



AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP B 25 J / 282 843 6

(22) 14.11.85

(44) 04.02.87

(71) VEB Robotron-Rationalisierung Weimar, 5300 Weimar, Hegelstraße 2a, DD

(72) Langmann, Reinhard, Dipl.-Ing.; Weingart, Michael, Dipl.-Ing., DD

(54) Anordnung zur Sensorsignalverarbeitung für Industrieroboter

(57) Die Erfindung kann vorteilhaft für die komplexe Verarbeitung verschiedenartiger Sensorinformationen im Zusammenhang mit der Steuerung von Industrierobotern, Fertigungszellen und Automatisierungsstrecken eingesetzt werden. Es wird dazu eine Anordnung zur Sensorsignalverarbeitung für Industrieroboter (7) mit Makrobefehlsspeicher, Steuerauftragsgenerator, Auftragsrealisator und Monitor (1) vorgeschlagen, die als strukturelle Komponenten einen Sensorauftragsgenerator (3) und einen Sensorsteuerautomaten (4) enthält. Der Sensorsteuerautomat (4) besteht aus einer Reihe von Bereit- und Aktivzuständen, in denen durch Sensorinitialisierungs- bzw. Sensorverarbeitungsfunktionen der Steuerauftragsgenerator (5), der Auftragsrealisator (6) und/oder der Makrobefehlsspeicher (2) beeinflusst werden.

Fig. 1

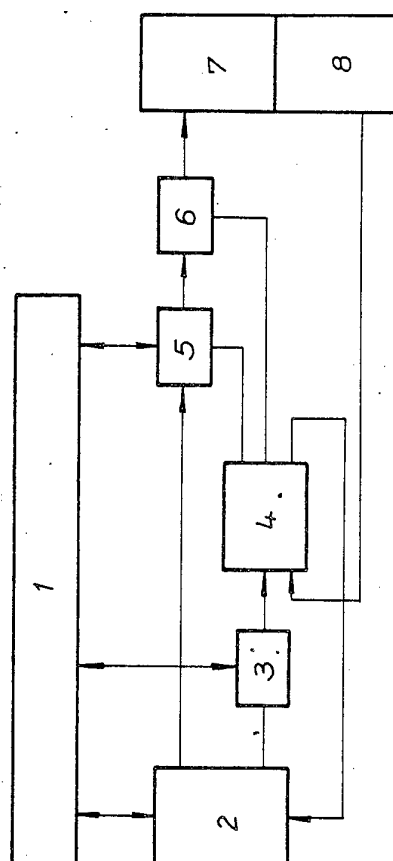


Fig. 1

Patentansprüche:

1. Anordnung zur Sensorsignalverarbeitung für Industrieroboter mit einem Makrobefehlsspeicher zur Speicherung und Abruf von Anwenderprogrammen, einem Steuerauftragsgenerator zur Generierung von Steueraufträgen, einem Auftragsrealisator zur Abarbeitung der Steueraufträge und einem Monitor, der den Zugriff des Bedieners zum Makrobefehlsspeicher und zum Steuerauftragsgenerator ermöglicht, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Makrobefehlsspeicher (2) ein weiterer Auftragsgenerator (3) zur Generierung von Sensoraufträgen aus Sensorbefehlen nachgeschaltet ist, dessen Ausgang mit dem ersten Eingang eines Sensorsteuerautomaten (4) verbunden ist, der über drei Ausgänge mit Steuereingängen des Steuerauftragsgenerators (5), des Auftragsrealisators (6) und des Makrobefehlsspeichers (2) verbunden ist, wobei die am zweiten Eingang des Sensorsteuerautomaten (4) anliegenden Sensorsignale vom Sensorsystem (8) des Industrieroboters (7) entsprechend den generierten Sensoraufträgen die Generierung der Steueraufträge, die Abarbeitung der Steueraufträge und den Programmablauf im Makrobefehlsspeicher (2) steuern und der Bediener über den Monitor (1) direkten Zugriff zum Sensorauftragsgenerator besitzt.
2. Anordnung nach Punkt 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Sensorsteuerautomat (4) aus einem Wartezustand (W), einer Anzahl von Bereitzuständen ($B_1, B_2, \dots, B_i$) und einer Anzahl von Aktivzuständen ($A_1, A_2, \dots, A_i$) besteht, wobei jedem Bereitzustand als Ausgangsparameter eine Sensorinitialisierungsfunktion und jedem Aktivzustand als Ausgangsparameter eine Sensorverarbeitungsfunktion zugeordnet ist und die Übergangsbedingungen (h_{wi}, h_{ii}, h_{iw}) zwischen den Zuständen des Sensorsteuerautomaten durch den Sensorauftrag festgelegt werden.
3. Anordnung nach Punkt 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß mehrere Bereit- und Aktivzustände des Sensorsteuerautomaten (4) gleichzeitig bzw. quasi parallel über den Sensorsteuerauftrag aktiviert werden können.
4. Anordnung nach Punkt 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Art und Weise der Generierung von Sensoraufträgen im Sensorauftragsgenerator (3) durch den Bediener über eine Fachsprache programmierbar ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Sensorsignalverarbeitung für Industrieroboter und andere ein- oder mehrachsige Fertigungsautomaten. Sie kann vorteilhaft für die komplexe Verarbeitung von Sensorinformationen in Fertigungszellen und Automatisierungstrecken eingesetzt werden. Als Sensoren können sowohl binäre und analoge Sensoren als auch komplizierte Sensorsysteme, wie z. B. mehrdimensionale Kraftsensoren oder Bilderkennungssysteme eingesetzt werden.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die zunehmenden Forderungen an eine Erhöhung der adaptiven Fähigkeiten von Industrierobotern und ähnlichen Fertigungsautomaten an ihre Umwelt bedingen den Einsatz einer Vielzahl verschiedener Sensoren und Sensorsysteme sowie die Verarbeitung der zugehörigen Sensorinformationen. Aufgrund der spezifischen technischen Besonderheiten jedes einzelnen Sensors sind beim Einsatz verschiedenartiger Sensoren zur Steuerung z. B. eines Industrieroboters in Verbindung mit seiner technologischen Peripherie komplizierte Probleme zur Informationsverarbeitung der anliegenden Sensorinformationen zu lösen. Unter Berücksichtigung einer weiteren Forderung — der Transport der Sensorverarbeitungsfunktionen für den Anwender und deren Programmierbarkeit durch ihn — kann der Stand der Technik keine befriedigende Lösung aufzeigen. Bisher bekannte Systeme zur Informationsverarbeitung verschiedenartiger Sensorsignale geben keine eindeutig strukturierten Anordnungen an, da sie nur in Verbindung mit dem jeweiligen Basissteuersystem einsetzbar sind und zu diesem keine klar definierten Schnittstellen besitzen. Eine Implementierung in ein anderes Basissteuerungssystem ist damit praktisch nicht möglich.

Die bekannte Lösung (DE OS 3244307) zur Verarbeitung von Sensorsignalen in der „Steuerung Robot Control M“ aus „Siemens Energietechnik 5“ (1983), S. 141–144, kann zwar mit verschiedenen Sensoren zusammenarbeiten, aber abgesehen von einer Prinzipstruktur in Bild 1 wird keine abgegrenzte Sensorverarbeitungsstruktur bzw. -anordnung angegeben, die für andere Steuerungssysteme eingesetzt werden kann.

Eine andere Lösung aus dem Stand der Technik, das „Abersystwyth Multiple-Sensor System“ für den Industrieroboter „Unimate PUMA 600“ aus „Proceedings of the 3rd International Conference Robot Vision and Sensor Control“, Cambridge 1983, S. 471–479, erlaubt die funktionellen Komponenten eines hierarchischen Systems auf der Grundlage von Framestrukturen, das für die Verarbeitung 10 verschiedener Sensorinformationen geeignet ist. Aufgrund der Komplexität des Systems werden jedoch erhebliche Rechenkapazitäten für die Informationsverarbeitung benötigt (16 bit-Rechner LSI 11/23). Außerdem ist in der Lösung keine Anordnung für die eigentliche Sensorsignalverarbeitung angegeben. Auch die Programmierbarkeit eines solchen Systems erscheint problematisch und zeitaufwendig.

Die Lösung nach G. Bögelsack u. a.: „Robot in der Gerätetechnik“, VEB Verlag Technik, Berlin, 1984, S. 142, die nach Makrobefehlsspeicher, Auftragsgenerator und Auftragsrealisator strukturiert ist, gibt gleichfalls keine Sensorverarbeitungsanordnung an.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, eine Anordnung zur Sensorsignalverarbeitung für Industrieroboter anzugeben, die in bekannte Basissteuerungssysteme einfach implementierbar ist und mit der Rechenleistung von 8 bit-Rechnern auskommt.

Darlegung des Wesens der Erfindung

- Die technische Aufgabe, die durch die Erfindung gelöst wird
Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Anordnung für die Verarbeitung von verschiedenartigen Sensorsignalen zu entwickeln, die eine homogene Struktur und einheitliche Schnittstellen zum übergeordneten System besitzt. Die Sensorsignalverarbeitung soll für den Anwender einfach durchschaubar und in wesentlichen Komponenten von ihm entsprechend der technologischen Umgebung programmierbar sein. Das übergeordnete Steuerungssystem soll, wie für frei programmierbare Industrieroboter üblich, einen Makrobefehlsspeicher, einen Steuerauftragsgenerator, einen Auftragsrealisator und einen Monitor beinhalten.
- Merkmale der Erfindung
Die Merkmale der Erfindung bestehen darin, daß dem Makrobefehlsspeicher ein Sensorauftragsgenerator nachgeschaltet ist, dessen Ausgang mit dem ersten Eingang eines Sensorsteuerautomaten verbunden ist, der über drei Ausgänge mit Steuereingängen des Steuerauftragsgenerators, des Auftragsrealisators und des Makrobefehlsspeichers verbunden ist. Die am zweiten Eingang des Sensorsteuerautomaten anliegenden Sensorsignale vom Sensorsystem des Industrieroboters steuern entsprechend den generierten Sensoraufträgen
- die Generierung der Steueraufträge
- die Abarbeitung der Steueraufträge und
- den Programmablauf des Anwenderprogramms im Makrobefehlsspeicher.

Der Bediener besitzt über den Monitor direkten Zugriff zum Sensorauftragsgenerator.

In einer zweckmäßigen Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Lösung besteht der Sensorsteuerautomat aus einem Wartezustand, einer Anzahl von Bereitzuständen und einer Anzahl von Aktivzuständen, wobei jedem Bereitzustand als Ausgangsparameter eine Sensorinitialisierungsfunktion und jedem Aktivzustand als Ausgangsparameter eine Sensorverarbeitungsfunktion zugeordnet sind. Die Übergangsbedingungen zwischen den Zuständen werden durch den Sensorauftrag festgelegt. Weitere ausgestaltende Merkmale der Erfindung betreffen die gleichzeitige Abarbeitung mehrerer Sensoraufträge und die Programmierbarkeit der Art und Weise der Erzeugung von Sensoraufträgen durch den Bediener. So werden mehrere Bereit- und Aktivzustände des Sensorsteuerautomaten gleichzeitig bzw. quasi parallel über den Sensorsteuerauftrag aktiviert. Der Bediener programmiert über eine Fachsprache die Art und Weise der Generierung von Sensoraufträgen im Sensorauftragsgenerator.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Figur 1: eine Blockstruktur der erfindungsgemäßen Anordnung gemäß Pkt. 1 des Anspruchs

Figur 2: einen Automatengraph für den Sensorsteuerautomaten gemäß Pkt. 2 des Anspruchs.

Im Makrobefehlsspeicher 2 befindet sich das durch den Bediener erstellte Arbeitsprogramm des Industrieroboters 7, daß im RUN-Betrieb automatisch befehlsweise abgearbeitet wird. Im Steuerauftragsgenerator 5 werden aus den Befehlen, die den Zustand des Industrieroboters 7 steuern z. B. Bewegungsbefehle, Steueraufträge gebildet. Für einen Bewegungsbefehl besteht der zugehörige Steuerauftrag aus Start- und Zielposition der Bewegung, Bahnform und -geschwindigkeit. Im Auftragsrealisator 6 erfolgt die Umsetzung des Steuerauftrages in die entsprechende Zustandsänderung des Industrieroboters 7. Zur Realisierung eines Bewegungsauftrages beinhaltet der Auftragsrealisator 6 in der Regel einen Bahninterpolator, eine Koordinatentransformation und einen Lageregler.

Für die Abarbeitung von Befehlen zur Steuerung des Greifers (Befehl Auf/Zu) und der technologischen Peripherie (Ausgabebefehle) erfolgt gleichfalls eine Abarbeitung nach dem Prinzip Auftragsgenerierung—Auftragsrealisierung. Gemäß der erfindungsgemäßen Lösung werden nun alle im Anwenderprogramm entsprechend gekennzeichneten Sensorbefehle vom Makrobefehlsspeicher 2 an einen speziellen Auftragsgenerator, den Sensorauftragsgenerator 3, übergeben. In diesem erfolgt die Umsetzung in einen konkreten Sensorauftrag, der in einem nachfolgenden Sensorsteuerautomaten 4 abgearbeitet wird. Im Ergebnis der Abarbeitung werden in Abhängigkeit der jeweiligen vom Sensorsystem 8 gelieferten Informationen die Generierung des Steuerauftrages beeinflußt, seine Abarbeitung verändert, oder der Anwenderprogrammablauf variiert.

Jeweils ein Beispiel soll den Sachverhalt näher erläutern:

1. Steuerung des Greifers des Industrieroboters auf einer von einem Bilderkennungssystem vorgegebenen Bahn, z. B. Greifen eines bewegten Teils. Es wird die Zielposition bei der Generierung des Steuerauftrages über die Sensorsteuerautomaten 4 beeinflußt.
2. Kraftregelung einer Achse des Industrieroboters 7 mittels Kraft-Moment-Sensor. Es wird die Realisierung eines Bewegungsauftrages im Auftragsrealisator 6 beeinflußt.
3. Veränderung des Programmablaufes bei Erreichen eines Schwellwertes. Es wird eine Programmverzweigung im Makrobefehlsspeicher gesteuert.

Der Bediener besitzt über den Monitor Zugriff zum Sensorauftragsgenerator und er kann damit die Art der Einflußnahme von bestimmten Sensorinformationen auf den Zustand des Industrierobotersystems steuern bzw. für seinen Programmablauf festlegen.

Der Sensorsteuerautomat 4 besteht gemäß Pkt. 2 des Anspruches aus einem Wartezustand W, in dem keine Sensorsignale verarbeitet werden können sowie aus einer Anzahl von Bereitzuständen $B_1, B_2, \dots, B_i$ und eine Anzahl von Aktivzuständen $A_1, A_2, \dots, A_i$. In Figur 2 ist der zugehörige Automatengraph dargestellt. Jedem Sensortyp, der im Industrieroboter zur Anwendung kommt, ist im Sensorsteuerautomaten 4 jeweils ein Bereit- und ein Aktivzustand zugeordnet. Im Bereitzustand werden durch eine Sensorinitialisierungsfunktion der Steuerauftragsgenerator 5, der Auftragsrealisator 6 oder der Makrobefehlsspeicher 2 für die Verarbeitung entsprechend Sensorinformationen vorbereitet. Im Aktivzustand erfolgt die eigentliche Sensorsignalverarbeitung, wobei die Art und Weise der Verarbeitung durch eine für jeden Sensortyp charakteristische Sensorverarbeitungsfunktion festgelegt ist.

Die Bereit- und Aktivzustände können z.B. durch entsprechende Programmodule realisiert werden.

Vom Hersteller des Industrieroboters werden die möglichen Zustände des Sensorsteuerautomaten entsprechend der konkret erforderlichen Sensorsteuerung fest implementiert. Der Anwender besitzt dann die Möglichkeit, über den Sensorauftragsgenerator 3 die Übergangsbedingungen h_{wi}, h_{ii}, h_{iw} zwischen den Zuständen festzulegen. Ein Sensorauftrag kann demnach wie folgt dargestellt werden.

$$\langle \text{Sensorauftrag} \rangle : = \sum_i h_{wi}, h_{ii}, h_{iw}$$

Mit der Bedingung h_{wi} erfolgt die Auswahl der Bereitzustände und damit gleichzeitig welche Art von Sensorsteuerung gewünscht wird.

Die Übergangsbedingung h_{ii} markiert die Sensorinformationen vom Sensorsystem, die für den ausgewählten Bereit- und Aktivzustand relevant sind und legt den Übergang in den Aktivzustand selbst fest.

Der Aktivzustand A_i wird bei Erfüllung der Bedingung h_{wi} verlassen und damit die jeweilige Sensorsteuerung beendet. Eine einmalige oder zyklische Verarbeitung eines Sensorsignales wird durch h_{iw} gekennzeichnet.

Der Anwender kann die Übergangsbedingungen mittels einer Fachsprache im Dialogbetrieb über den Monitor programmieren.

Für die weitere Verarbeitung im eigentlichen Arbeitsprogramm des Industrieroboters 7 müssen vom Anwender für die Aktivierung einer bestimmten Sensorsteuerung dann nur noch vereinbarte Sensornamen aufgerufen werden. Diese Art der Sensorsignalverarbeitung gewährleistet eine ausreichende Transparenz der Arbeitsprogramme des Industrieroboters 7 für den Anwender bei gleichzeitig übersichtlicher Zuordnung der Sensorsteuerung zum technologischen Prozeß.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht in den klar strukturierten Komponenten der Sensorsignalverarbeitung, die eine einfache Implementierung in bestehende Basissteuerungssysteme ermöglichen und gleichzeitig — bei Einschränkung der Komplexität des Sensorsystems — ihre Realisierung mit 8 bit-Rechnern gestatten.

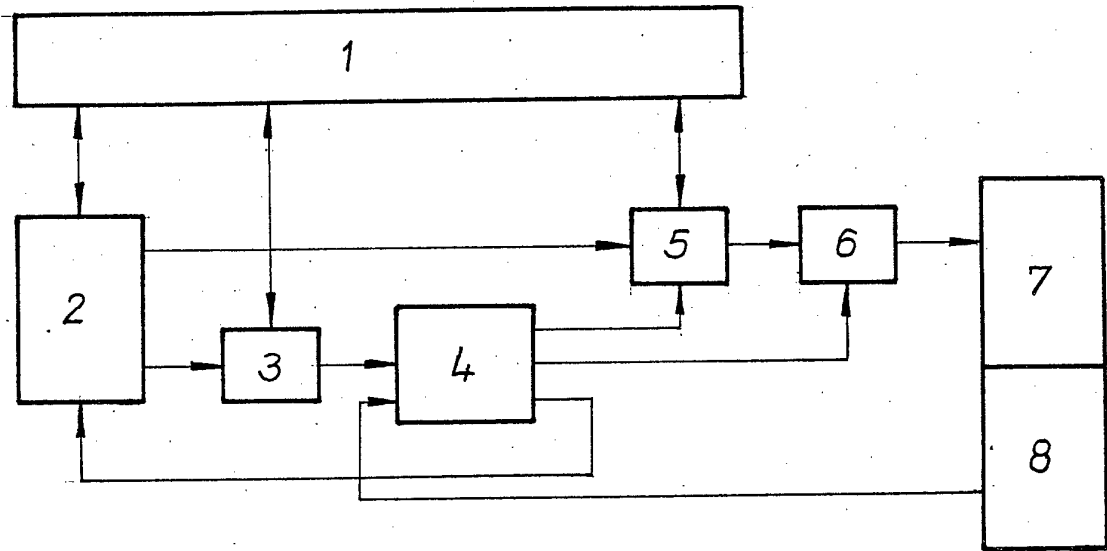


Fig. 1

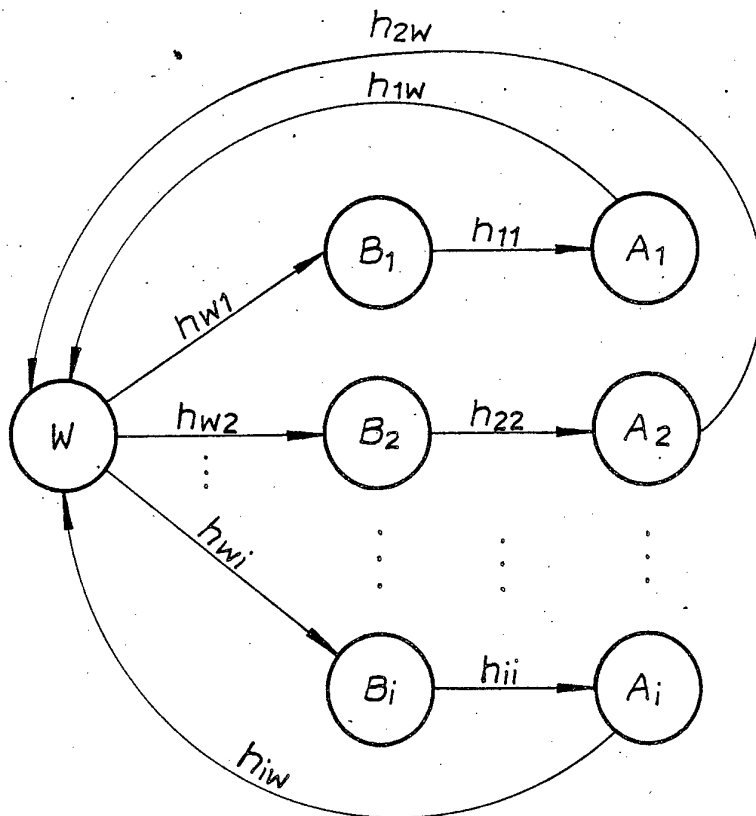


Fig. 2