



(10) **DE 10 2012 204 536 A1** 2013.05.08

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 204 536.8**

(22) Anmeldetag: **21.03.2012**

(43) Offenlegungstag: **08.05.2013**

(51) Int Cl.: **H04L 12/40 (2012.01)**

(71) Anmelder:

Siemens Aktiengesellschaft, 80333, München, DE

(72) Erfinder:

**Maurmaier, Mathias, 70839, Gerlingen, DE; Balduf,
Jochen, 76707, Hambrücken, DE**

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

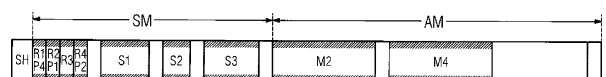
DE 34 24 866 C2
DE 197 21 740 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Netzwerk und Verfahren zur Übertragung von Daten über ein gemeinsames Übertragungsmedium**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Netzwerk und ein Verfahren zur Übertragung von Daten über ein gemeinsames Übertragungsmedium (5) mit mehreren Teilnehmern (2, 3, 4). Die Datenübertragung erfolgt in wenigstens einem Übertragungszyklus mit einstellbarer Zeitdauer, wobei jeder Übertragungszyklus in wenigstens einen ersten Zeitbereich (SM) mit synchronem Medienzugriffsverfahren und wenigstens einen zweiten Zeitbereich (AM) mit asynchronem Medienzugriffsverfahren unterteilt ist. Im ersten Zeitbereich (SM) ist jedem im zweiten Zeitbereich (AM) sendeberechtigten Teilnehmer (2, 3, 4) ein Zeitschlitz (R1, R2, R3, R4) zugeordnet, in welchem er bei Bedarf einen Medienzugriffswunsch für eine im zweiten Zeitbereich (AM) zu sendende Nachricht (M2, M4) überträgt. Die Teilnehmer (2, 3, 4) werten die im ersten Zeitbereich (SM) übertragenen Medienzugriffswünsche aus und bestimmen anhand eines Priorisierungsverfahrens einen Zeitpunkt für einen Medienzugriff zum Senden einer zu sendenden Nachricht im zweiten Zeitbereich (AM) des aktuellen Übertragungszyklus oder eines späteren Übertragungszyklus. Das hat den Vorteil, dass zum einen eine weitgehend deterministische Datenübertragung ermöglicht und zum anderen eine lediglich geringe Rechenleistung der vergleichsweise einfach aufgebauten Teilnehmer benötigt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Netzwerk mit mehreren Teilnehmern sowie ein Verfahren zur Übertragung von Daten über ein gemeinsames Übertragungsmedium, wobei die Daten in wenigstens einem Übertragungszyklus mit einstellbarer Zeitdauer übertragen werden und wobei jeder Übertragungszyklus in wenigstens einen ersten Zeitbereich mit synchronem Medienzugriffsverfahren und wenigstens einen zweiten Zeitbereich mit asynchronem Medienzugriffsverfahren unterteilt ist, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Im Bereich der Datenkommunikation kann zwischen synchronen und asynchronen Medienzugriffsverfahren unterschieden werden. Bei einem im Sinne der vorliegenden Anmeldung asynchronen Verfahren werden die Daten zu einem bei der Auslegung des Netzwerks nicht vorbestimmten Zeitpunkt gesendet. Im synchronen Fall wird dagegen bereits bei der Auslegung des Netzwerks eine zeitliche Festlegung getroffen, wann welcher Teilnehmer auf ein gemeinsames Übertragungsmedium, welches auch als Bus bezeichnet werden kann, zugreifen und seine Daten senden darf. Zu den synchronen Medienzugriffsverfahren gehört das Zeitmultiplexverfahren, das auch als Time Division Multiple Access (TDMA) bezeichnet wird. Bei diesem Verfahren erfolgt eine deterministische Übertragung der Daten, bei welcher jeder sendeberechtigte Teilnehmer für seine zyklisch zu übertragenden Daten einen Zeitschlitz innerhalb eines Übertragungszyklus von einstellbarer Zeitdauer zugesichert bekommt. Im Vorfeld, d. h. vor der eigentlichen Datenübertragung in den Übertragungszyklen, wird geplant, wie die Zeitslitze den einzelnen Teilnehmern zugeteilt werden müssen, damit die zur Verfügung stehende Bandbreite des Netzwerks mit gemeinsamem Übertragungsmedium optimal ausgenutzt werden kann. Ein Übertragungszyklus beginnt üblicherweise mit einem so genannten Sequenzheader, der zur Synchronisation der Netzwerkteilnehmer auf eine gemeinsame Zeitbasis dient. Diesem folgen bei dem synchronen Medienzugriffsverfahren feste, den einzelnen Teilnehmern zugeordnete Zeitslitze, zwischen welchen typischerweise eine kurze Pause zur Kompensation von Uhrzeittoleranzen eingeplant ist. Der Nachteil des synchronen Medienzugriffsverfahrens liegt in seiner fehlenden Flexibilität, da im Voraus nicht planbare Nachrichten mit diesem Medienzugriffsverfahren nicht berücksichtigt werden können.

[0003] Mit diesem Nachteil sind asynchrone Medienzugriffsverfahren nicht behaftet. Bei diesen Verfahren wird der Buszugriff dynamisch während der Laufzeit bestimmt. Bei dem so genannten Carrier Sense Multiple Access (CSMA)-Verfahren wird das gemeinsame Übertragungsmedium von allen sendebereiten Teilnehmern abgehört, um festzustellen, ob gerade eine Datenübertragung stattfindet. Wenn der Bus frei ist, darf gesendet werden, wobei unterschiedliche Mechanismen bekannt sind, mit welchen ein gleichzeitiger Sendeversuch mehrerer Teilnehmer verhindert oder zumindest erkannt wird. Hinsichtlich der verschiedenen Mechanismen werden die Derivate Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance (CSMA/CA), Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection (CSMA/CD) und Carrier Sense Multiple Access / Collision Resolution (CSMA/CR) unterschieden. Bei dem CSMA/CA-Verfahren wird versucht, Kollisionen durch eine zufällige oder eine teilnehmerspezifische Wartezeit vor dem eigentlichen Buszugriff zu vermeiden. Dieses Verfahren wird primär bei drahtlosen Bussystemen genutzt. Bei dem Verfahren CSMA/CD wird eine Kollision auf dem Bus erkannt, bei Kollision die Übertragung abgebrochen und nach einer Verzögerungszeit ein erneuter Sendeversuch gestartet. Dieses Verfahren wird beispielsweise bei Ethernet eingesetzt. Bei dem Verfahren CSMA/CR wird versucht, Kollisionen durch bitweise Arbitrierung aufzulösen. Damit kann auch eine Priorisierung der zu übertragenden Daten realisiert werden, sodass ein höher priorisiertes Datenpaket bevorzugt übertragen wird. Dieses Verfahren wird u. A. beim so genannten Controller Area Network (CAN) eingesetzt. Die Kollisionsauflösung wird beim CSMA/CR-Verfahren im Regelfall durch spezielle Hardware-Treiberbausteile realisiert.

[0004] Asynchrone Medienzugriffsverfahren haben den Nachteil, dass sie keine deterministische Kommunikation erlauben. Dies ist insbesondere in sicherheitsgerichteten Systemen oftmals nicht tolerierbar. Zudem wird für das Aushandeln des Medienzugriffs eine gewisse Zeit und damit ein Overhead benötigt, der die Nutzdatenübertragungsrate verringert.

[0005] Aus der EP 1388238 B1 sowie der US 6483846 B1 sind Beispiele für hybride Medienzugriffsverfahren bekannt, die eine Kombination von synchronen und asynchronen Zugriffsverfahren darstellen. Damit werden die Vorteile beider Verfahren kombiniert. Die bekannten hybriden Zugriffsverfahren führen jedoch zu einer deutlichen Steigerung der Komplexität des Übertragungsprotokolls und somit zu hohen Anforderungen an die in den beteiligten Teilnehmern zur Verfügung stehende Rechenleistung. Bei den bekannten hybriden Medienzugriffsverfahren findet die Kommunikation in Übertragungszyklen mit einer Zeitdauer statt, deren Länge bei der Netzwerkauslegung festgelegt sein kann. In einem ersten Zeitbereich des Übertragungszyklus wird ein synchrones Medienzugriffsverfahren, in einem zweiten Zeitbereich ein asynchrones genutzt. In dem zweiten Zeitbereich mit asynchronem Medienzugriffsverfahren erfolgt sowohl die Busarbitrierung als auch die Übermittlung der zu sendenden Daten. Wenn eine hohe Nutzdatenrate erreicht werden soll, muss die für die Bus-

arbitrierung aufgewendete Zeit minimiert werden. Dies führt zu der Anforderung, das für die Busarbitrierung verwandte Protokoll schnell und in Echtzeit abzuarbeiten.

[0006] In der Automatisierungstechnik werden Netzwerke zur Datenübertragung in der Leitebene und in der Feldebene eingesetzt. In der Feldebene kommunizieren prozessnahe Komponenten, so genannte Feldgeräte, meist über Feldbusse miteinander, die drahtlos oder auch drahtgebunden sein können. Dabei werden vielfältige Feldgeräte für die Prozessinstrumentierung eingesetzt. Messumformer dienen zur Erfassung von Prozessvariablen, wie beispielsweise Temperatur, Druck, Durchflussmenge, Füllstand, Dichte oder Gaskonzentration eines Mediums. Durch Stellglieder kann der Prozessablauf in Abhängigkeit von erfassten Prozessvariablen entsprechend einer beispielsweise von einer Leitstation vorgegebenen Strategie beeinflusst werden. Als Beispiele für Stellglieder seien ein Regelventil, eine Heizung oder eine Pumpe genannt. Derartige Feldgeräte werden zunehmend modular aufgebaut. Das hat zur Folge, dass für die Kommunikation zwischen den einzelnen Modulen ebenfalls ein drahtloses oder drahtgebundenes Netzwerk benötigt wird. Beispielsweise ist es durch einen modularen Aufbau eines Feldgeräts möglich, dass eine elektronische Auswerteeinheit, die häufig auch als Transmitter bezeichnet wird, Daten mit mehreren digitalen Messköpfen, so genannten Sensoren, austauscht, die nahe beieinander oder räumlich über eine kurze Distanz voneinander getrennt sein können. Aus Kostengründen steht jedoch den Modulen der Feldgeräte meist nur eine vergleichsweise geringe Rechenleistung zur Verfügung. Eine Realisierung eines Protokolls mit hybridem Medienzugriffsverfahren und kurzer Reaktionszeit in dem zweiten Zeitbereich mit asynchronem Zugriff in Software erfordert in nachteiliger Weise hohe Rechenleistungen in den einzelnen Modulen. Auf Feldgeräten mit geringer Rechenleistung sind daher herkömmliche hybride Medienzugriffsverfahren nur dann in Software realisierbar, wenn die Übertragungsrate entsprechend gering ist und im Protokoll große Toleranzen für Medienzugriffe vorgesehen sind. Diese Toleranzen reduzieren wiederum die Nutzdatenrate. Die genannten Nachteile könnten durch spezielle, integrierte Hardware-Bausteine in den Kommunikationsschnittstellen umgangen werden. Zusätzliche Hardware-Bausteine verursachen jedoch wiederum erhöhte Kosten bei der Herstellung des modularen Feldgeräts.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Netzwerk sowie ein Verfahren zur Übertragung von Daten über ein gemeinsames Übertragungsmedium zu schaffen, das geringe Anforderungen an die Rechenleistungen der Teilnehmer stellt und die Implementierung eines hybriden Medienzugriffsverfahrens auf Geräten, insbesondere auf Modulen von modular aufgebauten Feldgeräten, ermöglicht, in denen eine vergleichsweise geringe Rechenleistung zur Verfügung steht.

[0008] Zur Lösung dieser Aufgabe weist das neue Verfahren zur Übertragung von Daten über ein gemeinsames Übertragungsmedium die in Anspruch 1 angegebenen Merkmale auf. In den Ansprüchen 2 bis 8 sind vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens, in den Ansprüchen 9 und 10 ein Netzwerk zur Durchführung des Verfahrens und in Anspruch 11 ein Teilnehmer für ein derartiges Netzwerk beschrieben.

[0009] Will ein Teilnehmer im zweiten Zeitbereich mit asynchronem Medienzugriffsverfahren eine Nachricht senden, so meldet er seinen Zugriffswunsch im ersten Zeitbereich mit synchronem Medienzugriffsverfahren in einem dafür zugewiesenen Zeitschlitz an. Die Zuweisung des Zeitschlitzes ist bei der Auslegung des Netzwerks und somit vor dem jeweiligen Übertragungszyklus erfolgt. Eine Priorisierung der im zweiten Zeitbereich zu übertragenden Nachrichten kann beispielsweise anhand der Teilnehmeradresse oder der Reihenfolge der im ersten Zeitbereich den einzelnen Teilnehmern zugewiesenen Zeitschlitzes erfolgen. In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wird neben dem Zugriffswunsch auch die Priorität der zu sendenden Nachricht den anderen Teilnehmern mitgeteilt. Auf der Basis der von den sendeberechtigten Teilnehmern angemeldeten Zugriffswünsche bestimmen die Teilnehmer nach einem einfachen Algorithmus die Sendereihenfolge und damit den jeweiligen Zeitpunkt, zu welchem sie auf das gemeinsame Übertragungsmedium zugreifen und ihre Nachricht aussenden können. Dies führt zu einer A-priori-Auflösung von möglichen Kollisionen bei Medienzugriffen im zweiten Zeitbereich der Übertragungszyklen. Teilnehmer können zum jeweiligen, für den Medienzugriff berechneten Zeitpunkt auf das gemeinsame Übertragungsmedium zugreifen, ohne vorher durch Abhören die Belegung des Mediums prüfen zu müssen. Dadurch wird Rechenleistung eingespart und eine Realisierung des Verfahrens auch in Software auf Geräten mit vergleichsweise geringer zur Verfügung stehender Rechenleistung ermöglicht. Komplexe Verfahren zur Kollisionserkennung und Vermeidung, wie sie in den Buszugriffsverfahren CSMA/CA und CSMA/CD verwirklicht sind, können nun entfallen. Im Vergleich zum CSMA/CR-Verfahren sind in vorteilhafter Weise kein ständiges, bitweises Mitlesen am Bus und keine entsprechend schnellen Entscheidungen über einen Abbruch eines Sendevorgangs in Echtzeit bei erkannter Kollision mit einer höher priorisierten Nachricht erforderlich. Dies führt ebenfalls zu einer Verringerung der Echtzeitanforderungen und damit zu einer Reduzierung der benötigten Rechenleistung in den einzelnen Busteilnehmern. Somit ist auch in einfachen Geräten eine Realisierung in Software möglich und teure Hardware-Bausteine können entfallen.

[0010] Ein weiterer Vorteil ist, dass der zweite Zeitbereich mit asynchronem Medienzugriffsverfahren durch das Ankündigen von Medienzugriffen besser zur Nutzdatenübertragung ausgenutzt werden kann als dies bei Anwendung der bekannten CSMA/CA- oder CSMA/CD-Verfahren der Fall wäre. Zudem ist mit der Anmeldung der zu sendenden Nachricht die jeweilige Quelladresse des sendenden Teilnehmers den übrigen Teilnehmern bekannt, sodass diese nicht mehr als Arbitrierungsinformation mit der jeweiligen Nachricht übertragen werden muss.

[0011] Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die für Medienzugriffswünsche der sendeberechtigten Teilnehmer vorgesehenen Zeitschlitze im ersten Zeitbereich vor weiteren Zeitschlitzen angeordnet, die Teilnehmern im ersten Zeitbereich der Übertragungszyklen zugeordnet sind, welche zyklisch Daten senden. Damit werden die Anforderungen an die Rechenleistung der Teilnehmer weiter reduziert, da nach Empfangen der Medienzugriffswünsche im ersten Zeitabschnitt für die Teilnehmer genügend Zeit zur Auswertung und zum Bestimmen des Zeitpunkts für einen eigenen Medienzugriff im zweiten Zeitbereich mit asynchronem Medienzugriffsverfahren verbleibt.

[0012] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird, wie bereits oben kurz erwähnt, mit einem Medienzugriffswunsch eines im zweiten Zeitbereich sendeberechtigten Teilnehmers auch die Priorität der zu sendenden Nachricht übertragen. Dadurch kann die Reihenfolge der Erfüllung der verschiedenen Medienzugriffswünsche in vorteilhafter Weise an die jeweilige Dringlichkeit oder Bedeutung der Nachrichten angepasst werden. Ohne diese Maßnahme wäre bei mehreren Medienzugriffswünschen eine Festlegung der Sendereihenfolge bereits anhand der Teilnehmeradresse oder anhand der Ordnung der im ersten Zeitbereich den Teilnehmern zur Übertragung der Zugriffswünsche zugeordneten Zeitschlitze möglich und nach der Auslegung des Netzwerks fest vorgegeben.

[0013] In besonders einfacher Weise können Konflikte beim Medienzugriff im zweiten Zeitbereich zuverlässig vermieden werden, wenn im Priorisierungsverfahren die Prioritäten der jeweils zu sendenden Nachrichten und, falls Medienzugriffswünsche für mehrere zu sendende Nachrichten gleicher Priorität vorliegen, die Adressen der Teilnehmer mit Medienzugriffswünschen oder die Ordnung der im ersten Zeitbereich den Teilnehmern zur Übertragung der Zugriffswünsche zugeordneten Zeitschlitze ausgewertet werden. Damit kann immer eine eindeutige Reihenfolge der zu sendenden Nachrichten bestimmt werden.

[0014] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Länge des zweiten Zeitbereichs durch eine bei der Auslegung des Netzwerks vorgenommene Parametrierung fest vorbestimmt, die Teilnehmer überwachen nach Übertragen eines Medienzugriffswunsches durch Mithören am Übertragungsmedium die vollständige Übertragung der vor der eigenen Nachricht zu übertragenden Nachricht und ermitteln zur Bestimmung des Zeitpunkts für einen Medienzugriff zum Senden der eigenen Nachricht, ob die eigene Nachricht in der verbleibenden Zeit des zweiten Zeitbereichs noch vollständig gesendet werden kann. Das hat den Vorteil, dass Nachrichten variabler Länge gesendet werden können und dass die Ausnutzung der Bandbreite des Übertragungsmediums verbessert wird, da häufig mehr als eine Nachricht im zweiten Zeitbereich mit asynchronem Medienzugriffsverfahren gesendet werden können.

[0015] Eine besonders geringe Rechenleistung wird in den Teilnehmern bei einer weiteren Ausführungsform benötigt, bei welcher die Länge des zweiten Zeitbereichs ebenfalls vorbestimmt ist. Hier berechnet der Teilnehmer, dessen Nachricht die zweite in der Reihenfolge der im zweiten Zeitbereich des Übertragungszyklus zu sendenden Nachrichten ist, den Zeitpunkt für den Medienzugriff so, dass die eigene Nachricht gerade noch vollständig im zweiten Zeitbereich gesendet werden kann. Erst kurz vor dem Zeitpunkt des Medienzugriffs prüft der Teilnehmer zur Vermeidung einer Zugriffskollision, ob das Übertragungsmedium für die Übertragung seiner eigenen Nachricht frei ist. Dadurch kann in vorteilhafter Weise ein längeres Mithören am gemeinsamen Übertragungsmedium entfallen.

[0016] Eine Ausführungsform der Erfindung, bei welcher die Länge des zweiten Zeitabschnitts in Abhängigkeit der in einem Übertragungszyklus übertragenen Medienzugriffswünsche derart festgelegt wird, dass alle im zweiten Zeitbereich zu sendenden Nachrichten im zweiten Zeitbereich desselben Übertragungszyklus übertragbar sind, hat den Vorteil, dass besonders kurze Wartezeiten für nichtzyklische Datenübertragung im Netzwerk erreicht werden. Dies geht allerdings zu Lasten der zyklischen Datenübertragung, da keine festen Zykluszeiten aufgrund der variablen Länge der Übertragungszyklen eingehalten werden können.

[0017] In einer besonders vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung übertragen die Teilnehmer begleitend mit einem Medienzugriffswunsch auch die Länge der jeweils zu sendenden Nachricht. Nach Bestimmen der Reihenfolge kann damit jeder Teilnehmer auch bei variabler Länge in einfacher Weise wie schon bei Nachrichten

gleicher Länge den exakten Zeitpunkt berechnen, wann das Übertragungsmedium zur Übertragung der eigenen Nachricht frei ist.

[0018] Anhand der Zeichnungen, in denen Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt sind, werden im Folgenden die Erfindung sowie Ausgestaltungen und Vorteile näher erläutert.

[0019] Es zeigen:

[0020] [Fig. 1](#) ein Blockschaltbild eines Feldgeräts und

[0021] [Fig. 2](#) bis [Fig. 5](#) Übertragungszyklen mit unterschiedlichem Aufbau.

[0022] In [Fig. 1](#) ist ein modular aufgebautes Feldgerät **1** dargestellt, das im Wesentlichen aus einer elektronischen Auswerteeinrichtung **2**, einem ersten Aufnehmer **3** und einem zweiten Aufnehmer **4** besteht. Bei den beiden Aufnehmern **3** und **4** kann es sich beispielsweise um digitale Messköpfe für Druck bzw. Temperatur handeln. In einer praktischen Ausführung können diese als prozessnahe Komponenten im selben Gehäuse mit einem einzigen Prozessanschluss oder alternativ in unterschiedlichen Gehäusen mit getrennten Prozessanschlüssen untergebracht sein. Die elektronische Auswerteeinrichtung **2** sowie die Aufnehmer **3** und **4** sind Teilnehmer eines Netzwerks, die Daten über ein gemeinsames Übertragungsmedium **5**, das drahtgebunden oder drahtlos sein kann, austauschen. Das Übertragungsprotokoll des Netzwerks soll zum einen eine deterministische Datenübertragung ermöglichen und zum anderen eine lediglich geringere Rechenleistung der vergleichsweise einfach aufgebauten Teilnehmer benötigen. Um dies zu erreichen erfolgt die Datenübertragung in Übertragungszyklen, deren Aufbau in verschiedenen Varianten später näher erläutert wird. Zur Kommunikation mit weiteren Komponenten in einer Automatisierungstechnischen Anlage, beispielsweise weiteren Feldgeräten oder einer speicherprogrammierbaren Steuerung, ist die Auswerteeinrichtung **2** mit einer weiteren Kommunikationsschnittstelle **6**, beispielsweise nach dem PROFIBUS- oder dem PROFINET-Standard, ausgerüstet. Über diese werden in dem beschriebenen Beispiel die mit dem Feldgerät **1** am Prozess erfassten Druck- und Temperaturwerte sowie Parametrier-, Alarm- und Diagnoseinformationen übertragen.

[0023] Die in den [Fig. 2](#) bis [Fig. 5](#) gezeigten Übertragungszyklen beginnen jeweils mit einem so genannten Sequenzheader SH, der u. a. zur Synchronisation der Teilnehmer dient. Die anschließende Datenübertragung erfolgt in einem ersten Zeitbereich SM mit synchronem Medienzugriffsverfahren sowie in einem zweiten Zeitbereich AM mit asynchronem Medienzugriffsverfahren.

[0024] Will ein Teilnehmer eine Nachricht im zweiten Zeitbereich AM senden, so meldet er seinen Medienzugriffswunsch in einem bei der Auslegung des Netzwerks festgelegten und ihm zugeordneten Zeitschlitz an. In [Fig. 2](#) sind exemplarisch vier derartige Zeitschlitze R1...R4 dargestellt. In dem jeweils zugeordneten Zeitschlitz R1... bzw. R4 teilen die Teilnehmer, welche prinzipiell dazu berechtigt sind, im zweiten Zeitbereich AM mit asynchronem Medienzugriffsverfahren Nachrichten zu versenden, den anderen Teilnehmern mit, ob Sendebedarf besteht und übertragen, falls dies im Netzwerk vorgesehen ist, auch die Priorität der zu sendenden Nachricht. Auf der Basis der von den Teilnehmern gesendeten Zugriffswünschen können die Teilnehmer nach einem vordefinierten Priorisierungsverfahren die jeweiligen Zeitpunkte für ihre Medienzugriffe zum Senden der zu sendenden Nachrichten im zweiten Zeitbereich AM berechnen. Dies führt zu einer bereits vor Beginn des zweiten Zeitbereichs AM erfolgten Auflösung von Medienzugriffskonflikten im jeweiligen Übertragungszyklus. Zum jeweils berechneten Zeitpunkt können die Teilnehmer den Bus belegen, ohne vorher während der gesamten Zeit das Busmedium abhören zu müssen. Den Teilnehmern verbleibt viel Zeit, die nicht für die Durchführung des Zugriffsverfahrens beansprucht wird. Das Buszugriffsverfahren erfordert somit kaum Rechenleistung. Dadurch wird eine Realisierung in Software auch auf Geräten ermöglicht, die lediglich über vergleichsweise geringe Rechenleistung verfügen.

[0025] Die Zeitschlitze S1, S2 und S3 sind bereits im Vorfeld, d. h. bereits bei der Auslegung des Netzwerks, zumindest aber vor Beginn des Übertragungszyklus, für die Übertragung von zyklisch zu übertragenden Daten der Teilnehmer, denen die Zeitschlitze S1, S2 und S3 jeweils zugeordnet sind, fest eingerichtet. Die zeitliche Verteilung der Zugriffsberechtigungen ist für den ersten Zeitbereich mit synchronem Medienzugriffsverfahren im gezeigten Ausführungsbeispiel in allen Übertragungszyklen gleich. Im allgemeineren Fall können die Zeitschlitze S1, S2 und S3 eine unterschiedliche Länge und in verschiedenen Übertragungszyklen eine unterschiedliche zeitliche Verteilung aufweisen.

[0026] Durch die beschriebene Methode, den Datenverkehr im zweiten Zeitbereich AM zu einem festgelegten Zeitpunkt anzukündigen, haben alle am Bus angeschlossenen Teilnehmer die Möglichkeit, einen erwarteten,

mit hoher Wahrscheinlichkeit kollisionsfreien Zeitpunkt ihres Buszugriffs zu berechnen. Durch ein vordefiniertes Priorisierungsverfahren wird sichergestellt, dass die höchst priore Nachricht bevorzugt vom entsprechenden Teilnehmer übertragen werden kann, ohne dass Kollisionen auftreten. Somit ist zur Kollisionsvermeidung kein Mithören am Bus, das mit einem erhöhten Verbrauch an Rechenleistung verbunden wäre, notwendig.

[0027] Die einzelnen Zeitschlitze S1, S2 und S3 im ersten Zeitbereich SM sowie der zweite Zeitbereich AM sind jeweils an ihrem Ende mit kurzen Pausen versehen, die zur Berücksichtigung von Laufzeiten bei der Datenübertragung und von Abweichungen der Uhren in den Teilnehmern dienen.

[0028] **Fig. 3** zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Übertragungszyklus, in welchem drei Teilnehmer in Zeitschlitzen R1, R2 und R4 jeweils einen Medienzugriffswunsch angemeldet und dabei gleichzeitig Prioritäten P4, P1 bzw. P2 für die Nachrichten angegeben haben. Dabei steht P1 für eine hohe, P2 für eine mittlere und P4 für eine niedrige Priorität. Bei der Berechnung des jeweiligen Zeitpunkts für den Zugriff auf das Medium im zweiten Zeitbereich AM mit asynchronem Medienzugriffsverfahren werten die Teilnehmer alle angemeldeten Zugriffswünsche aus und wenden den gleichen Algorithmus zur Berechnung an. Liegen mehrere Sendewünsche mit gleicher Priorität vor, so wird als weiteres Kriterium beispielsweise die Teilnehmeradresse herangezogen. In dem in **Fig. 3** gezeigten Beispiel erhält der Teilnehmer, welchem der Zeitschlitz R2 zugeordnet ist, den Buszugriff im zweiten Zeitbereich AM. Er kann seine Nachricht M2, welche von den angemeldeten Nachrichten die höchste Priorität P1 hatte, direkt mit Beginn des zweiten Zeitbereichs AM senden, ohne dabei eine aufwendige Busarbitrierung durchführen zu müssen. Die weiteren mit den Prioritäten P4 bzw. P2 angemeldeten Nachrichten können in späteren Übertragungszyklen erneut angemeldet und übertragen werden. Eine mögliche Ausprägung eines Algorithmus zur Busarbitrierung im zweiten Zeitbereich AM wird im Folgenden Pseudocode-Abschnitt dargestellt. Dieser Algorithmus wird von jedem Teilnehmer ausgeführt.

```
bool senden = true;
for(i=0;i< anzahlRequests; i++)
{
    if(request[i].Priority > myPriority)
    {
        senden = false;
        break;
    }
    else if(request[i].Priority == myPriority)
    {
        if(request[i].Address > myAddress)
        {
            senden = false;
            break;
        }
    }
}
```

[0029] **Fig. 4** zeigt ein weiteres Beispiel für einen Aufbau eines Übertragungszyklus. Der erste Zeitbereich SM mit synchronem Medienzugriffsverfahren entspricht dem bereits anhand **Fig. 3** erläuterten Aufbau. Zudem ist bei dem Beispiel gemäß **Fig. 4** den Teilnehmern die gesamte Länge des zweiten Bereichs AM des Übertragungszyklus bekannt. Diese Länge kann entweder statisch festgelegt sein oder sie wird den Teilnehmern im Sequenzheader SH mitgeteilt. Jeder Teilnehmer, der einen bereits angemeldeten, jedoch noch unerfüllten Sendewunsch besitzt, hört im zweiten Zeitbereich AM den Datenverkehr am Bus mit. Die Teilnehmer erkennen auf diese Weise, ob die der eigenen in der Reihenfolge vorangehende Nachricht bereits komplett gesendet wurde und der Bus für das Senden der eigenen Nachricht frei ist. Der Teilnehmer, der in der Sendereihenfolge zum Aussenden seiner Nachricht an der Reihe ist, sendet diese, sofern sie vollständig im zweiten Zeitbereich AM des Übertragungszyklus ausgesendet werden kann.

[0030] In einer alternativen Ausführungsform wird in einer Transportschicht (Layer 4) eine Fragmentierung der Datenpakete durchgeführt. Dazu muss jedoch im Zeitbereich AM ermittelt werden, wieviele Bytes noch gesendet werden können und ein Paket entsprechend aufgebaut werden. Diese Alternative ist daher mit einem gewissen Zeitverlust und mit höheren Anforderungen an die Rechenleistung verbunden.

[0031] In dem gezeigten Ausführungsbeispiel folgt also der Nachricht M2 die Nachricht M4, die im Zeitschlitz R4 mit mittlerer Priorität P2 angemeldet wurde. Zwischen Senden der Nachricht M2 und der Nachricht M4 ist eine kurze Pause angedeutet. Diese entsteht u. a. aufgrund der Signallaufzeiten und Zeiten, die eine Auswertung der detektierten Signale in Software zur Erkennung benötigt, ob das gemeinsame Übertragungsmedium frei ist. Bei dieser Ausführung ist im zweiten Zeitbereich AM ein kontinuierliches Überwachen des Busses durch alle Teilnehmer mit angemeldetem, jedoch unerfüllten Sendewunsch erforderlich. Das Ausführungsbeispiel stellt somit einen Kompromiss zwischen der erzielten Ausnutzung der Medienbandbreite und der dafür benötigten Rechenleistung zur Busüberwachung dar. Der folgende Abschnitt zeigt ein Beispiel eines Algorithmus in Pseudocode:

```

int mySendPos = -1;
requests = sort_descending(requests, {Priority, Address});
for(i=0; i< requests.Length ; i++)
{
    if(requests[i].Priority == myPriority)
    {
        if(requests[i].Address < myAddress)
        {
            mySendPos = i;
        }
    }
    else if(requests[i].Priority < myPriority)
    {
        mySendPos = i;
        break;
    }
}

...

do
{
    WaitWhile(CheckBus() == Free);
    {
        if(actSendPos == mySendPos)
        {
            if((asyncSlotLength - send) > myPacketLength)
            {
                send(...);
            }
        }
    }
} while(AsyncSlotFinished == true);

```

[0032] Bei dem Ausführungsbeispiel eines Übertragungszyklus gemäß [Fig. 5](#) entspricht die im ersten Zeitbereich SM gezeigte Datenübertragung wieder derjenigen des in [Fig. 3](#) gezeigten Übertragungszyklus. Wie beim anhand [Fig. 4](#) erläuterten Übertragungszyklus wird auch beim Übertragungszyklus gemäß [Fig. 5](#) davon ausgegangen, dass die Länge des zweiten Zeitbereichs AM fest vorgegeben oder über den Sequenzheader SH angegeben wurde und den Teilnehmern bekannt ist. Der Teilnehmer mit der Nachricht M4, welche in der berechneten Sendereihenfolge an zweiter Stelle steht, rechnet zur Ermittlung des Zeitpunkts seines Zugriffs auf das Übertragungsmedium aus, zu welchem Zeitpunkt er mit dem Senden seiner Nachricht beginnen müsste, um die Nachricht M4 noch vollständig innerhalb des zweiten Zeitbereichs AM senden zu können. Lediglich kurz vor dem errechneten Zeitpunkt erfolgt durch den Teilnehmer mit dem Sendewunsch für die Nachricht M4

in einem Zeitraum C4 eine Überprüfung, ob das gemeinsame Übertragungsmedium frei ist. Durch diese Maßnahme ist die für die Überprüfung der Busbelegung gebundene Rechenleistung deutlich verringert. Folgender Pseudocode beschreibt ein Beispiel eines dafür geeigneten Algorithmus:

```
int mySendPos = -1;
requests = sort_descending(requests, {Priority, Address});
for(i=0;i< requests.Length; i++)
{
    if(requests[i].Priority == myPriority)
    {
        if(requests[i].Address < myAddress)
        {
            mySendPos = i;
        }
    }
}
```

```

Else if(requests[i].Priority < myPriority)
{
    mySendPos = i;
}
}

...

int mySendAccessPos = asyncSlotLength - myPacketLength;
int mySendCheckPos = mySendAccessPos - CheckLength;

sendAllowed = false;
timer_SendData.Time = mySendAccessPos;
timer_CheckBus.Time = mySendCheckPos;

...

onTimer_CheckBus
{
    if(CheckBus() == Free)
    {
        sendAllowed = true;
    }
}

onTimer_SendData
{
    if(sendAllowed == true)
    {
        send(...);
    }
}

```

[0033] In einem weiteren Ausführungsbeispiel übermitteln die Teilnehmer bei der Anmeldung eines Medienzugriffswunschs für eine im zweiten Zeitbereich mit asynchronem Medienzugriffsverfahren zu sendende Nachricht neben der Priorität auch die Länge der Nachricht, die sie senden wollen. Mit diesen Informationen kann in vorteilhafter Weise jeder Teilnehmer im Prinzip völlig ohne Überwachung des Datenverkehrs im zweiten Zeitbereich AM den Zeitpunkt errechnen, wann er seine Nachricht senden darf. Diese Ausführungsform zeichnet sich daher durch einen besonders geringen Bedarf an Rechenleistung aus.

[0034] In einem weiteren Ausführungsbeispiel übermitteln die Teilnehmer die Priorität der zu sendenden Nachrichten bei der Anmeldung des Medienzugriffswunschs und die Länge der Nachricht zu Beginn der Nachricht im zweiten Zeitbereich AM. Dies hat gegenüber dem vorigen Ausführungsbeispiel den Vorteil, dass die Länge

nur zu den Nachrichten übermittelt wird, die tatsächlich auch gesendet werden. Dieses Ausführungsbeispiel erfordert ein Mithören aller Teilnehmer, die eine Nachricht im zweiten Zeitbereich AM senden möchten.

[0035] In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird die Länge des zweiten Zeitbereichs AM derart an die für den zweiten Zeitbereich AM angemeldeten Nachrichten und deren jeweilige Länge angepasst, dass alle Teilnehmer ihre angemeldeten Nachrichten im selben Übertragungszyklus aussenden können. Das hat den Vorteil, dass Zugriffswünsche von Teilnehmern ohne größere Verzögerungen erfüllt werden können. Allerdings werden für den ersten Zeitbereich SM mit synchronem Medienzugriffsverfahren keine festen Zykluszeiten eingehalten.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 1388238 B1 [0005]
- US 6483846 B1 [0005]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung von Daten über ein gemeinsames Übertragungsmedium (5) in einem Netzwerk mit mehreren Teilnehmern (2, 3, 4), wobei die Daten in wenigstens einem Übertragungszyklus mit einstellbarer Zeitdauer übertragen werden, wobei jeder Übertragungszyklus in wenigstens einen ersten Zeitbereich (SM) mit synchronem Medienzugriffsverfahren und wenigstens einen zweiten Zeitbereich (AM) mit asynchronem Medienzugriffsverfahren unterteilt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass im ersten Zeitbereich (SM) jedem im zweiten Zeitbereich (AM) sendeberechtigten Teilnehmer (2, 3, 4) ein Zeitschlitz (R1, R2, R3, R4) zugeordnet ist, in welchem er bei Bedarf einen Medienzugriffswunsch für eine im zweiten Zeitbereich (AM) zu sendende Nachricht (M2, M4) überträgt, und dass die Teilnehmer (2, 3, 4) die im ersten Zeitbereich (SM) übertragenen Medienzugriffswünsche auswerten und anhand eines Priorisierungsverfahrens einen Zeitpunkt im zweiten Zeitbereich (AM) des aktuellen Übertragungszyklus oder eines späteren Übertragungszyklus für einen Medienzugriff zum Senden einer zu sendenden Nachricht bestimmen.
2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass im ersten Zeitbereich (SM) jedem Teilnehmer (2, 3, 4), der zyklisch Daten sendet, ein vor Beginn des Übertragungszyklus festgelegter Zeitschlitz (S1, S2, S3) zur Übertragung seiner Daten zugeordnet ist, der im ersten Zeitbereich (SM) hinter den für Medienzugriffswünsche vorgesehenen Zeitschlitz (R1, R2, R3, R4) angeordnet ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die im zweiten Zeitbereich (AM) sendeberechtigten Teilnehmer (2, 3, 4) mit einem Medienzugriffswunsch die Priorität (P1, P2, P4) der zu sendenden Nachricht übertragen.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass im Priorisierungsverfahren die Prioritäten (P1, P2, P4) der jeweils zu sendenden Nachrichten (M2, M4) und, falls Medienzugriffswünsche für mehrere zu sendende Nachrichten gleicher Priorität vorliegen, die Adressen der Teilnehmer (2, 3, 4) mit Medienzugriffswunsch oder die Ordnung der im ersten Zeitbereich (SM) den Teilnehmern (2, 3, 4) zur Übertragung der Zugriffswünsche zugeordneten Zeitschlitz (R1, R2, R3, R4) ausgewertet werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge des zweiten Zeitbereichs (AM) vorbestimmt ist, dass Teilnehmer nach Übertragen eines Medienzugriffswunsches durch Mithören am Übertragungsmedium die vollständige Übertragung der vor der eigenen Nachricht (M4) zu übertragenden Nachricht (M2) überwachen und zur Bestimmung des Zeitpunkts für einen Medienzugriff zum Senden der eigenen Nachricht (M4) ermitteln, ob die eigene Nachricht (M4) in der verbleibenden Zeit des zweiten Zeitbereichs (AM) vollständig gesendet werden kann.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge des zweiten Zeitbereichs (AM) vorbestimmt ist, dass der Teilnehmer, dessen Nachricht (M4) die zweite in der Reihenfolge der im zweiten Zeitbereich (AM) des Übertragungszyklus zu sendenden Nachrichten ist, den Zeitpunkt für den Medienzugriff so bestimmt, dass die eigene Nachricht (M4) gerade noch vollständig im zweiten Zeitbereich (AM) gesendet werden kann, und zur Vermeidung einer Zugriffskollision kurz vorher prüft, ob das Übertragungsmedium (5) frei ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge des zweiten Zeitbereichs (AM) in Abhängigkeit der in einem Übertragungszyklus übertragenen Medienzugriffswünsche derart festgelegt wird, dass alle im zweiten Zeitbereich (AM) zu sendenden Nachrichten (M2, M4) im zweiten Zeitbereich (AM) des Übertragungszyklus übertragbar sind.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die im zweiten Zeitbereich (AM) sendeberechtigten Teilnehmer (2, 3, 4) mit einem Medienzugriffswunsch die Länge der zu sendenden Nachricht (M2, M4) in den für Medienzugriffswünsche vorgesehenen Zeitschlitz (R1, R2, R3, R4) oder zu Beginn ihrer Nachricht (M2, M4) übertragen.
9. Netzwerk mit mehreren Teilnehmern (2, 3, 4), die über ein gemeinsames Übertragungsmedium (5) miteinander verbunden sind, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
10. Netzwerk nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilnehmer als Transmitter (2) bzw. als digitale Messaufnehmer (3, 4) eines Feldgeräts (1) zur Prozessinstrumentierung ausgebildet sind.

11. Teilnehmer für ein Netzwerk nach Anspruch 9 oder 10.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

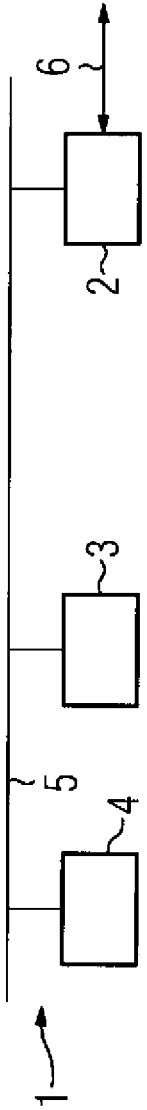


FIG 2

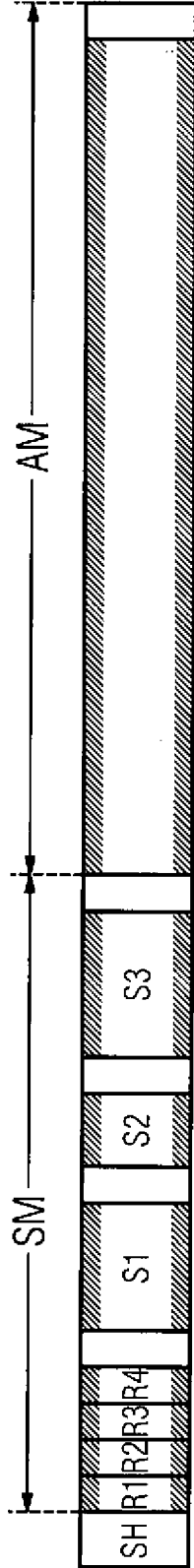


FIG 3

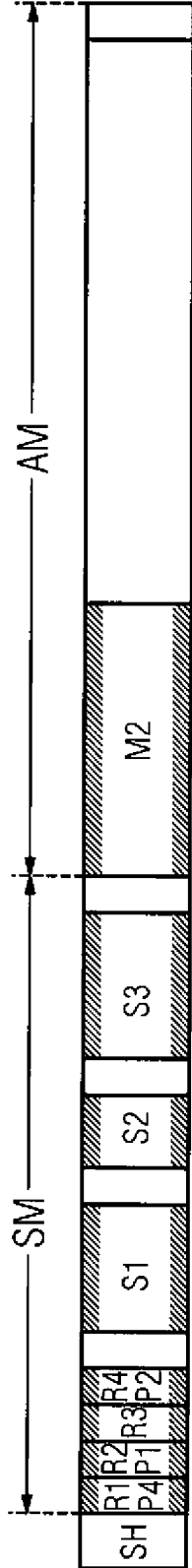


FIG 4

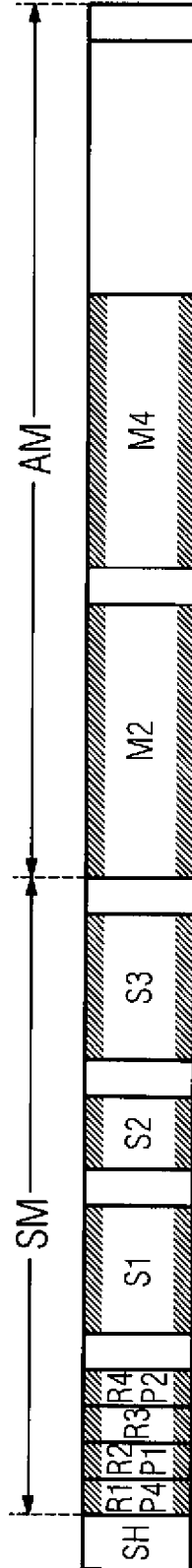


FIG 5

