



(21) WP G 06 F / 289 394 2

(22) 21.04.86

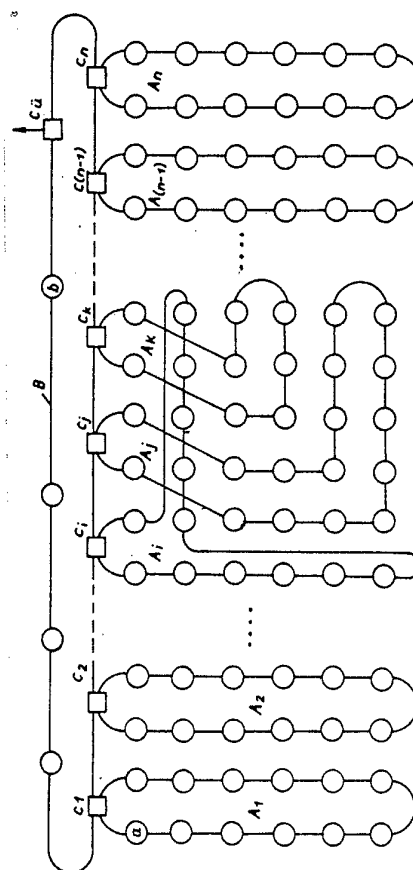
(44) 05.08.87

(71) VEB Geräte- und Regler-Werk Leipzig, 7027 Leipzig, Baalsdorfer Straße 55, DD

(72) Gibas, Peter, Dr.-Ing.; Kriesel, Werner, Prof. Dr.-sc. phil.; Kozub, Christoph, Dipl.-Ing.; Blanke, Wolfgang, Dipl.-Ing.; Heß, Frank; Schnelle, Olaf, Dipl.-Ing.; Helm, Peter; Rohbeck, Volker, Dipl.-Ing., DD

(54) Anordnung zur Informationsübertragung in hierarchisch gegliederten Automatisierungsanlagen

(57) Die Erfindung betrifft eine Informationsübertragungsstruktur in hierarchisch gegliederten Automatisierungsanlagen. Aufgabe der Erfindung ist es, eine Informationsübertragungsstruktur für Automatisierungsanlagen mit einer Menge von Funktionseinheiten mit eigener Informationsverarbeitungskapazität zu schaffen, mit der eine determinierte Projektierbarkeit der Informationsübertragung ermöglicht wird. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Menge der Funktionseinheiten der Automatisierungsanlage in Gruppen aufgeteilt ist. Die Informationsübertragung innerhalb jeder Gruppe wird durch ein Ringbussystem realisiert, wobei die obere zeitliche Grenze des Abstandes der Sendemöglichkeiten eine Funktionseinheit innerhalb einer Gruppe durch eine Gruppenübertragungszeitkonstante bestimmt wird. In das Bussystem jeder Gruppe ist eine Koppel-, Speicher-, Leitstation eingefügt. Die Stationen mehrerer Gruppen sind über ein hierarchisch übergeordnetes Bussystem miteinander verbunden, dessen maximale Datenübertragungszeit ebenfalls durch eine Konstante bestimmt wird. Über die Koppel-, Speicher-, Leitstationen können Datentelegramme für Funktionseinheiten in anderen Gruppen über den übergeordneten Bus zu den betreffenden Gruppenbus weitergeleitet werden. Fig. 1



Figur 1

Erfindungsanspruch:

1. Anordnung zur Informationsübertragung in hierarchisch gegliederten Automatisierungsanlagen mit einer Menge von Funktionseinheiten (a) mit eigener Informationsverarbeitungskapazität, bei der die Funktionseinheiten in Gruppen (A) aufgeteilt und über ein dezentral gesteuertes seriellcs Bussystem verbunden sind, **gekennzeichnet dadurch**, daß in das Bussystem jeder Gruppe (A) eine Koppel-, Speicher-, Leitstation (c) als gleichberechtigte Funktionseinheit eingefügt ist, daß die Koppel-, Speicher-, Leitstationen (c) aller Gruppen (A) über ein übergeordnetes seriellcs Bussystem (B) analog dem Bussystem der Einzelgruppen (A) verbunden sind, daß die Koppel-, Speicher-, Leitstation (c) während eines Zeitzyklusses alle Informationen über den Zustand der Funktionseinheiten (a) der Gruppe bzw. deren gesendete Information speichert, daß auf den Speicher der Koppel-, Speicher-, Leitstation (c) zeitlich wahlfrei und gegenseitig ohne Einfluß seitens des Gruppenbusses oder des übergeordneten Busses (B) zugegriffen werden kann und daß von Koppel-, Speicher-, Leitstationen (c) Datentelegramme für Funktionseinheiten (a) in anderen Einzelgruppen (A) über den übergeordneten Bus (B) zu dem betreffenden Gruppenbus weitergeleitet werden.
2. Anordnung zur Informationsübertragung in hierarchisch gegliederten Automatisierungsanlagen nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Koppel-, Speicher-, Leitstationen (c) im übergeordneten Bussystem (B) mit hierarchisch übergeordneten Funktionseinheiten (b) verbunden sind.
3. Anordnung zur Informationsübertragung in hierarchisch gegliederten Automatisierungsanlagen nach Anspruch 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Koppel-, Speicher-, Leitstationen (c) eine Leiteinrichtung (o) hat, mit der Leitfunktionen für die Teilnehmer einer Gruppe (A) generiert werden können oder an dieser von hierarchisch übergeordneten Funktionseinheiten (b) weitergegeben werden können.
4. Anordnung zur Informationsübertragung in hierarchisch gegliederten Automatisierungsanlagen nach Anspruch 1 bis 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Koppel-, Speicher-, Leitstation (C₀) mit weiteren Hierarchieebenen verbunden ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Informationsübertragung in hierarchisch aufgebauten Automatisierungsanlagen mit einer Menge von intelligenten Teilnehmern, die der Menge der Funktionseinheiten mit eigener Informationsverarbeitungskapazität entspricht, insbesondere solcher Automatisierungsanlagen, in denen ein hoher Anteil an dezentralen Komponenten zu verzeichnen ist.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es sind verschiedene Informationsübertragungsstrukturen für Automatisierungsanlagensysteme bekannt. Ausgehend von anfangs verwendeten sternförmigen Informationsübertragungsstrukturen erfolgte der Übergang zu linienförmigen Busstrukturen und Ringstrukturen. Darauf aufbauend entwickelte sich in den am weitesten fortgeschrittenen Automatisierungsanlagensystemen eine netzförmige Informationsübertragungsstruktur aus Linienstrukturen. Hinsichtlich der Steuerung der Informationsübertragung ist der Übergang von der zentralen zur dezentralen Steuerung zu verzeichnen. Dabei verschiebt sich das zur Zeit noch vorhandene Übergewicht, der stochastischen Zugriffssteuerungsverfahren unter dem Einfluß des Echtzeitbetriebes zugunsten der deterministischen Zugriffssteuerverfahren.

Die Entwicklung der Automatisierungsanlagensysteme zeigt eindeutig den Trend zu hierarchisch aufgebauten, räumlich verteilten Systemen aus Komponenten mit eigener Informationsverarbeitungskapazität. Der Vorteil derartiger Systeme liegt vor allem in der relativen Autonomie der technologischen Teilprozesse, in der Verbesserung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit in bezug auf zentrale Systeme und in einer besseren Transparenz der Anlagentopologie gegenüber dem technologischen Prozeß. Des weiteren verbessern solche Systeme die Möglichkeiten für Änderungen und Erweiterungen in Automatisierungsanlagensystemen. Entsprechend den spezifischen Anforderungen an Prozeßautomatisierungssysteme entstehen bei hierarchisch zu strukturierenden, räumlich verteilten Systemen qualitativ völlig neue Forderungen an das verwendete Informationsübertragungssystem. Diese bestehen insbesondere in einer extrem niedrigen Übertragungsfehlerrate, in der Forderung nach der Möglichkeit einer dynamischen Rekonfiguration bei Ausfall einzelner Komponenten durch die Verwendung fehlertoleranter Informationsübertragungsstrukturen. Weitere Forderungen bestehen in der leichten Anpaßbarkeit der Automatisierungsanlagen an Veränderungen des technologischen Prozesses bzw. an einer Optimierung der Automatisierungskonzeption und der Gewährleistung der Echtzeitforderungen, die sich in der Einhaltung von projektierbaren Grenzen von Verzögerungszeiten für die Übertragung von Informationen zwischen einzelnen Funktionseinheiten äußern. Diese Forderungen insgesamt können von derzeitig vorhandenen Prozeßautomatisierungssystemen nur ungenügend erfüllt werden.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist eine Anordnung zur Informationsübertragung in hierarchisch gegliederten Automatisierungsanlagen mit verbesserten Möglichkeiten der Rekonfigurierbarkeit, der Projektierbarkeit nach Echtzeitforderungen und der CAD-Optimierung in bezug auf Topologie, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit sowie Reaktionszeit der Automatisierungsanlage.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Anordnung zur Informationsübertragung in hierarchisch gegliederten Automatisierungsanlagen zu schaffen, mit der eine determinierte Projektierbarkeit der Informationsübertragung, daß heißt, eine Projektierbarkeit der oberen Grenze der Belastbarkeit des Bussystems ermöglicht wird. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die im folgenden beschriebene Anordnung gelöst.

Die Menge der Funktionseinheiten der Automatisierungsanlage mit eigener Informationsverarbeitungskapazität ist in Gruppen aufgeteilt. Die Funktionseinheiten einer Gruppe sind jeweils durch ein deterministisches, dezentral gesteuertes, fehlertolerantes, serielles Bussystem miteinander verbunden. In das Bussystem jeder Gruppe ist eine Koppel-, Speicher- und Leitstation als gleichberechtigte Funktionseinheit eingefügt. Die Koppel-, Speicher-, Leitstationen aller Gruppen, sind über ein serielles Bussystem analog dem der Gruppen miteinander verbunden. Eine Koppel-, Speicher-, Leitstation besteht im wesentlichen aus den Buskopplungsbausteinen, einer Speichereinheit und den Speichersteuerungsbaustein. Der Speichersteuerungsbaustein ist mit den Buskopplungsbaustein und zusätzlich mit einer Leiteinrichtung verbunden.

Im folgenden wird die Funktion der erfindungsgemäßen Anordnung näher beschrieben.

Unter der Voraussetzung der Verwendung eines Ringbussystems mit adressentransparenter gleichartiger Hardware in den Funktionseinheiten, mit deterministischem Zugriffsverfahren und zyklisch umlaufenden Zugriffsrecht wird eine obere Wartezeitgrenze zwischen zwei aufeinanderfolgenden Sendemöglichkeiten für jede beliebige Funktionseinheit der Gruppe garantiert. Folglich ist die Zeitdauer zwischen zwei Sendemöglichkeiten einer Funktionseinheit einer Gruppe bei festgelegter Datentelegrammlänge bestimmbar. Dieser Zeitzyklus wird durch die Gruppenübertragungszeitkonstante repräsentiert. In der Koppel-, Speicher-, Leitstation werden alle innerhalb eines solchen Zeitzyklusses eingehenden Informationen über den Zustand der Funktionseinheiten bzw. deren gesendete Informationen gespeichert. Auf den Speicher der Koppel-, Speicher-, Leitstation kann seitens des Gruppenbusses oder des hierarchisch übergeordneten Busses zeitlich wahlfrei und gegenseitig ohne Einfluß zugegriffen werden. Das Senderecht im übergeordneten Bus ist analog dem der einzelnen Gruppenbusse. Demzufolge kann innerhalb eines Zeitzyklusses, der durch die Übertragungskonstante des übergeordneten Busses repräsentiert wird, jede Koppel-, Speicher-, Leitstation ihre gespeicherten Informationen einmal senden, wobei alle anderen Stationen hörende Teilnehmer sind. Anhand des Adreßteiles des gesendeten Datentelegramms erkennt die entsprechende Koppel-, Speicher-, Leitstation ob die gesendete Information für eine Funktionseinheit ihrer Gruppe bestimmt ist. Ist das der Fall, wird die Information gespeichert, und bei Erlangung des Senderechtes innerhalb der Gruppe durch die Koppel-, Speicher-, Leitstation von dieser gesendet, wobei alle Funktionseinheiten der Gruppe hörende Teilnehmer sind. Die Funktionseinheit für die die Information bestimmt ist, erkennt das am Adreßteil des Datentelegramms. Auf diese Weise, können zwischen beliebigen Funktionseinheiten beliebiger Gruppen Informationen ausgetauscht werden. Im Gegensatz zu bekannten Informationsübertragungssystemen wird bei dem hier beschriebenen System die maximale Übertragungszeit einer Information von einer beliebigen Funktionseinheit einer Gruppe an jede beliebige Funktionseinheit einer anderen Gruppe bestimmbar. Sie ergibt sich aus der Summe der Übertragungszeitkonstante der Gruppe deren Funktionseinheit die Nachricht sendet, der Übertragungszeitkonstante des übergeordneten Bussystems und der Übertragungszeitkonstante der Gruppe für deren Funktionseinheit die Nachricht bestimmt ist.

In das hierarchisch übergeordnete Bussystem können zusätzlich hierarchisch übergeordnete Funktionseinheiten eingefügt sein. Der Informationsaustausch zwischen diesen Funktionseinheiten und Funktionseinheiten einer beliebigen Gruppe vollzieht sich analog über die Koppel-, Speicher-, Leitstation der Gruppe, für die die Information bestimmt ist bzw. von der die Information kommt. Die maximale Übertragungszeit ergibt sich in einem solchen Fall aus der Summe der Übertragungszeitkonstante des übergeordneten Bussystems und der jeweiligen Gruppenübertragungszeitkonstante.

Eine weitere Funktion der Koppel-, Speicher-, Leitstation besteht darin, daß Leitfunktionen für die Funktionseinheiten einer Gruppe von hierarchisch übergeordneten Teilnehmern weitergegeben werden können.

Der wesentliche Vorteil der erfindungsgemäßen Informationsübertragungsstruktur besteht darin, daß determinierbare Reaktionszeiten als eine der wesentlichen Kriterien für den Echtzeitbetrieb in Prozeßautomatisierungsanlagen projektierbar werden. Die maximale Übertragungszeit von beliebigen Funktionseinheiten untereinander wird eindeutig bestimmbar. Darüber hinaus wird durch die beliebige Austauschbarkeit von Teilnehmern, die sich nur auf Änderungen in der Software von Adressenkodern auswirkt, eine CAD-Optimierung der Informationsübertragungsstruktur möglich, z.B. hinsichtlich der Minimierung des Informationstransfers zwischen den Gruppen, der Einhaltung bestimmter Echtzeitforderungen und Reaktionszeiten und der Berücksichtigung von topologischen und Zuverlässigkeitsforderungen. Ausgangspunkt kann dabei eine Basislösung sein, die von rein topologischen Darlegungsprinzipien ausgeht. Durch die Optimierung können dann Funktionseinheiten auch anders zugeordnet werden.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend anhand eines Ausführungsbeispieles näher erläutert werden. Die Zeichnungen zeigen:

Figur 1: die erfindungsgemäße Informationsübertragungsstruktur

Figur 2: den prinzipiellen Aufbau einer Koppel-, Speicher-, Leitstation

Die Gesamtmenge der Funktionseinheiten (a) der Automatisierungsanlage ist in Gruppen (A) aufgeteilt. Die Funktionseinheiten einer Gruppe (A) sind über ein Ringbussystem mit einander verbunden. In diese Ringbussysteme jeweils eingefügt ist eine Koppel-, Speicher-, Leitstation (c). Diese Stationen sind darüber hinaus durch ein übergeordnetes Ringbussystem (B) miteinander verbunden. In dieses Ringbussystem (B) können zusätzlich den Funktionseinheiten (a) der Gruppen hierarchisch übergeordnete Funktionseinheiten (b) eingefügt sein. Außerdem können auch Koppel-, Speicher-, Leitstationen mit weiteren Hierarchieebenen verbunden sein. In der Zeichnung ist das durch eine Koppel-, Speicher-, Leitstation (c₀) angedeutet. Innerhalb jedes Bussystems besteht ein deterministisches Zugriffsverfahren mit zyklisch umlaufenden Zugriffsrecht. Das bedeutet, daß innerhalb eines bestimmten Zeitzyklusses jeder Funktionseinheit (a) bzw. jeder hierarchisch übergeordneten Funktionseinheit (b) im übergeordneten Ringbussystem genau einmal das Senderecht erteilt wird. Die zyklisch umlaufende Erteilung des Senderechts erfolgt in den einzelnen Bussystemen unabhängig voneinander. Innerhalb jeder Gruppe (A) ist die Koppel-, Speicher-, Leitstation (c) gleichberechtigt gegenüber den Funktionseinheiten (a). Die Gleichberechtigung bewirkt, daß während eines Zeitzyklusses auch die Koppel-, Speicher-, Leitstation (c) einmal das Senderecht erhält. Während der Sendezeit einer Funktionseinheit (a) sind alle anderen Funktionseinheiten der Gruppe und die Koppel-, Speicher-, Leitstation (c) hörende Teilnehmer. Die Zeitdauer, in der jede Funktionseinheit (a) der Gruppe, einschließlich der Koppel-, Speicher-, Leitstation (c) genau einmal das Senderecht erhält, wird somit bei fester Datentelegrammlänge bestimmbar. Innerhalb der Gruppe wird diese Zeitdauer durch die Gruppenübertragungskonstante Δt_A repräsentiert.

Die Koppel-, Speicher-, Leitstation (c) jeder Gruppe (A) verfügt über einen Speicher I (1), der während eines Zeitzyklus Δt_A alle Informationen über den Zustand der Funktionseinheiten (a) der Gruppe (A) bzw. deren gesendete Informationen speichert. Mittels der Speicher- und Datenflußsteuerung (g) der Koppel-, Speicher-, Leitstation (c) werden die Daten, die zur Weitergabe aus dem Gruppenbus bestimmt sind aus dem Speicher I (1) in einen Speicher I' (e) übertragen.

Innerhalb des übergeordneten Bussystems (B) ist die Datenweitergabe analog der der Gruppenbussysteme organisiert. Demzufolge erhält entsprechend der Vergabe des Senderechts jede Koppel-, Speicher-, Leitstation (c) innerhalb eines bestimmten Zeitzyklusses einmal das Senderecht im übergeordneten Bussystem (B). Die Dauer dieses Zeitzyklusses wird durch die Übertragungszeitkonstante des hierarchisch übergeordneten Bussystems (B) Δt_B repräsentiert.

Dabei sind alle anderen Koppel-, Speicher-, Leitstationen (c) sowie alle hierarchisch übergeordneten Funktionseinheiten (b) hörende Teilnehmer. Während der Sendezeit werden alle in Speicher I' (e) gespeicherten Informationen an das übergeordnete Bussystem (B) abgegeben. Am Adreßteil des Datentelegrammes erkennen die anderen Koppel-, Speicher-, Leitstationen, ob die Information für ihre Gruppe bestimmt ist. Die Koppel-, Speicher-, Leitstation (c) für deren Gruppe (A) die Information bestimmt ist speichert diese in ihrem Speicher II (f). Mittels der Speicher- und Datenflußsteuerung werden die Informationen, die für eine Funktionseinheit (a) der Gruppe (A) bestimmt sind in den Speicher II' (m) übertragen und bei Erlangung des Senderechts innerhalb der Gruppe gesendet. Am Adreßteil des Datentelegramms erkennt die entsprechende Funktionseinheit der Gruppe, ob die Information für sie bestimmt ist.

Auf Grund dieser Informationsübertragungsstruktur läßt sich die maximale Übertragungszeit von einer Funktionseinheit (a) einer Gruppe (A) zu einer beliebigen Funktionseinheit (a) einer anderen Gruppe (A) bestimmen. Die maximale Übertragungszeit $T_{\text{Ümax}}$ für die Übertragung einer Information aus der Gruppe (A₁) für eine Funktionseinheit der Gruppe (A_n) ermittelt sich demzufolge nach der Gleichung

$$T_{\text{Ümax}} = \Delta t_{A_1} + \Delta t_B + \Delta t_{A_n}$$

Hierbei ist

$T_{\text{Ümax}}$ = maximale Übertragungszeit von einer Funktionseinheit einer Gruppe zu einer beliebigen Funktionseinheit einer anderen Gruppe

Δt_{A_1} = Gruppenübertragungszeitkonstante, der Gruppe, deren Funktionseinheit eine Information sendet

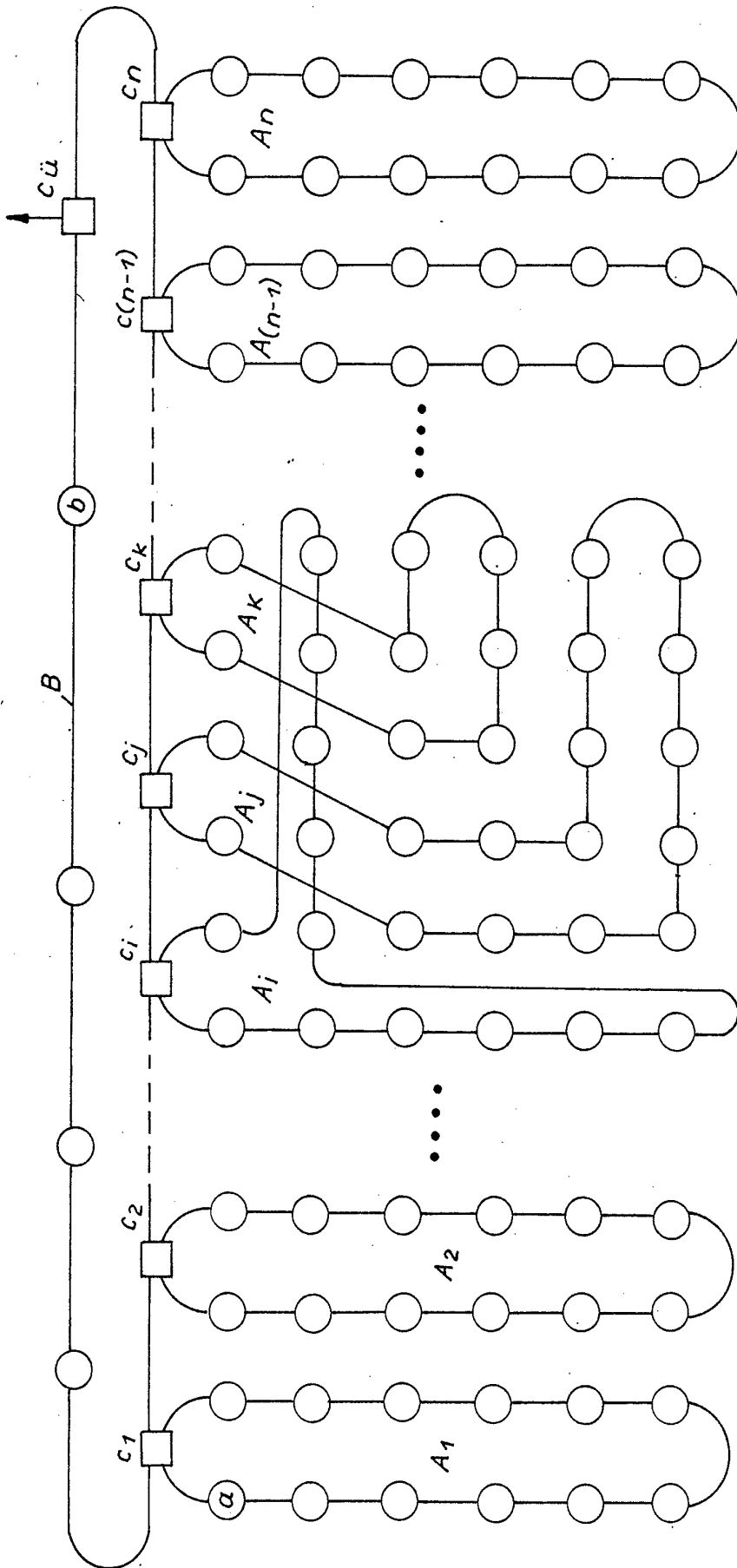
Δt_B = Übertragungszeitkonstante des hierarchisch übergeordneten Bussystems

Δt_{A_n} = Gruppenübertragungszeitkonstante der Gruppe, für deren Funktionseinheit die gesendete Information bestimmt ist.

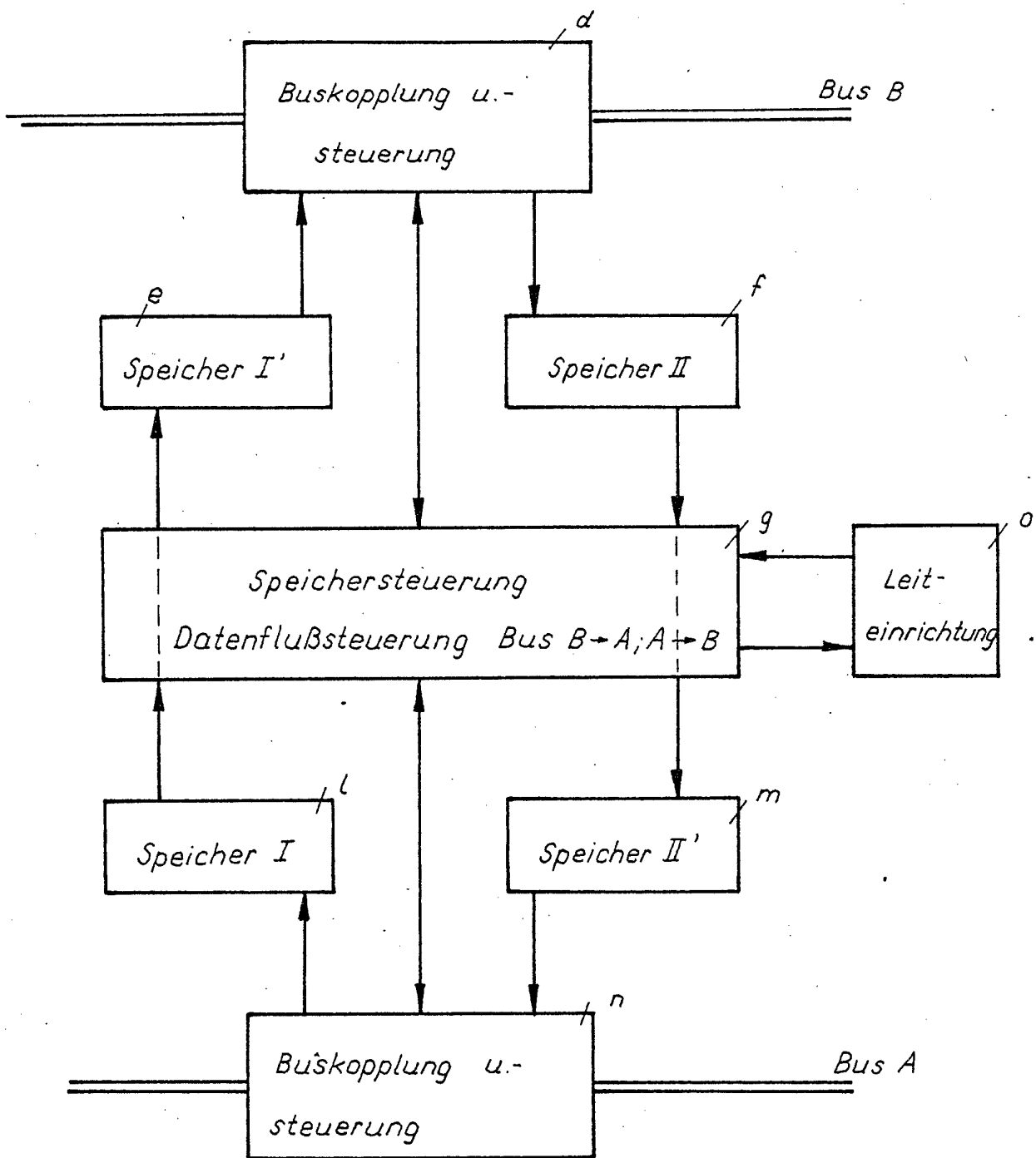
Die Informationsübertragung zwischen einer beliebigen Funktionseinheit (a) einer Gruppe (A) und einer hierarchisch übergeordneten Funktionseinheit vollzieht sich analog. Die maximale Übertragungszeit ermittelt sich dabei nach folgender Beziehung:

$$T_{\text{Ümax}} = \Delta t_B + \Delta t_A$$

Auf Grund der Tatsache, daß die maximalen Übertragungszeiten bestimmbar sind, ist es möglich determinierbare Reaktionszeiten als eines der wesentlichen Kriterien für den Echtzeitbetrieb im Prozeßautomatisierungssystem zu projektieren.



Figur 1



Figur 2