



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 008 903 A1** 2008.08.28

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 008 903.3**

(22) Anmeldetag: **23.02.2007**

(43) Offenlegungstag: **28.08.2008**

(51) Int Cl.⁸: **B25J 9/18** (2006.01)

(71) Anmelder:

ABB Technology AG, Zürich, CH

(74) Vertreter:

Miller, T., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 68526 Ladenburg

(72) Erfinder:

**Dai, Fan, Dr.-Ing. habil., 64673 Zwingenberg, DE;
Frohberger, Anke, Dipl.-Math. Techn., 68169
Mannheim, DE; Matthias, Björn, Dr., 76669 Bad
Schönborn, DE; Unger, Joachim, 68259
Mannheim, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 36 35 076 C2

DE 198 14 779 A1

DE 101 33 624 A1

US 55 79 444 A

US 55 79 444 A

US 49 07 169 A

EP 03 70 682 A2

EP 03 70 682 A2

EP 02 66 070 B1

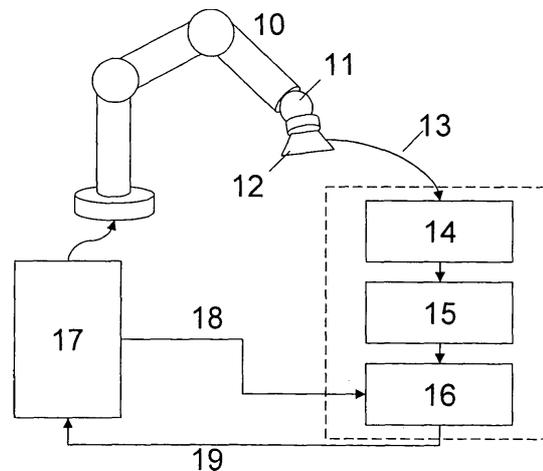
WO 05/0 39 836 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Einrichtung zum Steuern eines Roboters**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Steuern eines Roboters (10), mit einer Robotersteuereinheit (17), mit wenigstens einer am Roboter angebrachten digitalen Kamera (12), deren Ausgangssignale einer Bilderfassungseinheit (14) zuführbar sind. Die Ausgangssignale der mit der Kamera (12) verbundenen Bilderfassungseinheit sind einer mit dieser verbundenen Bildverarbeitungseinrichtung (15) zuführbar. Mit einer Koordinatentransformationseinrichtung (16), in der die von der Bildverarbeitungseinheit (15) und der Robotersteuereinheit (17) herkommenden Signale zu Robotersteuersignalen verarbeitet und transformiert werden, sind wieder der Robotersteuereinheit (17) zuführbar.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Steuern eines Roboters.

[0002] Roboter werden eingesetzt zur Bearbeitung von Werkstücken, insbesondere z. B. zum Bearbeiten von Kraftfahrzeugkarosserien, beispielsweise zum Verschweißen oder Lackieren der Karosserien. Zu diesem Zweck ist es erforderlich, dem Roboter einen Bewegungsablauf vorzugeben, d. h. den gewünschten Bewegungsablauf in eine Robotersteuerungseinheit einzugeben, so dass der Roboterarm bzw. das daran befestigte Werkstück die Karosserie in der vorgegebenen Weise bearbeitet.

[0003] Bei der Bearbeitung kann es vorkommen, dass die Lage und/oder Form des Werkstücks nicht genau der Lage und/oder Form des Werkstücks entsprechen, die theoretisch vorgegeben sein sollen, z. B. kann es sein, dass Kanten zweier miteinander zu verschweißender Blechstücke nicht exakt in der vorgegebenen Linie liegen, sondern schräg dazu oder beide Kanten können einen Winkel untereinander bilden.

[0004] Damit derartige Ungenauigkeiten in Form und/oder Lage das Bearbeitungsergebnis nicht beeinträchtigen, ist ein Sensorsystem vorzuziehen, das die tatsächlichen Gegebenheiten erfasst und den Roboter entsprechend ansteuert.

[0005] Die Positionsgenauigkeit eines Roboters an sich ist ausreichend, so dass dessen Toleranzen eher vernachlässigbar sind. Andererseits kann es in seltenen Fällen doch vorkommen, dass die Positionsgenauigkeit nicht optimal ist. Dieses kann – in gleicher Weise – mit solchen oben beschriebenen Sensoren ebenfalls erfasst und korrigiert werden. Dennoch richtet sich das Hauptaugenmerk eher auf Ungenauigkeiten und Abweichungen der Lage und/oder Form eines zu bearbeitenden Werkstücks.

[0006] Eine Methode besteht darin, mittels einer digitalen Kamera die tatsächliche Lage und/oder Form des Werkstückes aufzunehmen und die Signale in einer Bilderfassungs- und Bildverarbeitungseinrichtung zu erfassen und zu verarbeiten sowie diese Signale der Robotersteuerungseinheit zuzuführen, so dass der Roboter nach Vergleich der Istwerte mit den Sollwerten der Bewegung angesteuert werden kann.

[0007] Hierbei ist es erforderlich, die Position der Kamera zu kennen. Wenn die Kamera am Roboter angebracht ist, wird sich ihre Position im Raume entsprechend der Bewegung des Roboters ändern, so dass es notwendig ist, den aktuellen Werkzeugmittelpunkt zu kennen. Das Steuerverfahren bei bekannten Einrichtungen geschieht wie folgt:
Der Roboter bewegt sich um eine bestimmte Strecke,

hält an, wobei ein Bild aufgenommen wird, das verarbeitet wird, während sich der Roboter zur nächsten Bilderfassungsstelle weiterbewegt. Das bedeutet, dass nur diskrete Punkte bei der Steuerung eines Roboters betrachtet werden können und die Anwendungszykluszeit nicht weiter reduziert werden kann.

[0008] Anstatt einer digitalen Kamera können auch andere Sensoren verwendet werden, mit denen die genannten Messungen erfolgen können. Dabei ist auch hier festzuhalten, dass nur diskrete Punkte bei der Steuerung eines Roboters erfasst werden können, wodurch auch die Anwendungszykluszeit nicht weiter reduziert werden kann.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Einrichtung der Eingangs genannten Art weiter zu verbessern, dass die Zykluszeit weiter reduziert werden kann.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0011] Die Erfindung besteht demgemäß darin, dass die Einrichtung zum Steuern eines Roboters, mit einer Robotersteuerungseinheit, mit wenigstens einem am Roboter angebrachten Signale erzeugenden Sensor, dessen Ausgangssignale einer Signalerfassungseinheit zuführbar sind, wobei die Ausgangssignale der mit dem wenigstens einen Sensor verbundenen Signalerfassungseinheit einer mit dieser verbundenen Signalverarbeitungseinrichtung zuführbar sind, und mit einer Koordinatentransformationseinrichtung, in der die von der Signalbildverarbeitungseinrichtung und der Robotersteuerungseinheit herkommenden Signale zu Robotersteuersignalen verarbeitet werden, die wiederum der Robotersteuerungseinheit zum Steuern der Roboterbewegung zuführbar sind, versehen ist, wobei die von der Robotersteuerungseinheit der Koordinatentransformationseinrichtung zugeführten Signale Echtzeitroboterdatensignale sind.

[0012] Wesentlich hierbei ist, dass die Bewegungsdaten des Roboters bzw. die Bewegungsdaten des Werkzeugzentralpunktes in Echtzeit der Signalerfassungseinheit und/oder der Bildverarbeitungseinrichtung zugeführt werden.

[0013] Die Einrichtung zum Steuern eines Roboters wird demgemäß aus einer Robotersteuerungseinheit, vorzugsweise wenigstens einer am Roboter angebrachten Kamera, deren Ausgangssignale einer Bilderfassungseinheit zuführbar sind, wobei die Ausgangssignale der mit der Kamera verbundenen Bilderfassungseinheit einer mit der Bilderfassungseinrichtung verbundenen Bildverarbeitungseinrichtung zuführbar sind, und aus einer Koordinatentransformationseinrichtung gebildet, in der die von der Bildverarbeitungseinrichtung und der Robotersteuerungseinheit herkommenden Signale zu Robotersteuersignalen ver-

arbeitet werden, die wiederum der Robotersteuereinheit zum Steuern der Roboterbewegung bzw. des Werkzeuges zugeführt werden, wobei die von der Robotersteuereinheit an die Koordinatentransformationseinheit über eine Signalleitung zugeführten Signale Echtzeitroboterdatensignale sind.

[0014] Die Robotersteuereinheit mit der Echtzeitroboterdatenschnittstelle erzeugt vorhergesehene und optional aktuelle Daten des Werkzeugzentralpunktes des Roboters mit korrespondierenden Zeitmarkierungen. Diese Daten werden innerhalb der Robotersteuereinheit mit hoher Genauigkeit und hohen Update-Raten berechnet. Die Kamera wird durch den Roboter gehalten und mit der Bildverarbeitungseinheit verbunden, welche erfindungsgemäß aus drei Untereinheiten besteht:

- Bilderfassungseinheit
- Bildverarbeitungseinrichtung
- Koordinatentransformationseinrichtung oder -einheit.

[0015] Die Bildverarbeitungseinrichtung, beispielsweise als Computerprogrammprodukt ausgestaltet, kann sich auf einem externen Computer oder innerhalb der Robotersteuereinheit befinden aber auch Teil der Kamera sein. Sie kommuniziert mit den Robotersteuersoftwaremodulen über die oben genannte Echtzeitroboterdatenschnittstelle.

[0016] Wenn die Bildverarbeitungseinrichtung oder -einheit nicht Teil der Robotereinheit ist, dann müssen die Systemzeiten der Robotereinheit und ggf. externen Rechneinheit synchronisiert werden; es besteht natürlich auch die Möglichkeit, dass die Synchronisierung auf einer gemeinsamen Zeitreferenz basiert. Dies kann mit an sich bekannten Verfahren bewirkt werden.

[0017] Die Bilderfassung kann getriggert oder ungetriggert sein. Im ersteren Falle, wenn die Bilderfassung getriggert durchgeführt wird, wird zu jedem Zeitpunkt der Bilderfassung ein Triggersignal (entweder digital oder analog) empfangen, welches durch den Roboter oder andere Vorrichtung erzeugt werden kann. Wenn die Bilderfassung ungetriggert erfolgt, dann führt die Bildverarbeitungseinrichtung die Bildverarbeitung während jeder internen Prozessschleife durch.

[0018] Während der Bilderfassung wird die aktuelle Zeit aufgenommen und den Bilddaten und allen folgenden dem Bild zugehörigen Daten zugeordnet.

[0019] Die von der Kamera in die Bilderfassungseinheit übertragenen Signale sind entsprechend dem Koordinatensystem der Kamera einander zugeordnet, wobei das Bildkoordinatensystem ein zweidimensionales Koordinatensystem ist, wogegen je nach Anordnung einer Kamera ggf. mit einer Ab-

standsmessung oder zweier in geeigneter Weise einander zugeordneter Kameras auch ein dreiachsiges, räumliches Koordinatensystem eingesetzt werden kann. Sind mehrere Kameras vorgesehen, sind die Bilder in einem gemeinsamen Gesamtkoordinatensystem eingerichtet, so dass einfach bestimmt werden kann, wo sich das Objekt befindet. Diese in der Bildverarbeitungseinrichtung erzeugten zweidimensionalen oder dreidimensionalen Daten werden in der Koordinatentransformationseinrichtung in solche Koordinaten umgerechnet, die dem Roboter zugeordnet sind, so dass die Robotersteuereinheit in der Lage ist, die Ausgangssignale der Koordinatentransformationseinrichtung aufzunehmen und weiter zu verarbeiten. Koordinatentransformationen werden nach an sich bekannten Methoden durchgeführt, so dass sie hier nicht näher beschrieben werden sollen.

[0020] Von Bedeutung ist die Position der Kamera zum Zeitpunkt der Bilderfassung, welche durch Interpolation berechnet werden kann, in dem man die vorhergesagten Roboterwerkzeugzentralpunktdaten benutzt. Optional können die aktuellen Roboterwerkzeugzentralpunktdaten verwendet werden, um zusätzlich eine verbesserte Annäherung zu erhalten.

[0021] Diese Stellungen bzw. Positionen können durch eine Prozesssteuereinheit genutzt oder zu der Robotersteuereinheit für die weitere Bearbeitung verwendet werden, d. h. für eine Regelung des Roboters.

[0022] Zur Erfassung der Lage und/oder Form, beispielsweise des Werkstückes, welches von dem Roboter bearbeitet wird, können z. B. eine Kamera mit einem Abstandssensor verwendet werden, wodurch die Lage des Objektes im Raum bestimmt werden kann. Darüber hinaus können auch zwei Kameras eingesetzt werden, die eine dreidimensionale Bilderfassung ermöglichen. Es besteht natürlich auch die Möglichkeit andere Sensoren mit Abstandsmesseinrichtungen zu verwenden, mit denen die Lage und/oder Form des zu bearbeitenden Werkstückes im Raum festgestellt werden kann.

[0023] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Verbesserungen der Erfindung sind den weiteren Unteransprüchen zu entnehmen.

[0024] Anhand der Zeichnung, in der ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt ist, sollen die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung näher erläutert und beschrieben werden.

[0025] Es zeigt:

[0026] Einzige Fig. eine schematische Flussbilddarstellung der erfindungsgemäßen Einrichtung.

[0027] Ein Roboter **10** trägt am freien Ende seines beweglichen Armes **11** eine digitale Kamera **12**, deren Ausgangssignale über eine Signalleitung **13** einer Bilderfassungseinheit **14** zugeführt werden. Die Ausgangssignale der Bilderfassungseinheit **14** werden einer Bildverarbeitungseinrichtung **15** zugeführt, deren Ausgangssignale einer Koordinatentransformationseinheit **16** weitergeleitet werden.

[0028] Der Roboter **10** wird von einer Robotersteuereinheit **17** gesteuert, der an die Koordinatentransformationseinheit **16** über eine erste Signalleitung **18** Realzeitroboterdaten übermittelt. Die Signale, die von der Bildverarbeitungseinrichtung **15** und von der Robotersteuerung **17** der Koordinatentransformationseinheit **16** zugeführt werden, werden dort verarbeitet, in vom Roboter lesbare oder interpretierbare Koordinaten transformiert und über eine zweite Signalleitung **19** der Robotersteuereinheit **17** zugeführt, wodurch ein Regelkreis für die Robotersteuerung hergestellt ist.

[0029] Die Signalleitungen **13**, **18**, und **19** können durch Verbindungsleitungen gebildet sein; es können auch Busverbindungen verwendet werden oder interne Datenverbindungen.

[0030] Sie sollten hier nur andeuten, dass bestimmte Signale von einem Ausgang einer Einheit zu dem Eingang der nächstgelegenen Einheit übertragen werden.

Robotersteuersignalen verarbeitet werden, die wiederum der Robotersteuereinheit (**17**) zum Steuern der Roboterbewegung zuführbar sind, wobei die von der Robotersteuereinheit (**17**) der Koordinatentransformationseinheit (**16**) zugeführten Signale Echtzeitroboterdatensignale sind.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Sensor eine digitale Kamera dient, dass die Signalerfassungseinheit (**14**) eine Bilderfassungseinheit und die Signalverarbeitungseinrichtung (**15**) eine Bildverarbeitungseinrichtung ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kamera mit einem Abstandsmesselement gekoppelt ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Bezugszeichenliste

| | |
|-----------|--|
| 10 | Roboter |
| 11 | beweglicher Arm |
| 12 | digitale Kamera |
| 13 | Signalleitung |
| 14 | Bilderfassungseinheit |
| 15 | Bildverarbeitungseinrichtung |
| 16 | Koordinatentransformationseinrichtung oder -einheit |
| 17 | Robotersteuereinheit |
| 18 | erste Signalleitung |
| 19 | zweite Signalleitung |

Patentansprüche

1. Einrichtung zum Steuern eines Roboters (**10**), mit einer Robotersteuereinheit (**17**), mit wenigstens einem am Roboter (**10**) angebrachten Signale erzeugenden Sensor (**12**), dessen Ausgangssignale einer Signalerfassungseinheit (**14**) zuführbar sind, wobei die Ausgangssignale der mit dem wenigstens einen Sensor (**12**) verbundenen Signalerfassungseinheit einer mit dieser verbundenen Signalverarbeitungseinrichtung (**15**) zuführbar sind, und mit einer Koordinatentransformationseinrichtung (**16**), in der die von der Signalverarbeitungseinrichtung (**15**) und der Robotersteuereinheit (**17**) herkommenden Signale zu

Anhängende Zeichnungen

