



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 224 802 A1

4(51) B 25 J 19/06

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP B 25 J / 263 364 3	(22)	25.05.84	(44)	17.07.85
------	-----------------------	------	----------	------	----------

(71) Technische Universität Dresden, 8027 Dresden, Mommsenstraße 13, DD

(72) Zander, Hans-Joachim, Prof. Dr. sc. techn.; Sieg, Claus-Dieter, Dipl.-Ing.; Schaller, Joachim, Doz. Dr. sc. techn.; Hiekel, Hans-Heino, Dr.-Ing.; Erlenkamp, Klaus, Dipl.-Ing., DD

(54) Anordnung zur Vermeidung von Kollisionen, insbesondere bei Robotern

(57) Anordnung zur Vermeidung von Kollisionen, insbesondere bei Robotern, zur Vermeidung von Kollisionen zwischen sich funktionell und zeitlich voneinander bewegenden Einheiten. Das Ziel der Erfindung ist es, eine Anordnung zur Vermeidung von Kollisionen zu schaffen, mit der es möglich ist, durch eine ständige Überwachung während der Bewegungsabläufe Kollisionen auszuschließen. Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Anordnung zur Vermeidung von Kollisionen zu schaffen, die ohne spezielle Sensoreinrichtungen eine umfangreiche, ständig wirkende Kollisionsüberwachung ohne Berührungskontakt zu anderen Einheiten gewährleistet. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Anordnung aus N Steuerungen, N Kollisionsraumspeichern und N Auswerteeinrichtungen für die N Einheiten besteht. Die Auswerteeinrichtungen sind paarweise durch Steuerleitungen zum Austausch von Start-Stop-Signalen verbunden. Die Kollisionsraumspeicher und die Auswerteeinrichtungen bilden entweder eine gemeinsame Funktionseinheit oder sind den jeweiligen Steuerungen der N Einheiten fest zugeordnet und ergeben somit selbständige dezentrale Struktureinheiten. In den Kollisionsraumspeichern sind die Koordinaten des gemeinsamen Arbeitsraumes abgelegt. Fig. 1

Anordnung zur Vermeidung von Kollisionen, insbesondere bei Robotern

Anwendungsgebiet der Erfindung

Anordnung zur Vermeidung von Kollisionen, insbesondere bei Robotern, zur Vermeidung von Kollisionen zwischen sich funktionell und zeitlich unabhängig voneinander bewegenden Einheiten. Vorteilhaft ist der Einsatz der Anordnung zur Vermeidung von Kollisionen bei der Zusammenarbeit zwischen Robotern sowie zwischen Robotern, Bearbeitungs- und Montagemaschinen, Speicher-, Meß-, Übergabe- und Transporteinheiten.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Beim Einsatz von Handhabungseinrichtungen ist ein gemeinsames Benutzen gemeinsamer Arbeitsräume funktional bedingt. Das führt zwangsläufig zur Kollisionsgefahr, da Steuerungs-, Bedien-, Programm- und andere Fehler nicht generell ausschließbar sind. Es ist bekannt, daß zur Vermeidung von Kollisionen über geeignete Meßeinrichtungen, wie Näherungs- oder Berührungssensoren, eine ständige Abstandsüberprüfung zwischen den sich bewegenden Einrichtungen, d. h. ein ständiger Vergleich der aktuellen Koordinaten dieser sich bewegenden Einrichtungen während des Betriebes durchgeführt wird.

So ist es bekannt, zur Verhinderung von Kollisionen zwischen mehreren Hebezeugen (DD-PS 43 333) elektromagnetische Näherungssensoren zu benutzen. Hierdurch wird erreicht, daß bei einem Bewegen von Hebezeugen auf einer gemeinsamen Kranbahn eine Kollision ausgeschlossen wird und daß beim Bewegen von Hebezeugen auf Kranbahnen unterschiedlicher Höhe, aber mit überdeckendem Arbeitsbereich, in Abhängigkeit von der Stellung des Kranhakens des oberen Kranes ein Überfahren zugelassen bzw. gesperrt wird.

Es ist auch bekannt, daß im Falle des Eintritts einer Kollision energiewandelnde Einrichtungen, insbesondere elektromagnetische, die Kollision registrieren und einen Abschaltvorgang der kollisionsverursachenden Bewegung oder Kraft auslösen. Dazu wurden in DE-OS 27 49 603 Schaltmittel benutzt, über die bei einer nicht vorgesehenen Krafteinwirkung auf das Greiferglied der elektromechanische Antrieb des Gelenksystems abschaltbar ist.

Ferner sind Lösungen bekannt, bei denen Maßnahmen zum Kollisionsschutz, wie Halt- oder Wartebefehle, vor der eigentlichen Betriebsphase, d. h. also in der Vorbereitungsphase, in das Arbeitsprogramm für die sich bewegenden Einrichtungen eingefügt werden, ohne daß dann während der Betriebsphase ein ständiger Vergleich der aktuellen Koordinaten der sich bewegenden Einrichtungen durchgeführt wird.

In diesem Zusammenhang ist bekannt, daß bei programmgesteuerten Bearbeitungsabläufen, insbesondere bei funktional unabhängig bewegbaren Werkzeugsupporten, durch Entscheidungstabellen gemäß DE-OS 33 08 765 A1 kollisionsgefährdende gleichzeitige Bewegungsabläufe unterdrückt werden.

Weiterhin ist nach DE-OS 33 11 297 A1 bekannt, daß numerische Steuerungseinrichtungen mit funktional unabhängig steuerbaren Supporten mit Wartebefehlseinrichtungen ausgestattet sind, die geeignet sind, Warte- und Warteendbefehle in das Bearbeitungsprogramm einzufügen, während über geeignete Vorrichtungen das Programm simuliert wird.

Um die Nachteile von On-line-Verfahren, die durch die Unzulänglichkeiten und das begrenzte Identifikationsfeld der Sensoren bedingt sind, zu vermeiden, wird in VDI-Zeitschrift 125 (1983) Nr. 17, Seite 647 - 652 ein Verfahren zur Off-line-Kollisionskontrolle vorgeschlagen, bei dem in der Phase der Programmerstellung, d. h. in der Vorbereitungsphase, Maßnahmen zum Kollisionsschutz fest einprogrammiert werden.

Die genannten Lösungen haben die Nachteile, daß während des Bewegungsablaufes eine eingegrenzte Kollisionsüberwachung erfolgt, bzw. zeitlich vor dem Bewegungsablauf eine Kollisionsanalyse vorgenommen wird.

So ist der in der DD-PS 43 333 vorgeschlagene Einsatz von Richtstrahlern auf Grund der kinematischen Möglichkeiten von durch Programm zu bewegendene Einrichtungen, insbesondere Robotern, unzureichend.

Insbesondere bei Robotern ist der Schutz vor Kollisionen einer kinematischen Kette an einem, mehreren oder dem letzten Glied nicht ausreichend. Das trifft auch für die Lösung nach DE-OS 27 49 603 zu. Darüber hinaus erfolgt ein Kollisionsschutz erst bei Berührungskontakt.

Beide Lösungen haben zum Nachteil, daß der Kollisionszustand durch manuellen Eingriff aufgehoben werden muß. Weiterhin

setzen beide Lösungen die volle Funktionstüchtigkeit der eingesetzten Sensoren voraus.

Bei den Lösungen nach DE-OS 33 08 765 A1 und DE-OS 33 11 297 A1 handelt es sich um Verfahren ohne Echtzeitwirkung. Diese Schutzvorrichtungen werden durch geeignete Wahl der Bearbeitungsabläufe in der Arbeitsvorbereitung wirksam. Eine Kontrolle während des Bearbeitungsprozesses bzw. des Bewegungsablaufes erfolgt nicht, was von besonderem Nachteil ist.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist es, eine Anordnung zur Vermeidung von Kollisionen zu schaffen, mit der es möglich ist, durch eine ständige Überwachung während der Bewegungsabläufe Kollisionen auszuschließen. Die Einsatzbereitschaft der Anordnung soll dabei nicht von Sensoreinrichtungen abhängig sein.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Anordnung zur Vermeidung von Kollisionen zu schaffen, die ohne spezielle Sensoreinrichtungen eine umfangreiche, ständig wirkende Kollisionsüberwachung ohne Berührungskontakt zu anderen Einheiten gewährleistet und keinen manuellen Eingriff zum Aufheben eines erkannten kollisionsgefährdeten Zustandes erfordert.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Anordnung aus N Steuerungen, N Kollisionsraumspeichern und N Auswerteeinrichtungen für die N Einheiten besteht. Die Auswerteeinrichtungen sind paarweise durch Steuerleitungen zum Austausch von Start-Stop-Signalen verbunden.

Die Kollisionsraumspeicher und die Auswerteeinrichtungen bilden entweder eine gemeinsame Funktionseinheit oder sind den jeweiligen Steuerungen der N Einheiten fest zugeordnet und ergeben somit selbständige dezentrale Struktureinheiten. In den Kollisionsraumspeichern sind die Koordinaten des gemeinsamen Arbeitsraumes abgelegt. Die aktuellen Koordinaten und/oder Zielkoordinaten der einzelnen Einheiten werden mit den im Kollisionsraumspeicher abgelegten Koordinaten verglichen. Das Ergebnis des Vergleiches löst immer dann ein Stop-Signal zur Unterbrechung der Bewegung einer der Einheiten aus, wenn diese Einheit sich in den gemeinsam benutzten Arbeitsraum bewegen soll, aber eine andere Einheit sich bereits dort befindet. Der gemeinsam genutzte Arbeitsraum kann auch unterteilt sein, und zur Speicherung der Koordinaten jedes Teilraumes sind dann jeweils getrennte Kollisionsraumspeicherbereiche vorgesehen. Zur Auswertung der aktuellen Koordinaten und/oder der Zielkoordinaten mit den im Kollisionsraumspeicher abgelegten Koordinaten sind eine oder mehrere Auswerteeinrichtungen vorhanden, deren Steuerleitungen mit den anderen Auswerteeinrichtungen der einzelnen Einheiten verbunden sind. Ein von der Auswerteeinrichtung zur Steuereinrichtung einer Einheit geleitetes Stop-Signal kann zur Änderung der Bewegungsrichtung bzw. der Arbeitsaufgabe bestimmt sein.

Verläßt eine Einheit den Kollisionsraum, dann wird das durch sie an die anderen Einheiten erteilte Stop-Signal aufgehoben, so daß diese Einheiten ihre Bewegungsabläufe fortsetzen können.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.

In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: Darstellung der erfindungsgemäßen Anordnung

Fig. 2: Darstellung einer möglichen Kollisionssituation
am Beispiel mit Robotern

Fig. 3: Petrinetzdarstellung der Anordnung zur Vermeidung
von Kollisionen.

Jeder Steuerung 3A, 3B,,3N ist eine Auswerteeinrichtung 2A, 2B,,2N und ein Kollisionsraumspeicher 1A, 1B,,1N funktionell zugeordnet. Alle Auswerteeinrichtungen 2A, 2B,,2N sind miteinander paarweise durch Steuerleitungen zum Austausch der START-STOP-Signale ST1, ST2,, STN verbunden.

Die erfindungsgemäße Anordnung gestattet die Realisierung von 2 strukturellen Varianten. In der ersten Variante sind zu einer separaten gemeinsamen Funktionseinheit 5 alle Kollisionsraumspeicher 1A, 1B,,1N und Auswerteeinrichtungen 2A, 2B,,2N sowie die Start-Stop-Signalleitungen Y1, Y2,,YN enthalten und strukturell von den einzelnen Steuereinrichtungen der zu bewegenden Einheiten getrennt.

In der 2. Variante bilden Kollisionsraumspeicher 1A, Auswerteeinrichtung 2A und Steuerung 3A eine Struktureinheit 4A, wobei eine gemeinsame Funktionseinheit 5 entfällt. Analoges gilt für die Elemente B,, N.

Figur 2 zeigt für eine Kollisionssituation eines Paares von Robotern die schematische Darstellung. Zum Zeitpunkt t_1 tritt der Roboter 1 in den gemeinsamen Arbeitsraum ein, und ein zum Zeitpunkt t_2 gestelltes Ersuchen von Roboter 2 auf Betreten des gemeinsamen Arbeitsraumes wird durch Abgabe eines STOP-Signals abgelehnt. Erst nachdem Roboter 1 zum Zeitpunkt t_3 den gemeinsamen Arbeitsraum verlassen hat, wird das STOP-Signal in ein START-Signal für Roboter 2 umgeformt, so daß Roboter 2 zum Zeitpunkt t_4 den gemeinsamen Arbeitsraum betreten kann, in dem er bis zum Zeitpunkt t_5 verbleibt. Danach ist der gemeinsame Arbeitsraum für einen nächsten Roboter frei.

Die Figur 3 zeigt eine funktionelle Darstellung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels in Form eines Petri-Netzes. Die Plätze (Kreise) im Petri-Netz kennzeichnen bestimmte Situationen im Bewegungsablauf der betreffenden Roboter. Über die Transitionen (Querstriche) erfolgt die Steuerung der Übergänge zwischen den einzelnen Situationen:

Für einen Roboter i existieren folgende charakteristische Situationen:

- S_i : Roboter i befindet sich in seinem separaten Arbeitsraum
- K_i : Roboter i befindet sich im gemeinsam genutzten Arbeitsraum
- E_i : Roboter i befindet sich unmittelbar vor dem gemeinsam genutzten Arbeitsraum.

Jeder Roboter i für sich kann nacheinander folgende Situationen durchlaufen: - S_i - E_i - K_i - S_i - usw.

Den Transitionen sind Signale x zugeordnet. Durch das Signal x_i , das der Vergleichseinrichtung entstammt, wird signalisiert, daß der von Roboter i als nächster anzulaufende Raumpunkt im gemeinsam genutzten Arbeitsraum liegt. $\bar{x}_i$ bedeutet, daß der nächste Raumpunkt sich außerhalb des gemeinsam genutzten Arbeitsraumes befindet.

In Petri-Netzen werden eingenommene Plätze, d. h. vorhandene Situationen durch eine Marke (Punkt im Platz) gekennzeichnet. Im Beispiel sollen die Plätze S_1 und S_2 als Anfangssituationen markiert sein. Damit eine Marke über eine Transition von einem Vorplatz zu einem Folgeplatz fließen kann, müssen alle Vorplätze dieser Transition markiert und das der Transition zugeordnete Signal 1 sein. Zur Koordinierung der Bewegungsabläufe der einzelnen Roboter werden spezielle Testkanten (sog. Inhibitor-Kanten) eingezeichnet, über die kein Markentransport erfolgt, die jedoch für das Durchlassen von Marken durch

Transition (d. h. für das Schalten von Transitionen) von Bedeutung sind. So ist eine Transition nur dann "durchlässig", wenn neben den oben genannten Bedingungen gewährleistet ist, daß die Vorplätze, von denen aus Inhibitorkanten zu dieser Transition führen, nicht markiert sind. (In diesem Fall wird durch die Inhibitorkante eine "Eins" übermittelt.)

Bei dem betrachteten Beispiel (Fig. 3) wird nun angenommen, daß sich Roboter 1 in den gemeinsam benutzten Arbeitsraum bewegt. Dabei wird $x_1 = 1$ signalisiert, so daß die Marke von S_1 über T_{11} nach E_1 wandert. Da der Transition T_{12} das konstante Signal 1 zugeordnet ist und der Platz K_2 nicht markiert ist, fließt die Marke sofort über T_{12} nach K_1 weiter, was gleichbedeutend ist mit der Situation, daß Roboter 1 sich im gemeinsam genutzten Arbeitsraum befindet. Bewegt sich nun Roboter 2 auch auf den gemeinsam genutzten Arbeitsraum zu, so gelangt die Marke von S_2 über T_{21} nach E_2 , d. h. Roboter 2 befindet sich unmittelbar vor dem gemeinsam genutzten Arbeitsraum.

Da aber K_1 markiert ist, d. h. die Inhibitorkante eine "Null" übermittelt, kann die Marke nicht über T_{22} von E_2 zu K_2 gelangen. Sie bleibt im Platz E_2 . In dieser Situation (d. h. beim markierten Platz E_2) wird das STOP-Signal Y_2 zum Stoppen des Roboters 2 ausgegeben, der dann unmittelbar vor dem gemeinsam benutzten Arbeitsraum verharret. Erst wenn der Roboter 1 den gemeinsam genutzten Arbeitsraum verlassen hat, d. h. die Marke aus Platz K_1 entfernt ist und die Inhibitorkante I_1 eine "Eins" übermittelt, wird die Transition T_{22} wieder durchlässig, so daß die Marke von E_2 nach K_2 fließt.

Damit wird das STOP-Signal Y_2 abgeschaltet, wodurch sich der Roboter 2 dann auch tatsächlich in den gemeinsam genutzten Arbeitsraum bewegen kann (Markierung des Platzes K_2 und Signalisation einer "Null" über die Inhibitorkante I_2).

Erfindungsanspruch

1. Anordnung zur Vermeidung von Kollisionen, insbesondere bei Robotern, zur Vermeidung von Kollisionen zwischen sich funktionell und zeitlich unabhängig voneinander bewegenden Einheiten, insbesondere zwischen Roboterarmen einschließlich Effektoren, Bearbeitungs- und Montagemaschinen, Speicher-, Meß-, Übergabe- und Transporteinheiten mit gemeinsamen Arbeitsräumen, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung aus den Steuerungen (3A, 3B, .. 3N), den Kollisionsraumspeichern (1A, 1B, .. 1N) und den Auswerteeinrichtungen (2A, 2B, .. 2N) für die N Einheiten besteht, die Auswerteeinrichtungen (2A, 2B, .. 2N) paarweise durch Steuerleitungen zum Austausch von Start-Stop-Signalen verbunden sind, die Kollisionsraumspeicher (1A, 1B, .. 1N) und die Auswerteeinrichtungen (2A, 2B, .. 2N) entweder eine gemeinsame Funktionseinheit (5) bilden oder den jeweiligen Steuerungen (3A, 3B, .. 3N) der N Einheiten fest zugeordnet sind und somit die selbständigen dezentralen Struktureinheiten (4A, 4B, .. 4N) ergeben, in den Kollisionsraumspeichern die Koordinaten des gemeinsamen Arbeitsraumes abgelegt sind, die aktuellen Koordinaten und/oder die Zielkoordinaten der einzelnen Einheiten mit denen im Kollisionsraumspeicher verglichen werden, wobei das Ergebnis des Vergleiches immer dann ein Stop-Signal zur Unterbrechung der Bewegung einer der Einheiten auslöst, wenn diese Einheit sich in den gemeinsam benutzten Arbeitsraum bewegen soll, aber eine andere Einheit sich bereits dort befindet.
2. Anordnung zur Vermeidung von Kollisionen nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß der gemeinsam genutzte Arbeitsraum unterteilt ist und zur Speicherung der Koordinaten jedes Teilraumes jeweils getrennte Kollisionsraumspeicherbereiche vorgesehen sind, zur Auswertung der aktuellen Koordinaten und/oder der Zielkoordinaten mit den

im Kollisionsraumspeicher abgelegten Koordinaten eine oder mehrere Auswerteeinrichtungen vorhanden sind, deren Steuerleitungen mit den anderen Auswerteeinrichtungen der einzelnen Einheiten vorhanden sind.

3. Anordnung zur Vermeidung von Kollisionen nach Punkt 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein von der Auswerteeinrichtung zur Steuereinrichtung einer Einheit geleitetes Stop-Signal zur Änderung der Bewegungsrichtung bzw. der Arbeitsaufgabe bestimmt ist.
4. Anordnung zur Vermeidung von Kollisionen nach Punkt 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein durch eine Einheit gesetztes Stop-Signal beim Verlassen des gemeinsamen Arbeitsraumes bzw. des Teilraumes aufgehoben und die Fortsetzung der Bewegungsabläufe der gestoppten Einheiten dadurch ermöglicht wird.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

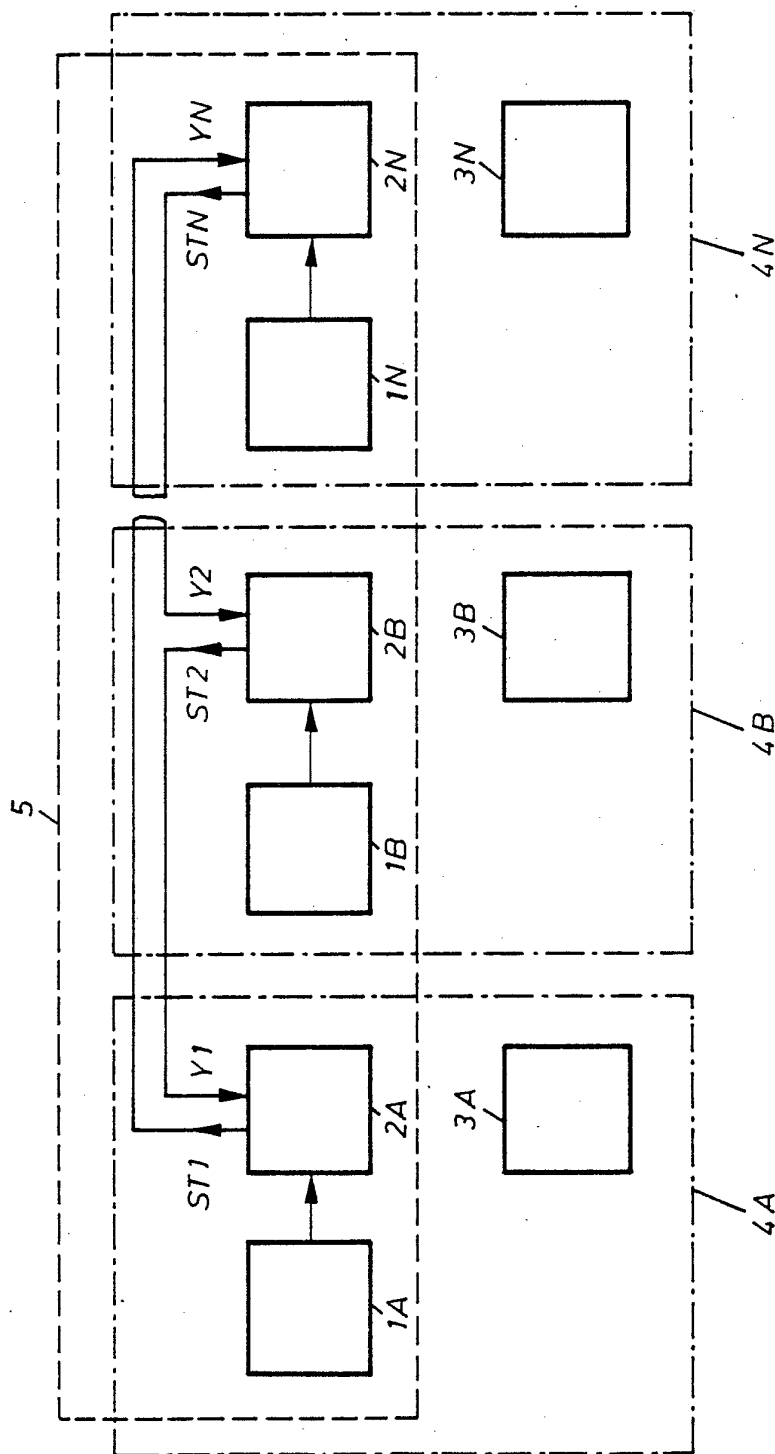


Fig. 1

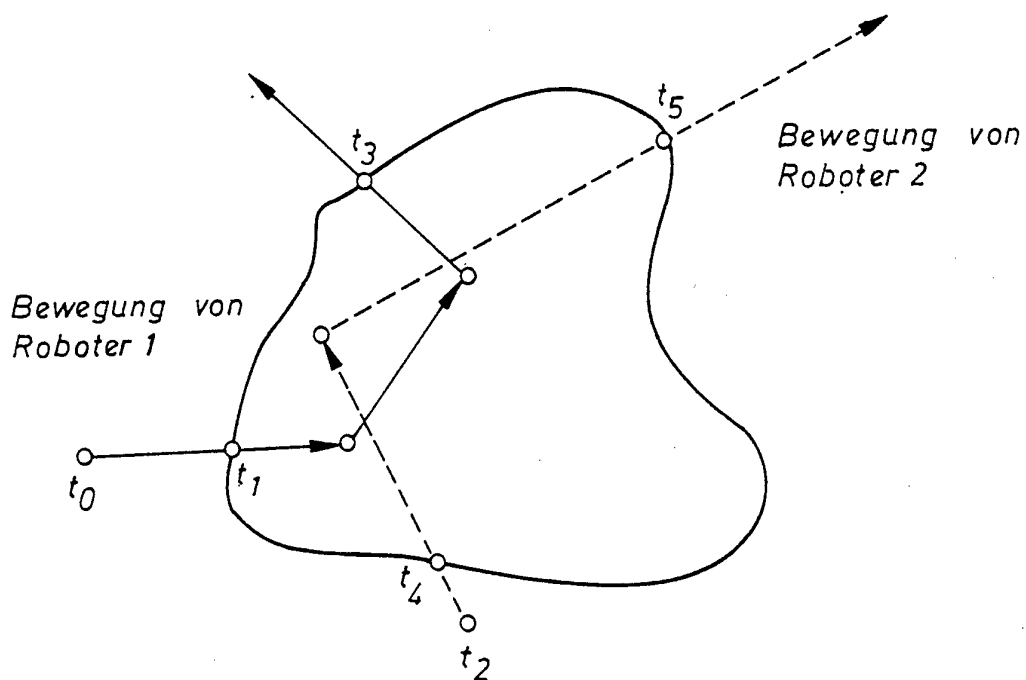


Fig. 2

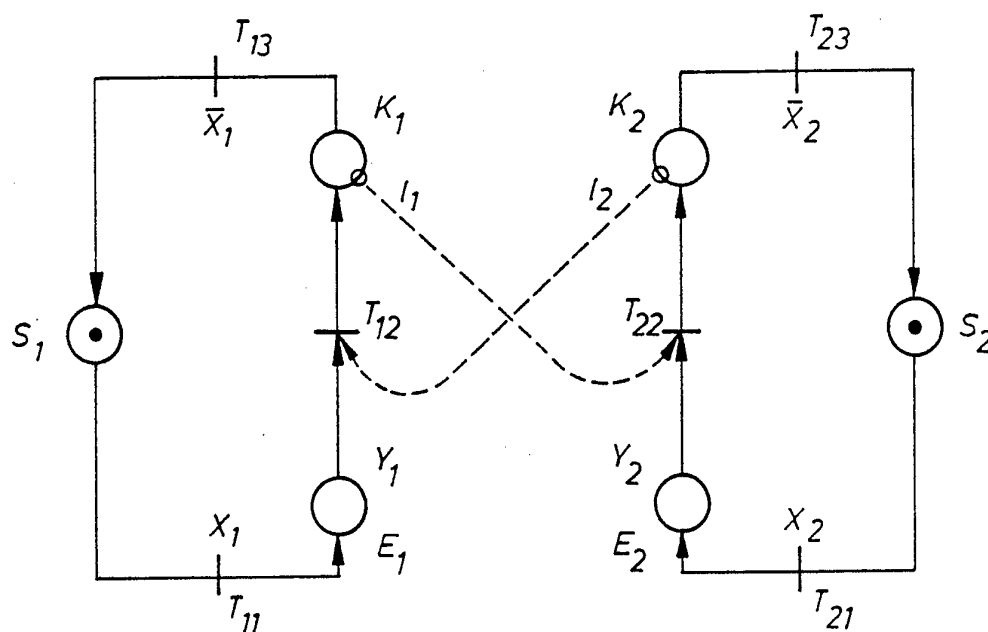


Fig. 3