebszyklus T_r dadurch ausgedehnt, dass der Betriebszyklus T_r mit dem Verhältniswert α multipliziert wird. Der Betriebszyklus T_r kann jedoch dadurch ausgedehnt werden, dass der Betriebszyklus T_r mit einem Wert multipliziert wird, welcher etwas höher als der Verhältniswert α ist. Zusätzlich werden als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} 250 mm/s verwendet, was durch Standards, wie JIS oder ISO, vorgeschrieben ist. Als die Referenzgeschwindigkeit V_{lm} kann jedoch eine Geschwindigkeit verwendet werden, die etwas niedriger ist, wie 230 mm/s. In diesen Fällen kann die Bewegungsgeschwindigkeit des Arms leichter und zuverlässiger auf unter 250 mm/s reduziert werden.

[0097] Gemäß jeder Ausführungsform kann anstelle des vertikalen Gelenkroboters **10** ein horizontaler Gelenkroboter oder dergleichen verwendet werden.

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 3994487 [0002]

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Steuerung eines Roboters, welcher einen Arm mit einer Mehrzahl von Drehelementen, einer Mehrzahl von Gelenken, die jeweils zwei benachbarte Drehelemente der Drehelemente drehbar miteinander verbinden, und einer Mehrzahl von elektrischen Servomotoren, welche die Gelenke entsprechend antreiben, um die Drehelemente zu rotieren, besitzt, wobei die Vorrichtung aufweist:

Winkelgeschwindigkeits-Berechnungsmittel zum Berechnen einer Winkelgeschwindigkeit bei jedem Betriebszyklus, mit welcher jeder der Servomotoren anzutreiben ist;

Geschwindigkeits-Berechnungsmittel zum Berechnen einer Geschwindigkeit eines Überwachungsabschnitts, welcher bei jedem der Drehelemente eingerichtet ist;

Ermittlungsmittel zum Ermitteln, ob die durch die Geschwindigkeits-Berechnungsmittel berechnete Geschwindigkeit bei dem Überwachungsabschnitt kleiner oder gleich einer Referenzgeschwindigkeit ist;

Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel zum Anweisen, dass sich die Winkelgeschwindigkeit von jedem der Servomotoren in einer Art und Weise reduziert, dass die Geschwindigkeit bei jedem der Überwachungsabschnitte, welche durch die Geschwindigkeits-Berechnungsmittel berechnet wird, gleich der Referenzgeschwindigkeit oder niedriger als die Referenzgeschwindigkeit wird, wenn durch die Ermittlungsmittel ermittelt wird, dass sich die Geschwindigkeit bei dem Überwachungsabschnitt über der Referenzgeschwindigkeit befindet; und

Antriebsmittel zum Antreiben der Servomotoren mit der Winkelgeschwindigkeit, welche durch die Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel reduziert wurde.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, mit Winkel-Berechnungsmitteln zum Berechnen eines Winkels von jedem der Servomotoren zu jedem Betriebszyklus, wobei die Geschwindigkeits-Berechnungsmittel die Geschwindigkeit des Überwachungsabschnitts bei jedem der Drehelemente basierend auf dem aktuellen Winkel von jedem der Servomotoren, einem zu einer Zeit vorgesehenen Winkel von jedem der Servomotoren, wenn der aktuelle Betriebszyklus verstreicht, welcher durch die Winkel-Berechnungsmittel gegenwärtig berechnet wird, und einer Größe von jedem der Drehelemente berechnen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Geschwindigkeits-Berechnungsmittel eine aktuelle Position von jedem der Überwachungsabschnitte basierend auf dem aktuellen Winkel von jedem der Servomotoren und der Größe von jedem der Drehelemente berechnen, die Position von jedem der Überwachungsabschnitte zu einer Zeit, wenn der aktuelle Betriebszyklus verstreicht, basierend auf dem zu einer Zeit vorgesehenen Winkel von jedem der Servomotoren, wenn der ak-

tuelle Betriebszyklus verstreicht, der durch die Winkel-Berechnungsmittel berechnet wird, und der Größe von jedem der Drehelemente berechnen, und die Geschwindigkeit durch Dividieren einer Strecke zwischen der aktuellen Position von jedem der Überwachungsabschnitte und einer Position davon zu einer Zeit, wenn der aktuelle Betriebszyklus verstreicht, durch den Betriebszyklus berechnen.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Überwachungsabschnitte einen Überwachungsabschnitt umfassen, welcher bei einem Teil eines bestimmten Drehelements eingerichtet ist, wobei das bestimmte Drehelement zumindest einem aus den Drehelementen entspricht und rotiert wird, wobei der bei dem Teil des bestimmten Drehelements eingerichtete Überwachungsabschnitt demjenigen entspricht, welcher von dem Gelenk am weitesten entfernt liegt, bei welchem das bestimmte Drehelement rotiert.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel die Reduktion der Winkelgeschwindigkeiten der Servomotoren basierend auf Verhältnissen zwischen einer Maximalgeschwindigkeit aus den Geschwindigkeiten der Überwachungsabschnitte, welche durch die Geschwindigkeits-Berechnungsmittel berechnet werden, und der Referenzgeschwindigkeit anweisen.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel die Reduktion der Winkelgeschwindigkeiten der Servomotoren durch Dividieren der Winkelgeschwindigkeiten der Servomotoren, welche durch die Winkelgeschwindigkeits-Berechnungsmittel berechnet werden, durch die Verhältnisse anweisen.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, aufweisend Berechnungsmittel für einen virtuellen Winkel zum Berechnen eines virtuellen Winkels von jedem der Servomotoren bei jedem virtuellen Betriebszyklus; und

Berechnungsmittel für eine virtuelle Geschwindigkeit zum Berechnen einer virtuellen Geschwindigkeit des Überwachungsabschnitts von jedem der Drehelemente basierend auf dem aktuellen Winkel von jedem der Servomotoren, dem virtuellen Winkel von jedem der Servomotoren, welcher vorgesehen ist, wenn der aktuelle virtuelle Betriebszyklus verstreicht, und welcher durch die Berechnungsmittel für den virtuellen Winkel berechnet wird, und einer Größe von jedem der Drehelemente,

wobei die Ermittlungsmittel ermitteln, ob eine Maximalgeschwindigkeit der virtuellen Geschwindigkeiten bei den Überwachungsabschnitten kleiner oder gleich der Referenzgeschwindigkeit ist, und die Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel den virtuellen Betriebszyklus durch Dividieren des virtuellen Betriebszyklus durch die Verhältnisse verkürzen,

wenn ermittelt wird, dass die Maximalgeschwindigkeit höher als die Referenzgeschwindigkeit ist, und die Servomotoren anweisen, bei jedem Betriebszyklus zu den durch die Berechnungsmittel für den virtuellen Winkel berechneten virtuellen Winkeln angetrieben zu werden, wenn ermittelt wird, dass die Maximalgeschwindigkeit niedriger als die Referenzgeschwindigkeit ist.

den Ermittlungsschritt ermittelt wird, dass sich die Geschwindigkeit bei dem Überwachungsabschnitt über der Referenzgeschwindigkeit befindet; und Antreiben der Servomotoren mit der Winkelgeschwindigkeit, welcher durch den Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsschritt reduziert wurde.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, mit Antriebs-Verhinderungsmitteln zum Verhindern, dass die Antriebsmittel die Servomotoren antreiben, wenn die Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel das Verkürzen des virtuellen Betriebszyklus häufiger als eine vorbestimmte Anzahl wiederholen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, mit Winkel-Berechnungsmitteln zum Berechnen eines Winkels von jedem der Servomotoren bei jedem Betriebszyklus, wobei die Ermittlungsmittel ermitteln, ob eine Maximalgeschwindigkeit der Geschwindigkeiten bei den Überwachungsabschnitten kleiner oder gleich der Referenzgeschwindigkeit ist, und die Winkelgeschwindigkeits-Reduktionsmittel die Winkelgeschwindigkeiten der Servomotoren derart anweisen, dass der Betriebszyklus durch Multiplizieren des Betriebszyklus mit den Verhältnissen ausgedehnt wird, und die Servomotoren derart angewiesen werden, dass diese zu jedem ausgedehnten Betriebszyklus zu den durch die Winkel-Berechnungsmittel berechneten Winkeln angetrieben werden, wenn ermittelt wird, dass die Maximalgeschwindigkeit höher als die Referenzgeschwindigkeit ist.

10. Verfahren zur Steuerung eines Roboters, welcher einen Arm mit einer Mehrzahl von Drehelementen, einer Mehrzahl von Gelenken, die jeweils zwei benachbarte Drehelemente der Drehelemente drehbar miteinander verbinden, und einer Mehrzahl von elektrischen Servomotoren, welche die Gelenke entsprechend antreiben, um die Drehelemente zu rotieren, besitzt, wobei das Verfahren die nachfolgenden Schritte aufweist:

Berechnen einer Winkelgeschwindigkeit bei jedem Betriebszyklus, mit welcher jeder der Servomotoren anzutreiben ist;

Berechnen einer Geschwindigkeit eines Überwachungsabschnitts, welcher bei jedem der Drehelemente eingerichtet ist;

Ermitteln, ob die durch den Geschwindigkeits-Berechnungsschritt berechnete Geschwindigkeit bei dem Überwachungsabschnitt kleiner oder gleich einer Referenzgeschwindigkeit ist;

Anweisen der Winkelgeschwindigkeit von jedem der Servomotoren in einer Art und Weise, dass diese abnimmt, so dass die durch den Geschwindigkeits-Berechnungsschritt berechnete Geschwindigkeit bei jedem der Überwachungsabschnitte gleich der Referenzgeschwindigkeit oder niedriger wird, wenn durch

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

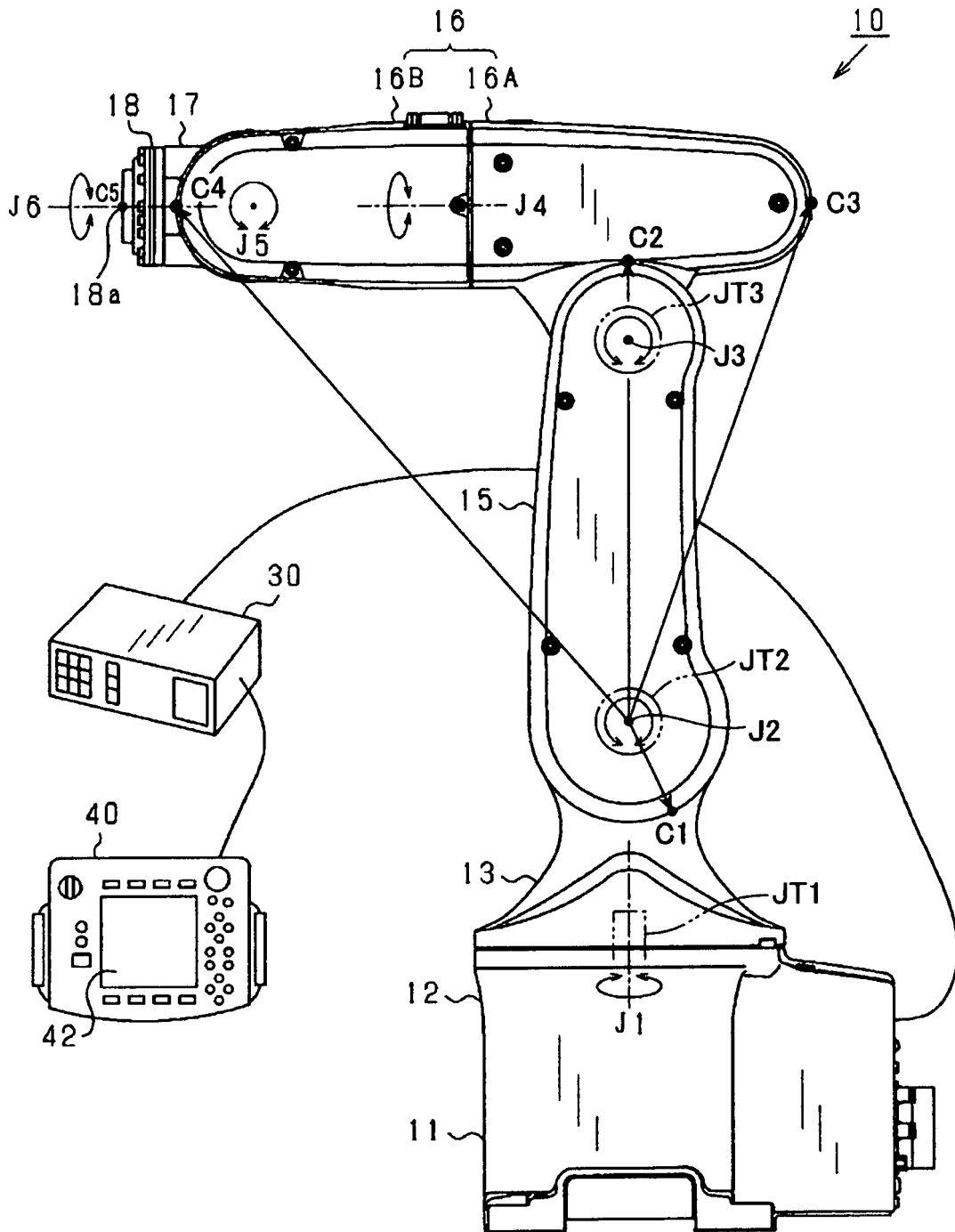


FIG.3

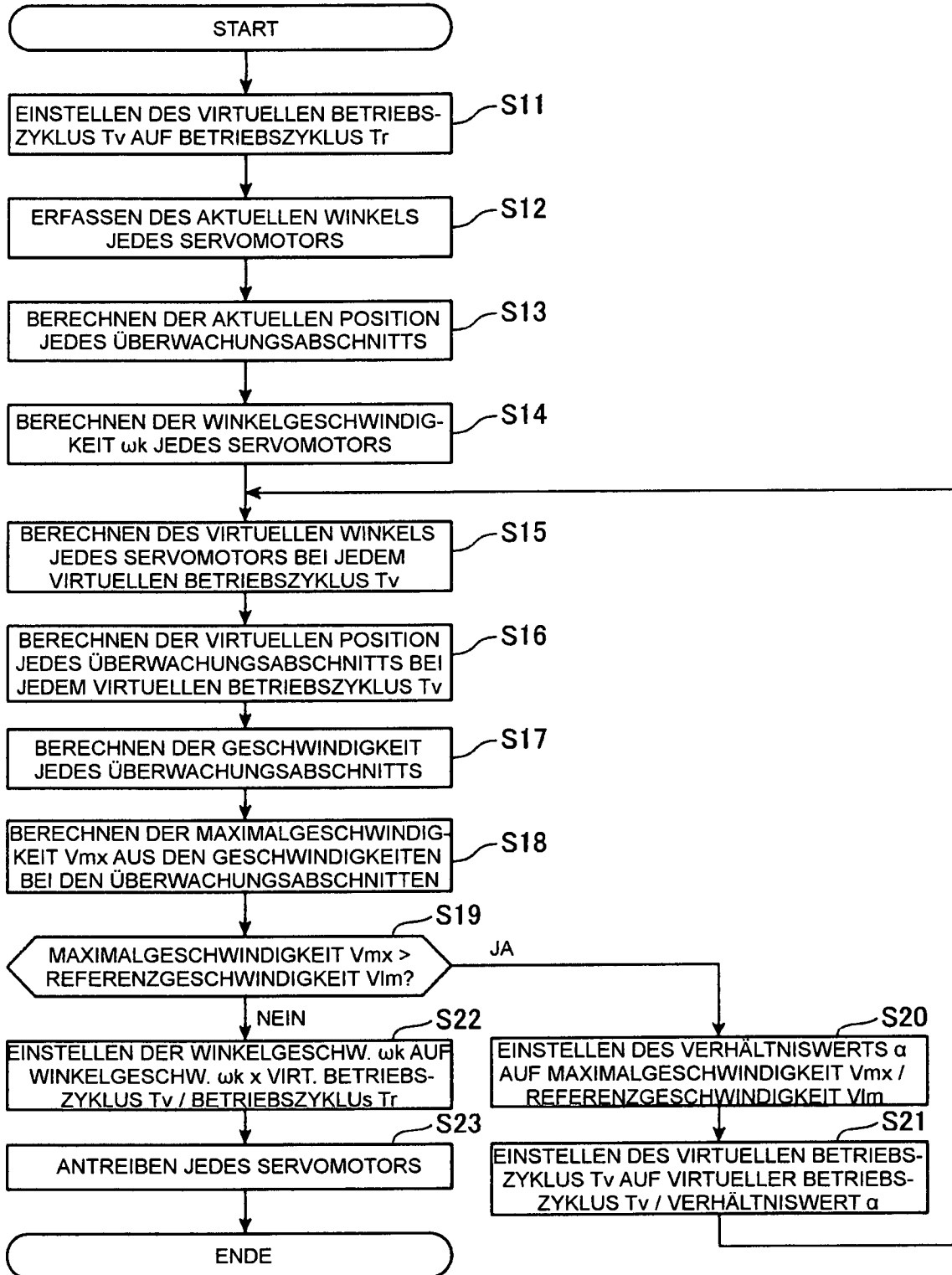


FIG.4

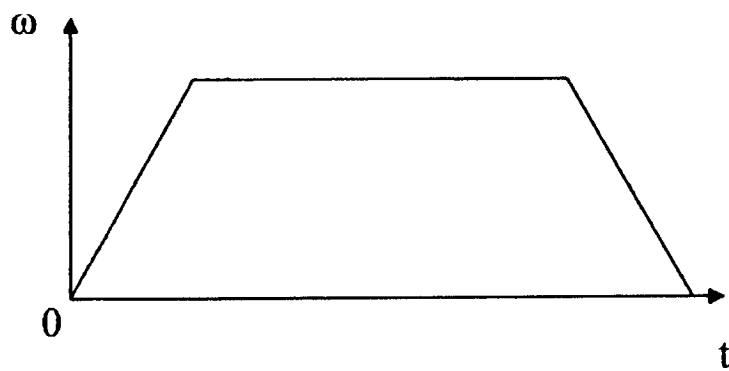


FIG.5

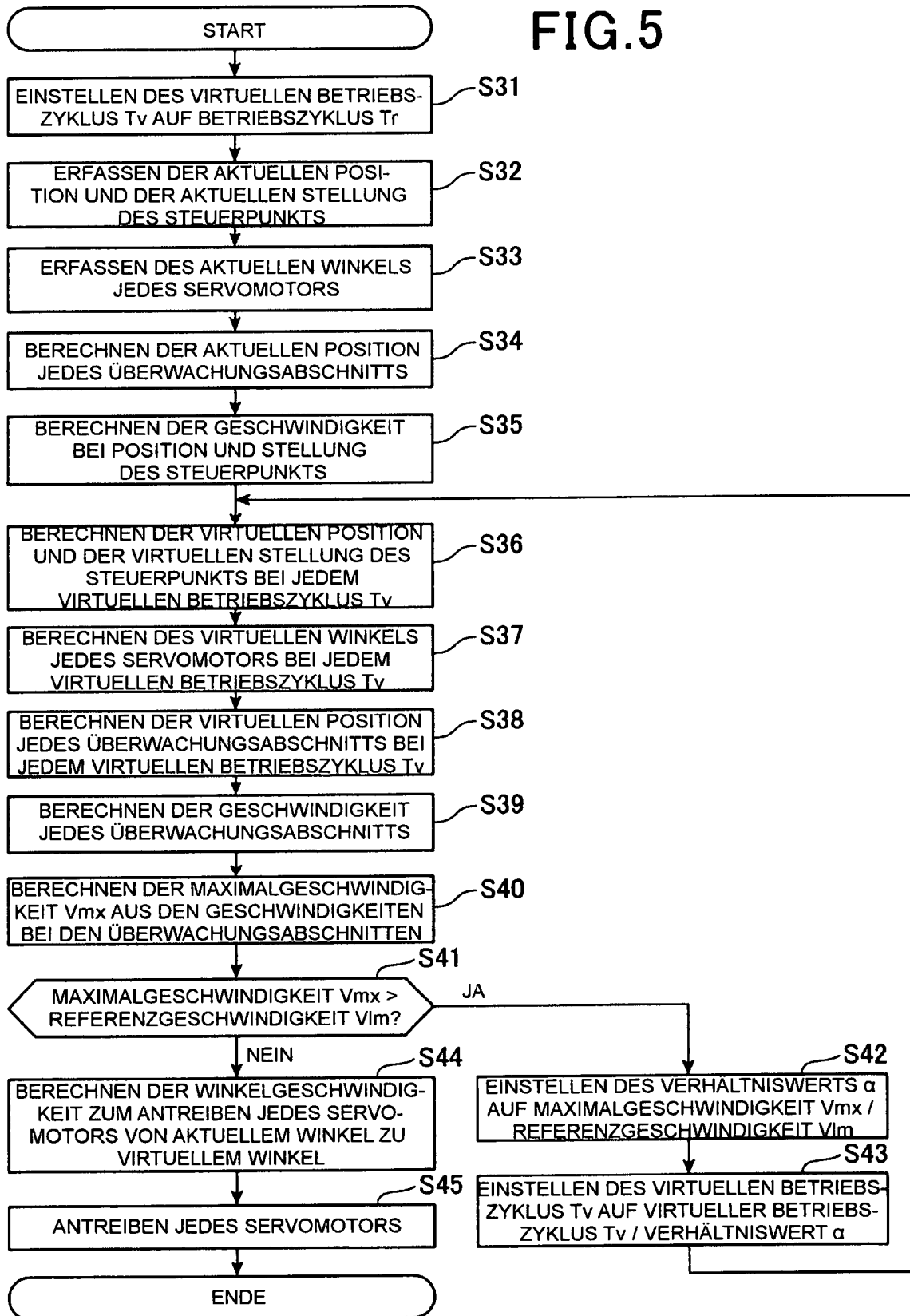


FIG.6

