

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : B25J 9/16	A3	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/60452 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 25. November 1999 (25.11.99)
--	----	---

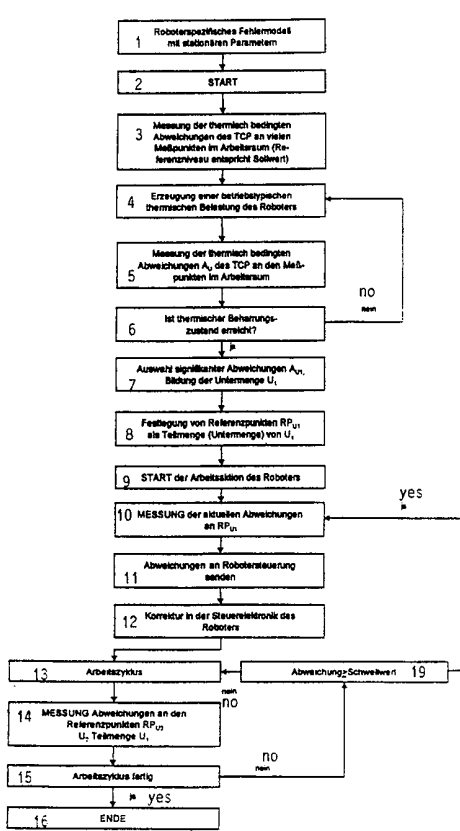
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/01468</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 14. Mai 1999 (14.05.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 198 21 873.7 15. Mai 1998 (15.05.98) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): INSTITUT FÜR WERKZEUGMASCHINEN UND BETRIEBSWISSENSCHAFTEN [DE/DE]; TU München, D-85747 Garching (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GRÄSER, Ralf-Gunter [DE/DE]; Weiglstrasse 9, D-80636 München (DE). KLINGEL, Robert [DE/DE]; Bahnhofstrasse 28, D-85386 Eching (DE).</p> <p>(74) Anwalt: SCHWEIZER, Joachim; Dieselstrasse 1, D-80993 München (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i> <i>Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p> <p>(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen Recherchenberichts: 29. Dezember 1999 (29.12.99)</p>
---	---

(54) Title: CONTROL METHOD FOR AN INDUSTRIAL ROBOT

(54) Bezeichnung: STEUERVERFAHREN FÜR EINEN INDUSTRIEROBOTER

(57) Abstract

The invention relates to a method for controlling an industrial robot and, more particularly, to a method for reducing thermal influencing variables, whereby reference measuring points are arranged in the working area of the robot, which are traversed by the robot. The actual data of the reference measuring points is processed by a computer with the purpose of obtaining correction data that is fed to the control electronics of the robot. According to the invention, an error model is configured that corrects thermal positioning and/or orientation errors without having to determine the actual temperature on the robot.



```

graph TD
    1[1. Roboterspezifisches Fehlermodell mit stationären Parametern] --> 2[2. START]
    2 --> 3[3. Messung der thermisch bedingten Abweichungen des TCP an vielen Meßpunkten im Arbeitsraum (Referenzniveau entspricht Sollwert)]
    3 --> 4[4. Erzeugung einer betriebstypischen thermischen Belastung des Roboters]
    4 --> 5[5. Messung der thermisch bedingten Abweichungen Ai des TCP an den Meßpunkten im Arbeitsraum]
    5 --> 6{6. Ist thermischer Beharrungszustand erreicht?}
    6 -- ja --> 7[7. Auswahl signifikanter Abweichungen AUn. Bildung der Untermenge Ui.]
    6 -- nein --> 4
    7 --> 8[8. Festlegung von Referenzpunkten RPin als Teilmenge (Untermenge) von Ui.]
    8 --> 9[9. START der Arbeitsaktion des Roboters]
    9 --> 10[10. MESSUNG der aktuellen Abweichungen an RPin]
    10 --> 11[11. Abweichungen an Robotersteuerung senden]
    11 --> 12[12. Korrektur in der Steuerelektronik des Roboters]
    12 --> 13[13. Arbeitszyklus]
    13 --> 14{14. MESSUNG Abweichungen an den Referenzpunkten RPin, Teilmenge Ui.}
    14 -- ja --> 19[19. Abweichungsschwellenwert]
    14 -- nein --> 13
    19 --> 10
    13 --> 15[15. Arbeitszyklus fertig]
    15 --> 16[16. ENDE]
    
```

1. ROBOT SPECIFIC ERROR MODEL WITH STATIONARY PARAMETERS
2. START
3. MEASUREMENT OF THERMALLY DETERMINED DEVIATIONS OF TCP AT VARIOUS MEASUREMENT POINTS IN THE WORKING AREA (REFERENCE LEVEL CORRESPONDS TO SET POINT VALUE)
4. GENERATION OF AN OPERATIONALLY TYPICAL THERMAL ROBOT LOAD
5. MEASUREMENT OF THERMALLY DETERMINED DEVIATIONS A_i OF TCP AT MEASUREMENT POINTS IN WORKING AREA
6. HAS A STATE OF THERMAL EQUILIBRIUM BEEN REACHED?
7. SELECTION OF SIGNIFICANT DEVIATIONS A_{U_n}. FORMATION OF SUBSET U_i.
8. ESTABLISHMENT OF REFERENCE POINTS RP_{i_n} AS A SUBSET OF U_i.
9. START ROBOT WORK ACTION
10. MEASUREMENT OF REAL DEVIATIONS ON RP_{i_n}
11. TRANSMIT DEVIATIONS TO ROBOT CONTROL
12. CORRECTION IN ELECTRONIC ROBOT CONTROL SYSTEM
13. WORKING CYCLE
14. MEASUREMENT OF DEVIATIONS ON REFERENCE POINTS RP_{i_n}, SUBSET U_i.
15. WORKING CYCLE READY
16. END
19. DEVIATION THRESHOLD VALUE

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Industrieroboters und insbesondere ein Verfahren zur Verringerung thermischer Einflußgrößen, wobei im Arbeitsraum des Roboters Referenzmeßpunkte angeordnet sind, die von dem Roboter angefahren werden, wobei die aktuellen Daten der Referenzmeßpunkte von einem Rechner verarbeitet werden, um Korrekturdaten zu gewinnen, die der Steuerelektronik des Roboters zugeführt werden. Erfindungsgemäß wird ein Fehlermodell erstellt, das die thermischen Positionier- und/oder Orientierungsfehler korrigiert, ohne daß am Roboter die aktuelle Temperatur bestimmt werden muß.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 99/01468

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 6 B25J9/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 6 B25J G05B

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	"PROGRAMMABLE VERY LOW FREQUENCY MAGNETIC COMPENSATION FOR DISPLAYS" IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 32, no. 2, 1 July 1989 (1989-07-01), page 440/441 XP000033486 ISSN: 0018-8689 the whole document	1-11
A	SOONS J.A. ET AL.: "Modeling the errors of multi-axis machines : a general methodology" PRECISION ENGINEERING, vol. 14, no. 1, January 1992 (1992-01), pages 5-19, XP002120942 the whole document	1-11
	--- -/-- ---	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 October 1999

Date of mailing of the international search report

16/11/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hauser, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int onal Application No
PCT/DE 99/01468

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 97 46925 A (BOEING CO ;GREENWOOD THOMAS A (US); PASTUSAK THOMAS W (US)) 11 December 1997 (1997-12-11) the whole document ----	1
A	WO 97 43703 A (AUTOMATED PRECISION INC ;LAU HERBERT (US); LAU KAM C (US); MA QUAN) 20 November 1997 (1997-11-20) the whole document ---	1
A	US 5 400 638 A (KIM MUN SANG) 28 March 1995 (1995-03-28) the whole document ---	1
A	EP 0 625 739 A (PHILIPS ELECTRONICS NV) 23 November 1994 (1994-11-23) the whole document -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 99/01468

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9746925 A	11-12-1997	AU 3294197 A	05-01-1998
		CA 2252754 A	11-12-1997
		CN 1221500 A	30-06-1999
		EP 0902919 A	24-03-1999
		US 5903459 A	11-05-1999

WO 9743703 A	20-11-1997	NONE	

US 5400638 A	28-03-1995	KR 9406570 B	22-07-1994
		JP 5261686 A	12-10-1993

EP 0625739 A	23-11-1994	DE 69419819 D	09-09-1999
		JP 7098607 A	11-04-1995
		US 5492440 A	20-02-1996

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int ionales Aktenzeichen

PCT/DE 99/01468

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 6 B25J9/16		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 6 B25J G05B		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	"PROGRAMMABLE VERY LOW FREQUENCY MAGNETIC COMPENSATION FOR DISPLAYS" IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, Bd. 32, Nr. 2, 1. Juli 1989 (1989-07-01), Seite 440/441 XP000033486 ISSN: 0018-8689 das ganze Dokument	1-11
A	SOONS J.A. ET AL.: "Modeling the errors of multi-axis machines : a general methodology" PRECISION ENGINEERING, Bd. 14, Nr. 1, Januar 1992 (1992-01), Seiten 5-19, XP002120942 das ganze Dokument	1-11
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		
<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist		
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)		
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht		
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist		
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden		
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist		
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
29. Oktober 1999		16/11/1999
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Hauser, L

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/01468

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 97 46925 A (BOEING CO ;GREENWOOD THOMAS A (US); PASTUSAK THOMAS W (US)) 11. Dezember 1997 (1997-12-11) das ganze Dokument ---	1
A	WO 97 43703 A (AUTOMATED PRECISION INC ;LAU HERBERT (US); LAU KAM C (US); MA QUAN) 20. November 1997 (1997-11-20) das ganze Dokument ---	1
A	US 5 400 638 A (KIM MUN SANG) 28. März 1995 (1995-03-28) das ganze Dokument ---	1
A	EP 0 625 739 A (PHILIPS ELECTRONICS NV) 23. November 1994 (1994-11-23) das ganze Dokument -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 99/01468

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9746925 A	11-12-1997	AU 3294197 A	05-01-1998
		CA 2252754 A	11-12-1997
		CN 1221500 A	30-06-1999
		EP 0902919 A	24-03-1999
		US 5903459 A	11-05-1999

WO 9743703 A	20-11-1997	KEINE	

US 5400638 A	28-03-1995	KR 9406570 B	22-07-1994
		JP 5261686 A	12-10-1993

EP 0625739 A	23-11-1994	DE 69419819 D	09-09-1999
		JP 7098607 A	11-04-1995
		US 5492440 A	20-02-1996
