

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. September 2002 (26.09.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/075509 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G06F 1/14**

Elise-Spaeth-Strasse 11, 91058 Erlangen (DE). **KIESEL, Martin**; Jahnstrasse 36, 91099 Poxdorf (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/00855

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. März 2002 (11.03.2002)

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): CA, CN.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
101 13 260.3 16. März 2001 (16.03.2001) DE

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für alle Bestimmungsstaaten

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Wittelbacherplatz 2, 80333 München (DE).

Veröffentlicht:

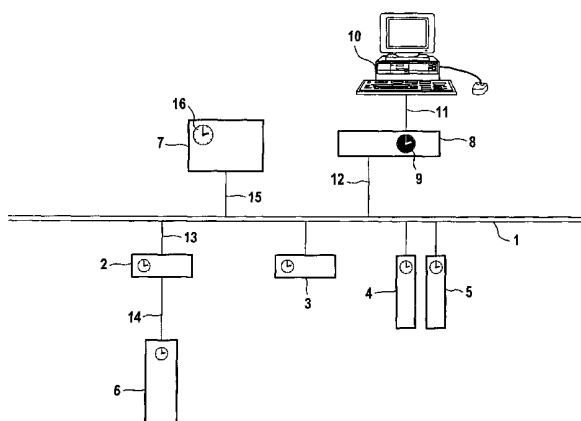
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(72) Erfinder: **FRANKE, Michael**; Naturbadstrasse 2a, 91056 Erlangen (DE). **HEIDER, Alexander**;

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SYNCHRONOUS, CLOCKED COMMUNICATION SYSTEM WITH A RELATIVE TIME CLOCK AND METHOD FOR ESTABLISHING SUCH A SYSTEM

(54) Bezeichnung: SYNCHRONES, GETAKTETES KOMMUNIKATIONSSYSTEM MIT RELATIVUHR UND VERFAHREN ZUM AUFBAU EINES SOLCHEN SYSTEMS



(57) Abstract: The invention relates to a synchronous, clocked communication system, for example a distributed automation system, whose user can be any automation components and are interconnected via a data network (1) for the purpose of mutual data exchange. Any bus system such as, for example, field bus, profibus, Ethernet, etc. can be used as the data network (1) of the communication system. One user of said communication system is configured as a clock and ensures distribution and observation of the used communication clock pulse to all users and by all users. By means of the same mechanism, the clock can introduce a relative time clock (9) in the entire communication system for all users. The respective user is then also master of the relative time clock (9) and the valid relative time (16). All users of the communication system are thus permanently synchronized to the relative time clock (9) with the valid relative time (16) which is valid for the whole system and therefore have the same concept of time at any time. The inventive system and method improves and/or even facilitates the putting into operation of applicative sequences, synchronization of simultaneously occurring events, time-wise accuracy in the detection of events or switching of outputs.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/075509 A2



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein synchrones, getaktetes Kommunikationssystem, beispielsweise ein verteiltes Automatisierungssystem, dessen Teilnehmer, beliebige Automatisierungskomponenten sein können, und die über ein Datennetz (1) zwecks gegenseitigen Datenaustauschs miteinander gekoppelt sind. Als Datennetz (1) des Kommunikationssystems sind dabei alle möglichen Bussysteme wie z.B. Feldbus, Profibus, Ethernet, Industrial Ethernet, etc. denkbar. Ein Teilnehmer dieses Kommunikationssystems ist als Taktschläger ausgezeichnet und sorgt für die Verteilung und Einhaltung des verwendeten Kommunikationstakts an alle Teilnehmer und von allen Teilnehmern. Über denselben Mechanismus kann der Taktschläger auch eine Relativuhr (9) im ganzen Kommunikationssystem bei allen Teilnehmern einführen. Dieser Teilnehmer ist damit ebenfalls Master über die Relativuhr (9) bzw. die geltende Relativzeit (16). Alle Teilnehmer des Kommunikationssystems sind daher permanent auf die systemweit geltende Relativuhr (9) mit der gültigen Relativzeit (16) synchronisiert und haben deshalb zu jeder Zeit dasselbe Zeitverständnis. Die Realisierung von applikativen Sequenzen, Synchronisierung von gleichzeitig eintretenden Ereignissen, zeitliche Genauigkeit bei der Erfassung von Ereignissen bzw. Schalten von Ausgängen wird dadurch deutlich verbessert bzw. erst ermöglicht.

Beschreibung

Synchrones, getaktetes Kommunikationssystem mit Relativuhr und Verfahren zum Aufbau eines solchen Systems

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein synchrones, getaktetes Kommunikationssystem mit Relativuhr und ein Verfahren zum Aufbau eines solchen Systems.

- 10 Unter einem synchronen, getakteten Kommunikationssystem mit Äquidistanz-Eigenschaften versteht man ein System aus wenigstens zwei Teilnehmern, die über ein Datennetz zum Zweck des gegenseitigen Austausches von Daten bzw. der gegenseitigen Übertragung von Daten miteinander verbunden sind. Dabei erfolgt der Datenaustausch zyklisch in äquidistanten Kommunikationszyklen, die durch den vom System verwendeten Kommunikationstakt vorgegeben werden. Teilnehmer sind beispielsweise zentrale Automatisierungsgeräte, Programmier-, Projektierungs- oder Bediengeräte, Peripheriegeräte wie z.B. Ein-/
- 15 Ausgabe-Baugruppen, Antriebe, Aktoren, Sensoren, speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) oder andere Kontrolleinheiten, Computer, oder Maschinen, die elektronische Daten mit anderen Maschinen austauschen, insbesondere Daten von anderen Maschinen verarbeiten. Unter Kontrolleinheiten werden im folgenden
- 20 Regler- oder Steuerungseinheiten jeglicher Art verstanden. Als Datennetze werden beispielsweise Bussysteme wie z.B. Feldbus, Profibus, Ethernet, Industrial Ethernet, FireWire oder auch PC-interne Bussysteme (PCI), etc. verwendet.
- 30 In verteilten Automatisierungssystemen, beispielsweise im Bereich Antriebstechnik, werden u.a. taktsynchrone Datennetze bzw. Bussysteme eingesetzt. Dabei werden manche angeschlossenen Teilnehmer als Master-Geräte, z.B. Kontrolleinheiten wie numerische oder speicherprogrammierbare Steuerungen oder Projektiergeräte, und andere Teilnehmer als Slave-Geräte, wie
- 35 z.B. Antriebe, oder Peripheriegeräte, verwendet. Automatisierungskomponenten beider Kategorien können taktsynchron arbei-

ten, d.h., diese Teilnehmer können sich auf einen verwendeten Kommunikationstakt des Datennetzes synchronisieren. Dies bedeutet, dass der Kommunikationstakt von den Teilnehmern über das verwendete Datennetz übernommen und synchron zu diesem

5 Kommunikationstakt bestimmte Vorgänge gesteuert werden. Gemäss IEC 61491, EN61491 SERCOS interface - Technische Kurzbeschreibung (http://www.sercos.de/deutsch/doku_freier_bereich.htm) wird dies gegenwärtig in verteilten Automatisierungssystemen angewendet und durchgeführt. Allerdings ist es gegenwärtig

10 nicht möglich, dass eine für ein solches System gültige Relativuhr eingeführt wird, auf dessen jeweils gültige Relativzeit sich alle an das Kommunikationssystem angeschlossene Teilnehmer synchronisieren können. Dadurch können beispielsweise applikative Ereignissequenzen nicht oder zumindest nicht mit

15 genügend großer zeitlicher Genauigkeit festgelegt und durchgeführt werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein synchrones, getaktetes Kommunikationssystem mit Äquidistanz-Eigenschaften und Relativuhr zwischen wenigstens zwei Teilnehmern und einem Datennetz und ein Verfahren zur Einführung einer Relativuhr in ein solches Kommunikationssystem anzugeben, bei dem sich alle an das Kommunikationssystem angeschlossenen Teilnehmer auf diese Relativuhr synchronisieren können.

25 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Aufbau eines synchronen, getakteten Kommunikationssystems mit Äquidistanzeigenschaften im Bereich industrieller Anlagen zwischen wenigstens zwei Teilnehmern, insbesondere Automatisierungskomponenten, und wenigstens einem Datennetz dadurch gelöst, dass insbesondere beim Hochfahren des Systems eine systemweit geltende, eindeutige Relativuhr eingeführt wird und eine Untermenge der oder alle an das Datennetz angeschlossenen Teilnehmer wenigstens einmal auf die, durch die Relativuhr bestimmte Relativzeit synchronisiert werden, wobei die Relativzeit über das

30

35 Datennetz an alle Teilnehmer übertragen wird.

Diese Aufgabe wird durch ein synchrones, getaktetes Kommunikationssystem mit Äquidistanzeigenschaften im Bereich industrieller Anlagen zwischen wenigstens zwei Teilnehmern, insbesondere Automatisierungskomponenten und wenigstens einem Datennetz dadurch gelöst, dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist, das insbesondere beim Hochfahren des Systems eine systemweit geltende, eindeutige Relativuhr einführt und alle oder eine Untermenge der angeschlossenen Teilnehmer wenigstens einmal auf die, durch die Relativuhr bestimmte Relativzeit synchronisiert, wobei die Relativzeit über das Datennetz an alle Teilnehmer übertragen wird.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei Verwendung eines taktsynchronen Bussystems bzw. Datennetzes in verteilten Automatisierungssystemen allen Teilnehmern des Kommunikationssystems der Beginn jedes neuen Kommunikationszyklus beispielsweise durch die Übertragung eines speziellen Datenpakets, z.B. einem sogenannten global control-Datenpaket, angezeigt wird. Neben diesem Verfahren gibt es noch andere Verfahren, die eine Taktsynchronisation zwischen den Teilnehmern ermöglichen, auf die die offenbarte Erfindung selbstverständlich ebenfalls anwendbar ist. Zusammen mit der Information über die Länge eines Kommunikationstakts, die wenigstens beim Hochfahren des Systems festgelegt und an alle Teilnehmer verteilt wird, können sich alle Teilnehmer auf den verwendeten Takt synchronisieren. Diese Informationen werden dabei von einem ausgezeichneten Master-Teilnehmer, dem so genannten Taktschläger an alle Teilnehmer des Kommunikationssystems übermittelt. Weist dieser Taktschläger zusätzlich eine Relativuhr auf, kann die jeweilige aktuelle Relativzeit auf dem selben Übertragungsweg an alle angeschlossenen Teilnehmer verteilt werden, wodurch für alle angeschlossenen Teilnehmer dieselbe Relativzeit gilt.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass als Teilnehmer des Kommunikationssystems wenigstens eine Kontrolleinheit, wenigstens eine

zu steuernde Einheit, und wenigstens eine dezentrale Ein-
/Ausgabe-Baugruppe, die als Schnittstelle zwischen dem Daten-
netz und der zu steuernden Einheit bidirektional den Aus-
tausch von Signalen zwischen der zu steuernden Einheit und
5 der Kontrolleinheit mittels des Datennetzes vornimmt, an das
Datennetz angeschlossen sind, wobei beispielsweise die Kon-
trolleinheit als Taktschläger eingesetzt wird. Unter Einheit
sind insbesondere auch Automatisierungskomponenten, Maschi-
nen, Antriebe, etc. zu verstehen. Der im folgenden auch ver-
10 wendete Begriff Gerät wird synonym zum Begriff Einheit be-
nutzt.

Eine außerordentlich vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung
ist dadurch gekennzeichnet, dass die durch die Relativuhr
15 systemweit eingeführte, eindeutige Relativzeit sich aus zwei
Teilen zusammensetzt, wobei der erste Teil den aktuellen Kom-
munikationszyklus charakterisiert und der zweite Teil den
Zeitpunkt innerhalb des aktuellen Kommunikationszyklus des
Kommunikationssystems bestimmt. Vorteil dieser Ausgestaltung
20 ist es, dass dadurch jeder beliebige Kommunikationszyklus und
darüber hinaus jeder Zeitpunkt innerhalb eines beliebigen
Kommunikationszyklusses exakt bestimmbar ist, wodurch die
zeitliche Genauigkeit beim Erfassen und Registrieren bzw.
beim Schalten von Ereignissen oder bei beliebigen Steuer- und
25 Regelungsvorgängen außerordentlich verbessert wird.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist da-
durch gekennzeichnet, dass der Kommunikationszyklus durch ei-
ne digitalisierte Zahl oder eine absolute Zeiteinheit, die
30 sich aus der Dauer des Kommunikationstakts ableitet, darge-
stellt wird, wobei die Genauigkeit der Relativuhr in einem
Bereich zwischen der Dauer eines Kommunikationstakts und $1\mu\text{s}$
einstellbar ist. Dadurch ist es möglich die für die jeweilige
Situation optimale Form der Darstellung zu wählen, so ist es
35 beispielsweise bei der zeitlichen Einordnung von Ereignissen
günstiger, weil anschaulicher eine Absolutzeitdarstellung zu
wählen, als eine abstrakte Darstellung.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die systemweit geltende, eindeutige Relativuhr und damit die Relativzeit bis zum Herunterfahren des Systems für alle Teilnehmer gültig bleibt und dass
5 alle Teilnehmer bis zum Herunterfahren des Systems auf die systemweit geltende, eindeutige Relativuhr und damit die Relativzeit synchronisiert bleiben. Dadurch wird gewährleistet, dass für alle Teilnehmer während der Laufzeit des Systems die
10 selbe Relativzeit gilt, wodurch insbesondere die Gleichzeitigkeit von Ereignissen im Rahmen der vorgegebenen zeitlichen Auflösung der Relativzeit gewährleistet ist. Dadurch wird der Einfluss von teilnehmerspezifischen Totzeiten erheblich reduziert.

15

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Dauer des Kommunikationstakts einstellbar ist und wenigstens einmal beim Hochfahren des Systems festgelegt wird, wobei die Dauer eines Kommunikati-
20 onstakts zwischen 10µs und 10ms betragen kann. Dadurch ist es möglich, die Länge eines Kommunikationstakts optimal für jeden spezifischen Anwendungsfall, insbesondere jede individuelle Konfiguration des betrachteten Kommunikationssystems festzulegen.

25

Eine weitere besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass Signale eines zu steuernden Geräts bei deren Registrierung und Erfassung am Eingang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe von der Ein-
30 /Ausgabe-Baugruppe mit einem Stempel versehen werden, der sich aus der zu diesem Zeitpunkt aktuellen Relativzeit und dem Erfassungs-Schaltereignis zusammensetzt, in ein für das Datennetz kompatibles Datenformat umgewandelt, die Daten mit diesem Stempel über das Datennetz an die Kontrolleinheit weitergeleitet, dort ausgewertet und verarbeitet werden, wobei
35 die Relativzeit als Teil des Stempels aus zwei Teilen besteht, wobei der eine Teil den Kommunikationszyklus des Kom-

munikationssystem bestimmt, in welchem die Registrierung und Signalerfassung erfolgt ist und der andere Teil den Zeitpunkt relativ zum Anfang oder zum Ende des Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems bestimmt, in welchem die Registrierung und Signalerfassung erfolgt ist. Dadurch kann der Erfassungszeitpunkt von Ereignissen beispielsweise eines zu steuernden Geräts mit außerordentlicher Präzision bestimmt und gespeichert werden und steht damit zur Berechnung von abhängigen Ereignissen jederzeit zur Verfügung.

10

Eine weitere außerordentlich vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass Daten, die für das zu steuernde Gerät bestimmt sind, vor der Übertragung an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe von der Kontrolleinheit mit einem Stempel versehen werden, der sich aus einer Relativzeit, bezogen auf den Zeitpunkt der geplanten Signalausgabe und einem Ausgabe-Schaltereignis zusammensetzt, und die Daten mit diesem Stempel über das Datennetz an die Ein-/Ausgabe-Baugruppe übertragen werden, wobei die Relativzeit als Teil des Stempels aus zwei Teilen besteht, wobei der eine Teil den Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems bestimmt in dem die Signalausgabe erfolgen soll und der andere Teil den Zeitpunkt relativ zum Anfang oder zum Ende des Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems bestimmt, in welchem die Signalausgabe erfolgen soll und dass Daten, die mit einem solchen Stempel, der sich auf die geplante Signalausgabe bezieht, versehen und für das zu steuernde Gerät bestimmt sind, von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe in für das zu steuernde Gerät interpretierbare Signale umgewandelt und zu dem Zeitpunkt, der durch den übertragenen Stempel vorgegeben ist, am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe gemäss des vorgegebenen Schaltereignisses geschaltet und an das zu steuernde Gerät ausgegeben werden. Von besonderem Vorteil ist diese Ausgestaltung dadurch, dass abhängig vom Zeitpunkt der Registrierung eines Eintrittsereignisses am Eingang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe das Schalten eines Ausgabeereignisses am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe

35

exakt geplant und mit einer außerordentlichen zeitlichen Präzision durchgeführt werden kann, was im Bereich Antriebstechnik in verteilten Automatisierungssystemen, beispielsweise bei holzverarbeitenden Maschinen oder für das Schalten von Nocken, etc. außerordentlich vorteilhaft ist. Der zeitliche Abstand zwischen Eingangereignis und Ausgabeereignis ist also für jede beliebige Situation im geschilderten Anwendungsbereich individuell mit jeweils der selben hohen zeitlichen Genauigkeit einstellbar und erreichbar, wodurch ebenfalls die Abhängigkeit von Totzeiten von betroffenen Teilnehmern des Kommunikationssystems sehr stark reduziert wird. Auf Basis dieser Ausprägungen kann somit ein isochroner Datenaustausch bzw. die Steuerung von Ereignissen, bzw. Ereignisabfolgen innerhalb des Kommunikationssystems zwischen den Teilnehmern ermöglicht, bzw. erheblich verbessert werden

Eine weitere besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltung und Weiterleitung von Signalen an ein zu steuerndes Gerät am Ausgang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe in zeitlich einstellbarer, definierter Abhängigkeit relativ zum Zeitpunkt der Registrierung und Erfassung von Signalen eines zu steuernden Geräts am Eingang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe erfolgt. Der besondere Vorteil diese Ausprägung liegt darin, dass dadurch applikative Ereignissequenzen realisiert werden können, die insbesondere bei Holzbearbeitungsmaschinen beispielsweise bei der Herstellung von Möbelbrettern von herausragender Bedeutung sind. So müssen dabei beispielsweise abhängig von der Erfassung von Holzvorder- oder Rückkanten Aggregate für das Aufbringen oder Abschneiden von Umleimern mit hoher zeitlicher Präzision geschaltet werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass Daten die von einem oder mehreren Teilnehmern des Kommunikationssystems bis zum Herunterfahren des Systems gespeichert werden, zusammen mit der jeweils aktuellen Relativzeit des Systems gespeichert werden und die

gemeinsame Auswertung und/oder Darstellung der so aufgezeichneten Daten auf Basis der jeweils gespeicherten Relativzeit des Systems erfolgt. Dadurch können auf verschiedene Teilnehmer verteilte Traceaufzeichnungen auf Basis der einheitlichen
5 Relativzeit für einen Echtzeittrace außerordentlich bequem zusammengeführt und ausgewertet werden, wobei auf sehr einfache Weise Informationen über beispielsweise das Reaktionsverhalten der Teilnehmer gewonnen werden kann, aus denen z.B. Rückschlüsse auf eventuelle bevorstehende Ausfälle von einzelnen Automatisierungskomponenten gezogen werden können.
10

Eine weitere, besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Teilnehmer des Kommunikationssystems, insbesondere Automatisierungskomponenten, die die Relativuhr unterstützen, Kenndaten zur Verfügung stellen, die von wenigstens einer Kontrolleinheit über das Datennetz abgerufen und ausgewertet werden können, wobei die Kenndaten wenigstens den Support der Relativuhr, und/oder die mögliche einstellbare Genauigkeit und/oder
15 wenigstens eine Einstellmöglichkeit der Relativuhr und/oder den Support wenigstens eines Mechanismus, der sich aus dem Einsatz einer Relativuhr in einem Kommunikationssystem ableitet, enthalten. Vorteil ist, dass diese Kenndaten als Gerätebeschreibungen sowohl während des laufenden Betriebs online
20 aus dem oder den entsprechenden Teilnehmern, insbesondere der oder den Automatisierungskomponenten, auslesbar sind, als auch offline als Beschreibungsinformationen bereitgestellt werden kann, wodurch der Umfang der zur Verfügung gestellten genannten Eigenschaften, insbesondere der Support der abgeleiteten Mechanismen, wie z. B. genaues Erfassen von Schaltereignissen, genaues Schalten der Aktorik, etc., exakt dokumentiert und damit der Einsatzbereich des entsprechenden Teilnehmers genauestens abgegrenzt ist.
25
30

35 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Teilnehmer des Kommunikationssystems, insbesondere Automatisierungskomponenten-

ten, die Erfassung von Ereignissen basierend auf der Relativ-
uhr nur in bestimmten Arbeitsphasen und/oder zu bestimmten
Zeitpunkten durchführen können. Dies ist von besonderem Vor-
teil dadurch, weil dadurch die Erfassung von Ereignissen ba-
5 sierend auf der Relativuhr von den entsprechenden Automati-
sierungskomponenten nur zu den relevanten und notwendigen
Zeitpunkten möglich ist, wodurch unnötige Erfassungen und da-
mit die Entstehung überflüssiger Datenmengen vermieden wer-
den. Dies kann beispielhaft über Enable/Disable-Mechanismen
10 über das Datennetz beispielsweise ausgehend von einer Kon-
trolleinheit oder über eine externe Beschaltung an der Auto-
matisierungskomponente realisiert werden.

Von besonderem Vorteil ist es darüber hinaus, dass die offen-
15 barten Verfahren, insbesondere in Bezug auf die Relativuhr
mit den genannten applikativen Ausprägungen wie z. B. Erfas-
sung von Schaltereignissen, präzises Schalten von Ausgängen,
Erfassung von internen Istzuständen inkl. zugehörigem Zeit-
stempel, etc., bei und in industriellen Maschinen eingesetzt
20 bzw. verwendet werden können, wie z.B. in Verpackungsmaschi-
nen, Pressen, Kunststoffspritzmaschinen, Textilmaschinen,
Druckmaschinen, Werkzeugmaschinen, Robotor, Handlingssyste-
men, Holzverarbeitungsmaschinen, Glasverarbeitungsmaschinen,
Keramikverarbeitungsmaschinen sowie Hebezeugen.

25 Im folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren
dargestellten Ausführungsbeispielen näher beschrieben und er-
läutert.

30 Es zeigen:

FIG 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbei-
spiels für ein synchrones, getaktetes Kommunikati-
onssystem mit Relativuhr,

35 FIG 2 die prinzipielle Arbeitsweise in einem synchronen,
getakteten Kommunikationssystem mit Relativuhr im

Bereich verteilter Automatisierungssysteme unter
Verwendung eines Stempels.

FIG 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungs-
5 beispiels für ein synchrones, getaktetes Kommunikationssystem
mit Relativuhr. Bei dem dargestellten Kommunikationssystem
handelt es sich dabei gleichzeitig um ein verteiltes Automa-
tisierungssystem. Diese beiden Begriffe werden im folgenden
synonym verwendet. Das gezeigte Ausführungsbeispiel besteht
10 aus mehreren Teilnehmern, die gleichzeitig sowohl als Sender
als auch als Empfänger ausgeprägt sein können, also sowohl
Signale oder Daten senden als auch empfangen können. Alle
Teilnehmer sind mittelbar oder unmittelbar an das Datennetz
1, beispielsweise ein Bussystem mit und/oder ohne Echtzeitei-
15 genschaften, wie Taktsynchronisation und Äquidistanz, wie
z.B. Ethernet, Industrial Ethernet, Feldbus, Profibus, Fire-
Wire oder auch PC-interne Bussysteme (PCI), etc., aber auch
getaktete Datennetze, wie beispielsweise Isochrones Realtime
Ethernet, über Datenleitungen, von denen aus Gründen der ü-
20 bersichtlichen Darstellung nur die Datenleitungen 11, 12, 13,
14, 15 dargestellt werden, angeschlossen. Die Datenleitungen
sind dabei je nach Verwendungszweck so ausgeprägt, dass sie
sowohl Daten als auch Signale oder andere elektrische Impulse
übertragen bzw. leiten können. Insbesondere können auch Da-
25 tenleitungen verschiedenen Typs in diesem verteilten Automa-
tisierungssystem eingesetzt werden, die jeweils Daten in un-
terschiedlichem Datenformat übertragen. So kann beispielswei-
se über die Datenleitung 14 Daten in einem anderen Format ge-
sendet werden als beispielsweise über die Datenleitung 13.
30 Für eine entsprechende Konvertierung sorgt in diesem Fall
beispielsweise die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2.
Selbstverständlich ist es aber auch möglich, dass die Daten-
leitungen 13 und 14 Daten im selben Format übertragen. In
diesem Fall ist eine echte Datenkonvertierung durch die de-
35 zentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 nicht notwendig, sondern es
erfolgt eine Weiterleitung der Daten in unveränderter Form,
was einem sogenannten Durchschalten der Daten entspricht. Da-

von unbetroffen ist die Möglichkeit, dass die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 die Daten in beliebiger Art und Weise bearbeitet und/oder verarbeitet, insbesondere den Daten einen Zeitstempel oder ähnliches hinzufügt, ohne das Datenformat selbst zu verändern und/oder es in ein anderes Format zu konvertieren, falls dies für einen ordnungsgemäßen Funktionieren des Automatisierungssystem notwendig ist. Direkt an das Datennetz 1 angeschlossenen Datenleitungen, wie beispielsweise die Datenleitungen 12, 13 und 15 übertragen Daten im selben Datenformat wie das Datennetz 1 selbst. Das verwendete Datennetz 1 arbeitet getaktet und der Austausch von Daten über das Datennetz 1 erfolgt synchron im verwendeten Kommunikationstakt. Eine erstmalige Synchronisierung aller angeschlossenen Teilnehmer auf den verwendeten Takt erfolgt beispielsweise beim Hochfahren des Systems. Um den taktsynchronen Datenaustausch zu gewährleisten, erfolgt eine permanente Resynchronisation der Teilnehmer während des laufenden Betriebs. Selbstverständlich ist es aber auch möglich, dass Teilnehmer, die im laufenden Betrieb an das Datennetz 1 angeschlossen werden, sich auf den verwendeten Kommunikationstakt synchronisieren können. Besonders vorteilhaft ist die Möglichkeit den zu verwendenden Kommunikationstakt je nach Bedarf und/oder Anwendung zumindest beim Hochfahren des Systems einmal einstellen zu können. Dabei hat es sich erfahrungsgemäß als besonders vorteilhaft herausgestellt, wenn die Dauer eines Kommunikationsakts zwischen $10\mu\text{s}$ und 10ms beträgt. In diesem Ausführungsbeispiel sind als Teilnehmer zu steuernde Geräte, beispielsweise Antriebe 4, 5 und 6 sowie dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2, 3, ein Projektierungsgerät 7, eine Kontrolleinheit 8, die sowohl als Taktschläger für den Kommunikationstakt als auch als Master der Relativuhr 9 ausgeprägt und mit entsprechenden Mitteln ausgestattet ist, und ein Bediengerät 10, das hier beispielsweise als Rechner mit Tastatur und Maus ausgeprägt ist, dargestellt. Selbstverständlich sind als Teilnehmer jedwede andere Art von Automatisierungskomponenten bzw. Geräten denkbar. Auch Anzahl und/oder Lokalisierung der betreffenden Teilnehmer sind hier nur beispiel-

haft angegeben. Alle dargestellten Teilnehmer sind bereits auf die von der Relativuhr 9 vorgegebene Relativzeit 16 synchronisiert. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist die Relativzeit 16 nur beim Projektierungsgerät 7 bezeichnet worden.

5 Im offenbarten Ausführungsbeispiel kann ein Ereignis an einem zu steuernden Gerät, beispielsweise eine Istwerterfassung am beispielsweise analogen Antrieb 6 über einen, in diesen integrierten, der Übersichtlichkeit wegen nicht dargestellten Sensor und/oder Aktor vorgenommen werden, diese Istwerte mittels der Datenleitung 14 an die dezentrale Ein-/Ausgabe-

10 Baugruppe 2 übergeben, dort taktsynchron erfasst und in ein entsprechendes für das Datennetz 1 kompatibles Datenformat umgewandelt werden. Die auf diese Weise konvertierten Daten werden dann synchron zum verwendeten Kommunikationstakt des

15 Kommunikationssystems über die Datenleitung 13, das Datennetz 1, beispielsweise ein Ethernet-Bussystem, und die Datenleitung 12 an die Kontrolleinheit 8 weitergeleitet. Die Kontrolleinheit 8 ist beispielsweise als eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) oder eine sonstige beliebige Steuerungs- bzw. Regelungseinheit ausgeprägt, die Daten, bei-

20 spielsweise Istwerte, von allen an das Datennetz 1 angeschlossenen Teilnehmern empfangen und auswerten, und/oder Daten, beispielsweise Sollwerte an alle Teilnehmer senden kann. So verarbeitet die Kontrolleinheit 8 beispielsweise die von

25 der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 taktsynchron gesendeten Istwerte des Antriebs 6, berechnet auf Basis dieser Istwerte entsprechende Sollwerte und sendet diese Sollwerte ebenfalls taktsynchron über die Datenleitung 12, das Datennetz 1 und die Datenleitung 13 an die dezentrale Ein-

30 /Ausgabe-Baugruppe 2 zurück. Diese wandelt die empfangenen Sollwerte in für den Antrieb 6 interpretierbare Signale um und leitet sie über die Datenleitung 14 synchron zum verwendeten Kommunikationstakt an den Antrieb 6 weiter, der die empfangenen Sollwerte mittels eines, der Übersichtlichkeit

35 wegen nicht dargestellten, integrierten Aktors, beispielsweise als Steuerbefehle interpretiert und umsetzt. Derselbe Mechanismus kann analog auf einen, der Übersichtlichkeit wegen

nicht dargestellten Prozess übertragen werden, der beispielsweise an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 3 angeschlossen ist.

5 Mittels eines Bediengeräts 10 über die Datenleitung 11 kann beispielsweise auch manuell auf die Kontrolleinheit 8 zugegriffen werden und dadurch auf die entsprechenden Regelungs- und Steuerungsmechanismen der Kontrolleinheit 8 Einfluss genommen werden. Das Projektierungsgerät 7 und die Kontrolleinheit 8 sind dabei als Master-Geräte ausgeprägt, da sie unmittelbaren Einfluss auf die Steuerung des Kommunikationssystems und der anderen angeschlossenen Teilnehmer ausüben können. Analog werden dabei die anderen Teilnehmer, beispielsweise Antriebe 4, 5 und 6 sowie die dezentralen Ein-/Ausgabe-
10 Baugruppen 2 und 3 als Slave-Geräte bezeichnet, da sie entsprechend von den Master-Geräten 7 und 8 angesteuert werden. Es ist dabei ohne weiteres möglich, wie aus dem Ausführungsbeispiel ersichtlich ist, dass auch Automatisierungskomponenten wie beispielsweise die Antriebe 4 und 5 ohne eine zwischengeschaltete dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe direkt an das Datennetz 1 angeschlossen werden können. Aus Gründen der übersichtlichen Darstellung wurde darauf verzichtet, den Anschluss weiterer zu steuernder Geräte an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 3 darzustellen. Auch die dargestellten Antriebe 4, 5 und 6 sind beispielhaft für beliebige Automatisierungskomponenten, insbesondere Feldgeräte, zu steuernde Geräte oder Maschinen, zu sehen.
20
25

Das dargestellte Ausführungsbeispiel weist darüber hinaus eine Kontrolleinheit 8 auf, die unter anderem als Taktschläger für den verwendeten Kommunikations-/Synchronisationstakt und als Master der Relativuhr 9 ausgeprägt ist. Die in die Kontrolleinheit 8 integrierte Relativuhr 9 kann dabei beispielsweise hardware- oder softwaremäßig realisiert sein. Die Relativuhr 9 gibt eine systemweit gültige, eindeutige Relativzeit
30
35 16 vor, die sich aus zwei Teilen zusammensetzt, wobei der erste Teil den aktuellen Kommunikationszyklus charakterisiert

und der zweite Teil den Zeitpunkt innerhalb des aktuellen Kommunikationszyklus bestimmt. Dadurch ist jeder beliebige Kommunikationszyklus und darüber hinaus jeder Zeitpunkt innerhalb eines beliebigen Kommunikationszyklusses exakt bestimmbar ist, wodurch die zeitliche Genauigkeit beim Erfassen und Registrieren bzw. beim Schalten von Ereignissen oder bei beliebigen Steuer- und Regelungsvorgängen außerordentlich verbessert wird. Die Genauigkeit der Relativuhr 9 kann von der Kontrolleinheit 8 je nach Anwendung in einem Bereich zwischen der Dauer eines Kommunikationszyklus und $1\mu\text{s}$ eingestellt werden. Die Relativzeit 16 kann durch eine digitalisierte Zahl oder eine absolute Zeiteinheit, die sich aus der Dauer des Kommunikationstakts ableitet, dargestellt werden.

Bei dem gezeigten taktsynchronen Kommunikationssystem wird allen Teilnehmern der Beginn jedes neuen Kommunikationszyklus beispielsweise durch die Übertragung eines speziellen Datenpakets, wie z.B. einem sogenannten global control-Datenpaket, unmittelbar angezeigt. Zusammen mit der Information über die Länge eines Kommunikationstakts, die wenigstens beim Hochfahren des Systems festgelegt und an alle Teilnehmer verteilt wird, können sich alle Teilnehmer auf den verwendeten Takt synchronisieren. Diese Informationen werden dabei von der Kontrolleinheit 8 als Taktschläger an alle Teilnehmer des Kommunikationssystems übermittelt. Dieser Übertragungsmechanismus wird von der Kontrolleinheit 8 ebenfalls benutzt, um die aktuelle Relativzeit 16 der Relativuhr 9 an alle angeschlossenen Teilnehmer zu verteilen. Diese systemweit geltende, eindeutige Relativuhr 9 und damit die Relativzeit 16 bleibt deshalb bis zum Herunterfahren des Systems für alle Teilnehmer gültig. Die Kontrolleinheit 8 sorgt darüber hinaus permanent dafür, dass alle Teilnehmer bis zum Herunterfahren des Systems auf diese Relativuhr 9 und damit die Relativzeit 16 synchronisiert bleiben. Dadurch wird gewährleistet, dass für alle Teilnehmer während der Laufzeit des Systems stets die selbe Relativzeit 16 gilt, wodurch insbesondere die Gleichzeitigkeit von Ereignissen im Rahmen der vorgegebenen

zeitlichen Auflösung der Relativzeit 16 gewährleistet ist. Dadurch wird der Einfluss von teilnehmerspezifischen Totzeiten erheblich reduziert.

- 5 In FIG 2 ist die prinzipielle Arbeitsweise in einem synchronen, getakteten Kommunikationssystem mit Relativuhr im Bereich verteilter Automatisierungssysteme unter Verwendung eines Stempels dargestellt. Zur Verdeutlichung sind beispielhaft drei aufeinanderfolgende Kommunikationszyklen, Kommunikationszyklus m 34, Kommunikationszyklus m+1 35 und Kommunikationszyklus m+2 36 sowie ein weiterer, zu einem späteren Zeitpunkt auftretender, aber nicht unmittelbar anschließender Kommunikationszyklus m+x 37 dargestellt. Weiterhin ist die prinzipielle Arbeitsweise zwischen Eintritt eines Eingangseignisses 18 und dem entsprechenden Ausgabeereignis 32 in vier Ebenen unterteilt, nämlich in eine Kontrolleinheitenebene 38, eine Datennetzebene 39, eine Automatisierungskomponentenebene 40 und eine Prozessschnittstellenebene 41. Als zur Kontrolleinheitenebene 38 zugehörige Teilnehmer sind Master-Geräte, wie z.B. Kontrolleinheit 8 zu nennen, während zur Automatisierungskomponentenebene 40 Automatisierungskomponenten, wie beispielsweise die dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2, 3, die digitalen Antriebe 4, 5, 6 oder sonstige Feld- und/oder Peripheriegeräte, gehören. Die Datennetzebene 39 kennzeichnet die Verbindung zwischen den beiden genannten Ebenen 38 und 40 durch das Datennetz 1 und die Prozessschnittstellenebene 41 kennzeichnet den Durchgriff der auf der Ebene 40 befindlichen Automatisierungskomponenten auf die darunter liegenden Prozesse und/oder Prozesskomponenten. So handelt es sich beim Eingangseignis 18 bei Antrieben beispielsweise um die Erfassung von Geberistwerten, bei dezentralen Ein-/Ausgabebaugruppen um die Erfassung z.B. von Istwerten der nachfolgend angeschlossenen Sensorik. Beim Ausgabeereignis 32 handelt es sich bei Antrieben z.B. um die Sollwertausgabe an die entsprechenden angeschlossenen Leistungsteile, bei den dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen z.B. um

die Sollwertausgabe an die entsprechende angeschlossene Aktorik.

Die dargestellte Arbeitsweise kennzeichnet den eingeschwungenen Zustand des gezeigten Kommunikationssystems, d.h. alle Teilnehmer, insbesondere die Geräte auf der Automatisierungskomponentenebene 40, beispielsweise die dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2 und 3, sind sowohl auf den Kommunikationstakt des Datennetzes 1, als auch auf die systemweit geltende Relativuhr 9 und damit auf die Relativzeit 16 synchronisiert. Die Synchronisierung der Teilnehmer auf den verwendeten Kommunikationstakt sowie auf die Relativuhr 9 erfolgt bereits beim Hochfahren des Systems.

Den einzelnen Teilnehmern des Kommunikationssystems, insbesondere den dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppen 2 und 3, ist deshalb die Länge eines Kommunikationszyklus und damit insbesondere die Länge der Kommunikationszyklen m 34, $m+1$ 35, $m+2$ 36 sowie $m+x$ 37 bekannt. Die Synchronisierung der Teilnehmer auf den verwendeten Kommunikationstakt erfolgt durch das sogenannte global control-Datenpaket 23, das jeweils den Anfang des nächsten Kommunikationszyklus unmittelbar anzeigt und deshalb rechtzeitig an alle Teilnehmer gesendet wird. Dieses Datenpaket 23 wird beim Hochfahren des Systems von den Teilnehmern ausgewertet, wodurch sich diese auf den Kommunikationstakt des Kommunikationssystems auf synchronisieren können. Um eine Überschneidung bei der Datenübertragung von einem Kommunikationszyklus in den folgenden zu verhindern und ein präzises Auswerten des Datenpakets 23 und somit die zweifelsfreie Signalisierung des jeweiligen Beginns des unmittelbar anschließenden Kommunikationszyklus zu gewährleisten, werden unmittelbar vor dem Senden des global control-Datenpakets 23 für eine diskrete Zeit keine Daten gesendet. Dies wird als aktives Warten bezeichnet, angedeutet durch die Reserve 17.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist die Reserve 17 nur einmal bezeichnet. Während des laufenden Betriebs zeigt das global control-Datenpaket 23 selbstverständlich immer unmittel-

bar den Anfang des nächsten Kommunikationszyklus an und ist damit den Teilnehmern des Kommunikationssystems bekannt.

Auf Basis des in FIG 1 offenbarten Mechanismus der Verwendung einer systemweit geltenden Relativuhr 9 wird beispielsweise von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 unter Verwendung der Relativzeit 16 ein Stempel 20 generiert, der aus der zu einem Eingangseignis 18 zugehörigen aktuellen Relativzeit 16 und der Art des Eingangseignisses 18 selbst, beispielsweise positive oder negative Schaltflanke, besteht. Der erste Teil der Relativzeit 9 kennzeichnet dabei den aktuellen Kommunikationszyklus, beispielsweise den Kommunikationszyklus m 34, in dem die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 die Signalerfassung 19 eines Eingangseignisses 18 eines zu steuernden Geräts an ihrem Eingang durchführt und der zweite Teil präzisiert den Zeitpunkt der Signalerfassung 19 relativ zum Anfang oder zum Ende innerhalb des aktuellen Kommunikationszyklus, beispielsweise des Kommunikationszyklus m 34. Dieser so generierte Stempel 18 wird auf der Automatisierungskomponentenebene 40, beispielsweise von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 bei der Signalerfassung 19 des Eingangseignisses 18 oder der Signalkonvertierung 21 den Daten hinzugefügt, sodass der Erfassungszeitpunkt und Art des Schaltereignisses dieser Daten in der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 exakt protokolliert und beim Weiterleiten Bestandteil der Daten ist. Der Stempel 20 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nur einmal bezeichnet. Die Datenweiterleitung 22 auf der Datennetzebene 39, durch das Datenpaket 24 angedeutet, wird anschließend beispielsweise mit Beginn des nächsten Kommunikationszyklus m+1 35 fortgesetzt. Der unmittelbare Anfang des nächsten Kommunikationszyklus m+1 35 wird dabei durch Übertragung des global control-Datenpakets 23 allen Teilnehmern mitgeteilt. Aus Gründen der übersichtlichen Darstellung ist auf der Datennetzebene 39 das Datenpaket 24, das grau markierte global control-Datenpaket 23 sowie die Reserve 23 jeweils nur einmal bezeichnet worden. Die unterschiedliche Länge der nicht bezeichneten Datenpakete hat da-

bei keine besondere Bedeutung, es verdeutlicht nur, dass die Länge der einzelnen Datenpakete inhaltsabhängig und damit variabel ist. Innerhalb des Kommunikationszyklus $m+1$ 35 erfolgt nun die Datenübergabe 25 der weitergeleiteten Daten mit Stempel 20 von der Datennetzebene 39 an die Kontrolleinheitenebene 38 beispielsweise an die Kontrolleinheit 8, von der die Datenverarbeitung 26 durchgeführt wird. Dabei wird von der Kontrolleinheit 8 sowohl der Stempel 20 als auch der Inhalt der Daten ausgewertet. Darauf basierend berechnet die Kontrolleinheit 8 Antwortdaten und in Abhängigkeit des Inhalts des Stempels 20 den erforderlichen Zeitpunkt für die zukünftige Ausgabe der Antwortdaten an das entsprechende zu steuernde Gerät am Ausgang beispielsweise der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2, und die Art des Ausgabeereignisses, 15 beispielsweise positive oder negative Schaltflanke, etc., mit der geschaltet werden soll. Die berechneten Antwortdaten, die für das zu steuernde Gerät bestimmt sind, werden vor der Übertragung an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe von der Kontrolleinheit 8 mit einem Stempel 27, der aus der berechneten Relativzeit, bezogen auf den erforderlichen, geplanten Zeitpunkt der Signalausgabe und dem Ausgabe-Schaltereignis besteht, versehen, sodass der Stempel 27 beim Weiterleiten Bestandteil der Antwortdaten ist. Dabei besteht der Teil des Stempels 27, der die Relativzeit charakterisiert wiederum aus 20 zwei Teilen. Der eine Teil kennzeichnet dabei den Kommunikationszyklus, beispielsweise den Kommunikationszyklus $m+x$ 37, in dem die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 die Signalausgabe 31 eines Ausgangsereignisses 32 an ein zu steuerndes Gerät an ihrem Ausgang durchführen soll und der andere Teil 25 präzisiert den Ausgabezeitpunkt der Signalausgabe 31 innerhalb dieses so bestimmten Kommunikationszyklus, beispielsweise des Kommunikationszyklus $m+x$ 37. Der Stempel 27 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nur einmal bezeichnet. Von der Kontrolleinheitenebene 38 aus, beispielsweise von der Kontrolleinheit 8, erfolgt die Datenübergabe 28 der berechneten Antwortdaten mit dem Stempel 27 beispielsweise zum Beginn des 30 nächsten Kommunikationszyklus $m+2$ 36 an die Datennetzebene

39. Auch diese Datenübergabe 28 erfolgt synchron zum Kommunikationstakt und kann in jedem Kommunikationszyklus durchgeführt werden. Von der Datennetzebene 39 erfolgt eine Datenübermittlung 29 beispielsweise noch innerhalb des Kommunikationszyklus $m+2$ 36 an die Automatisierungskomponentenebene 40, beispielsweise an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2, die den Stempel 27, mit dem die empfangenen Daten versehen sind, auswertet. Je nach Ergebnis der Auswertung des Stempels 27, insbesondere des Teils, der den Zeitpunkt der Ausgabe der Daten bezeichnet, werden die Daten von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 zwischengespeichert und erst bei Eintritt der entsprechenden Relativzeit 16, beispielsweise im Kommunikationszyklus $m+x$ 37 erfolgt die entsprechende Signalausgabe 31 zum vorgesehenen Zeitpunkt, beispielsweise Schaltung von Sollwerten am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 mit dem im Stempel 27 vorgesehenen Schaltereignis, an das zu steuernde Gerät mit dem Ausgabeereignis 32. Die vorher notwendige Datenkonvertierung 30 der erhaltenen Daten in für das zu steuernde Gerät interpretierbare Signale, kann dabei zu einem beliebigen Zeitpunkt zwischen Datenübermittlung 29 im Kommunikationszyklus $m+2$ 36 und der Signalausgabe 31 im Kommunikationszyklus $m+x$ 37 von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe 2 durchgeführt werden.

25 Somit kann abhängig vom Zeitpunkt der Registrierung eines Eintrittsereignisses 18 am Eingang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe das Schalten eines Ausgabeereignisses 32 am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe durch Verwendung einer systemweit geltenden Relativuhr 9 exakt geplant und mit einer ausserordentlichen zeitlichen Präzision durchgeführt werden, was im Bereich Antriebstechnik in verteilten Automatisierungssystemen, beispielsweise für das Schalten von Nocken, etc. außerordentlich vorteilhaft ist. Der zeitliche Abstand 33 zwischen Eingangsereignis 18 und Ausgabeereignis 32 ist also für jede beliebige Situation im geschilderten Anwendungsbereich individuell mit jeweils der selben hohen zeitlichen Genauigkeit einstellbar und erreichbar, wodurch

die Abhängigkeit von Totzeiten von betroffenen Teilnehmern des Kommunikationssystems sehr stark reduziert wird. Darüber hinaus können dadurch applikative Ereignissequenzen realisiert werden, die insbesondere bei Holzbearbeitungsmaschinen beispielsweise bei der Herstellung von Möbelbrettern von herausragender Bedeutung sind. Hier müssen beispielsweise abhängig von der Erfassung von Holzvorder- oder Rückkanten Aggregate für das Aufbringen oder Abschneiden von Umleimern mit hoher zeitlicher Präzision geschaltet werden.

10

Zusammenfassend betrifft die Erfindung ein synchrones, getaktetes Kommunikationssystem, beispielsweise ein verteiltes Automatisierungssystem, dessen Teilnehmer, beliebige Automatisierungskomponenten sein können, und die über ein Datennetz 1 zwecks gegenseitigen Datenaustauschs miteinander gekoppelt sind. Als Datennetz 1 des Kommunikationssystems sind dabei alle möglichen Bussysteme wie z.B. Feldbus, Profibus, Ethernet, Industrial Ethernet, etc. denkbar. Ein Teilnehmer dieses Kommunikationssystems ist als Taktschläger ausgezeichnet und sorgt für die Verteilung und Einhaltung des verwendeten Kommunikationstakts an alle Teilnehmer und von allen Teilnehmern. Über denselben Mechanismus kann der Taktschläger auch eine Relativuhr 9 im ganzen Kommunikationssystem bei allen Teilnehmern einführen. Dieser Teilnehmer ist damit ebenfalls Master über die Relativuhr 9 bzw. die geltende Relativzeit 16. Alle Teilnehmer des Kommunikationssystems sind daher permanent auf die systemweit geltende Relativuhr 9 mit der gültigen Relativzeit 16 synchronisiert und haben deshalb zu jeder Zeit dasselbe Zeitverständnis. Die Realisierung von applikativen Sequenzen, Synchronisierung von gleichzeitig eintretenden Ereignissen, zeitliche Genauigkeit bei der Erfassung von Ereignissen bzw. Schalten von Ausgängen wird dadurch deutlich verbessert bzw. erst ermöglicht.

35

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufbau eines synchronen, getakteten Kommunikationssystems mit Äquidistanzeigenschaften im Bereich industrieller Anlagen zwischen wenigstens zwei Teilnehmern, insbesondere Automatisierungskomponenten, und wenigstens einem Datennetz (1),

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass insbesondere beim Hochfahren des Systems eine systemweit geltende, eindeutige Relativuhr (9) eingeführt wird und alle an das Datennetz (1) angeschlossenen Teilnehmer wenigstens einmal auf die, durch die Relativuhr (9) bestimmte Relativzeit (16) synchronisiert werden, wobei die Relativzeit (16) über das Datennetz (1) an alle Teilnehmer übertragen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass als Teilnehmer des Kommunikationssystems wenigstens eine Kontrolleinheit (8), wenigstens eine zu steuernde Einheit, und wenigstens eine dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3), die als Schnittstelle zwischen dem Datennetz (1) und der zu steuernden Einheit bidirektional den Austausch von Signalen zwischen der zu steuernden Einheit und der Kontrolleinheit (8) mittels des Datennetzes (1) vornimmt, an das Datennetz (1) angeschlossen sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die durch die Relativuhr (9) systemweit eingeführte, eindeutige Relativzeit (16) sich aus zwei Teilen zusammensetzt, wobei der erste Teil den aktuellen Kommunikationszyklus charakterisiert und der zweite Teil den Zeitpunkt innerhalb des aktuellen Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems bestimmt.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass der Kommunikationszyklus durch eine digitalisierte Zahl oder eine absolute Zeiteinheit, die sich aus der Dauer des Kommunikationszyklus ableitet, dargestellt wird.

- 5 5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Genauigkeit der Relativuhr (9) in einem Bereich zwischen der Dauer eines Kommunikationstakts und $1\mu\text{s}$ einstellbar ist.

10

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die systemweit geltende, eindeutige Relativuhr (9) und damit die Relativzeit (16) bis zum Herunterfahren des Systems
15 für alle Teilnehmer gültig bleibt.

20

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass alle Teilnehmer bis zum Herunterfahren des Systems auf
die systemweit geltende, eindeutige Relativuhr (9) und damit
die Relativzeit (16) synchronisiert bleiben.

25

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Dauer des Kommunikationstakts einstellbar ist.

30

9. Verfahren nach Anspruch 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Dauer eines Kommunikationstakts zwischen $10\mu\text{s}$ und
10ms beträgt.

35

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Dauer eines Kommunikationstakts wenigstens einmal
beim Hochfahren des Systems festgelegt wird.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass Signale eines zu steuernden Geräts bei deren Registrie-
rung und Erfassung am Eingang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-
Baugruppe (2, 3) von der Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) mit
5 einem Stempel (20) versehen werden, der sich aus der zu die-
sem Zeitpunkt aktuellen Relativzeit (16) und dem Erfassungs-
Schalttereignis zusammensetzt, in ein für das Datennetz (1)
kompatibles Datenformat umgewandelt, die Daten mit diesem
Stempel (20) über das Datennetz (1) an die Kontrolleinheit
10 (8) weitergeleitet, dort ausgewertet und verarbeitet werden,
wobei die Relativzeit (16) als Teil des Stempels (20) aus
zwei Teilen besteht, wobei der eine Teil den Kommunikations-
zyklus des Kommunikationssystems bestimmt, in welchem die Re-
gistrierung und Signalerfassung erfolgt ist und der andere
15 Teil den Zeitpunkt relativ zum Anfang oder zum Ende des Kom-
munikationszyklus des Kommunikationssystems bestimmt, in wel-
chem die Registrierung und Signalerfassung erfolgt ist.

12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass Daten, die für das zu steuernde Gerät bestimmt sind, vor
der Übertragung an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2,
3) von der Kontrolleinheit (8) mit einem Stempel (27) verse-
hen werden, der sich aus einer Relativzeit (16), bezogen auf
25 den Zeitpunkt der geplanten Signalausgabe und einem Ausgabe-
Schalttereignis zusammensetzt, und die Daten mit diesem Stem-
pel (27) über das Datennetz (1) an die Ein-/Ausgabe-Baugruppe
(2, 3) übertragen werden, wobei die Relativzeit (16) als Teil
des Stempels (27) aus zwei Teilen besteht, wobei der eine
30 Teil den Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems be-
stimmt in dem die Signalausgabe erfolgen soll und der andere
Teil den Zeitpunkt relativ zum Anfang oder zum Ende des Kom-
munikationszyklus des Kommunikationssystems bestimmt, in wel-
chem die Signalausgabe erfolgen soll.

35

13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass Daten, die mit einem Stempel (27), der sich auf die geplante Signalausgabe bezieht, versehen und für das zu steuernde Gerät bestimmt sind, von der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) in für das zu steuernde Gerät interpretierbare Signale umgewandelt und zu dem Zeitpunkt, der durch den übertragenen Stempel vorgegeben ist, am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) gemäss des vorgegebenen Schaltereignisses geschaltet und an das zu steuernde Gerät ausgegeben werden.

10

14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltung und Weiterleitung von Signalen an ein zu steuerndes Gerät am Ausgang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) in zeitlich einstellbarer, definierter Abhängigkeit relativ zum Zeitpunkt der Registrierung und Erfassung von Signalen eines zu steuernden Geräts am Eingang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) erfolgt.

20

15. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Daten die von einem oder mehreren Teilnehmern des Kommunikationssystems bis zum Herunterfahren des Systems gespeichert werden, zusammen mit der jeweils aktuellen Relativzeit (16) des Systems gespeichert werden und die gemeinsame Auswertung und/oder Darstellung der so aufgezeichneten Daten auf Basis der jeweils gespeicherten Relativzeit (16) des Systems erfolgt.

30

16. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Teilnehmer des Kommunikationssystems, insbesondere Automatisierungskomponenten, die die Relativuhr (9) unterstützen, Kenndaten zur Verfügung stellen, die von wenigstens einer Kontrolleinheit (8) über das Datennetz (1) abgerufen und ausgewertet werden können, wobei die Kenndaten wenigstens den Support der Relativuhr (9), und/oder die mög-

35

liche einstellbare Genauigkeit und/oder wenigstens eine Einstellmöglichkeit der Relativuhr (9) und/oder den Support wenigstens eines Mechanismus, der sich aus dem Einsatz einer Relativuhr (9) in einem Kommunikationssystem ableitet, enthalten.
5

17. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Teilnehmer des Kommunikationssystems, insbesondere Automatisierungskomponenten, die Erfassung von Ereignissen basierend auf der Relativuhr (9) nur in bestimmten Arbeitsphasen und/oder zu bestimmten Zeitpunkten durchführen können.
10

15 18. Synchrones, getaktetes Kommunikationssystem mit Äquidistanzeigenschaften im Bereich industrieller Anlagen zwischen wenigstens zwei Teilnehmern, insbesondere Automatisierungskomponenten und wenigstens einem Datennetz (1), dadurch gekennzeichnet, dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist, das insbesondere beim Hochfahren des Systems eine systemweit geltende, eindeutige Relativuhr (9) einführt und alle oder eine Untermenge der angeschlossenen Teilnehmer wenigstens einmal auf die, durch die Relativuhr (9) bestimmte Relativzeit (16) synchronisiert, wobei die Relativzeit (16) über das
20 25 Datennetz (1) an alle Teilnehmer übertragen wird.

19. Kommunikationssystem nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Kommunikationssystem als Teilnehmer wenigstens eine Kontrolleinheit (8), wenigstens ein zu steuerndes Gerät und wenigstens eine dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3), die als Schnittstelle zwischen dem Datennetz (1) und dem zu steuernden Gerät bidirektional den Austausch von Signalen zwischen dem zu steuernden Gerät und der Kontrolleinheit (8)
30 35 mittels des Datennetzes (1) vornimmt, aufweist.

20. Kommunikationssystem nach Anspruch 18 oder 19,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
das dafür sorgt, dass die durch die Relativuhr (9) systemweit
5 eingeführte, eindeutige Relativzeit (16) sich aus zwei Teilen
zusammensetzt, wobei der erste Teil den aktuellen Kommunika-
tionszyklus charakterisiert und der zweite Teil den Zeitpunkt
innerhalb des aktuellen Kommunikationszyklus des Kommunikati-
onssystems bestimmt.

10

21. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 18 bis 20,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
das dafür sorgt, dass der Kommunikationszyklus durch eine di-
15 gitalisierte Zahl oder eine absolute Zeiteinheit, die sich
aus der Dauer des Kommunikationszyklus ableitet, dargestellt
wird.

20

22. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 18 bis 21,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
das dafür sorgt, dass die Genauigkeit der Relativuhr (9) in
einem Bereich zwischen der Dauer eines Kommunikationstakts
und 1µs eingestellt wird.

25

23. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 18 bis 22,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
das dafür sorgt, dass die systemweit geltende, eindeutige Re-
30 lativuhr (9) und damit die Relativzeit (16) bis zum Herunter-
fahren des Systems für alle Teilnehmer gültig bleibt.

35

24. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 18 bis 23,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
das die Synchronisierung aller Teilnehmer auf die systemweit

geltende, eindeutige Relativuhr (9) und damit die Relativzeit (16) bis zum Herunterfahren des Systems aufrecht erhält.

25. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 18 bis 24
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
das die Dauer des Kommunikationstakts einstellt.

26. Kommunikationssystem nach Anspruch 25,
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
das die Dauer des Kommunikationstakts zwischen 10µs und 10ms
einstellt.

15 27. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 18 bis 26
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist,
welches die Dauer eines Kommunikationstakts wenigstens einmal
beim Hochfahren des Systems festlegt.

20 28. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 18 bis 27,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest eine dezentrale Ein-/
Ausgabe-Baugruppe (2, 3) aufweist, die Signale eines zu steu-
25 ernden Geräts bei deren Registrierung und Erfassung am Ein-
gang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) mit einem
Stempel (20) versieht, der sich aus der zu diesem Zeitpunkt
aktuellen Relativzeit (16) und dem Erfassungs-Schaltereignis
zusammensetzt, in ein für das Datennetz (1) kompatibles Da-
30 tenformat umwandelt und die Daten mit diesem Stempel (20) ü-
ber das Datennetz (1) an die Kontrolleinheit (8) zur Auswer-
tung und weiteren Verarbeitung weiterleitet, wobei die Rela-
tivzeit (16) als Teil des Stempels (20) aus zwei Teilen be-
steht, wobei der eine Teil den Kommunikationszyklus des Kom-
35 munikationssystems bestimmt, in welchem die Registrierung und
Signalerfassung erfolgt ist und der andere Teil den Zeitpunkt
relativ zum Anfang oder zum Ende des Kommunikationszyklus des

Kommunikationssystems bestimmt, in welchem die Registrierung und Signalerfassung erfolgt ist.

29. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 18 bis 28,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest eine Kontrolleinheit (8) aufweist, die Daten, die für das zu steuernde Gerät bestimmt sind, vor der Übertragung an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) mit einem Stempel (27) versieht,
10 der sich aus einer Relativzeit (16), bezogen auf den Zeitpunkt der geplanten Signalausgabe und einem Ausgabe-Schaltereignis zusammensetzt, und die Daten mit diesem Stempel (27) über das Datennetz (1) an die dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) überträgt, wobei die Relativzeit
15 (16) als Teil des Stempels (27) aus zwei Teilen besteht, wobei der eine Teil den Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems bestimmt, in dem die Signalausgabe erfolgen soll und der andere Teil den Zeitpunkt relativ zum Anfang oder zum Ende des Kommunikationszyklus des Kommunikationssystems bestimmt, in welchem die Signalausgabe erfolgen soll.
20

30. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 18 bis 29,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest eine dezentrale Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) aufweist, die Daten, die mit einem
25 Stempel (27), der sich auf die geplante Signalausgabe bezieht, versehen und für das zu steuernde Gerät bestimmt sind, in für das zu steuernde Gerät interpretierbare Signale umwandelt und zu dem Zeitpunkt, der durch den übertragenen Stempel
30 vorgegeben ist, am Ausgang der dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) gemäss des vorgegebenen Schaltereignisses schaltet und an das zu steuernde Gerät ausgibt.

31. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 18 bis 30,
35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist, das dafür sorgt, dass die Schaltung und Weiterleitung von

Signalen an ein zu steuerndes Gerät am Ausgang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) in zeitlich einstellbarer, definierter Abhängigkeit relativ zum Zeitpunkt der Registrierung und Erfassung von Signalen eines zu steuernden
5 Geräts am Eingang einer dezentralen Ein-/Ausgabe-Baugruppe (2, 3) erfolgt.

32. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 18 bis 31,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
10 dass das Kommunikationssystem zumindest ein Mittel aufweist, das dafür sorgt, dass Daten die von einem oder mehreren Teilnehmern des Kommunikationssystems bis zum Herunterfahren des Systems gespeichert werden, zusammen mit der jeweils aktuellen Relativzeit (16) des Systems gespeichert werden und die
15 gemeinsame Auswertung und/oder Darstellung der so aufgezeichneten Daten auf Basis der jeweils gespeicherten Relativzeit (16) des Systems erfolgt.

33. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 18 bis 32,
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Kommunikationssystem zumindest einen Teilnehmer, insbesondere eine Automatisierungskomponente, aufweist, der die Relativuhr (9) unterstützt, und der Kenndaten zur Verfügung stellt, die von wenigstens einer Kontrolleinheit (8) über das Datennetz (1) abgerufen und ausgewertet werden können,
25 wobei die Kenndaten wenigstens den Support der Relativuhr (9), und/oder die mögliche einstellbare Genauigkeit und/oder wenigstens eine Einstellmöglichkeit der Relativuhr (9) und/oder den Support wenigstens eines Mechanismus, der
30 sich aus dem Einsatz einer Relativuhr (9) in einem Kommunikationssystem ableitet, enthalten.

34. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 18 bis 33,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
35 dass das Kommunikationssystem zumindest einen Teilnehmer, insbesondere eine Automatisierungskomponente, aufweist, der die Erfassung von Ereignissen basierend auf der Relativuhr

(9) nur in bestimmten Arbeitsphasen und/oder zu bestimmten Zeitpunkten durchführen kann.

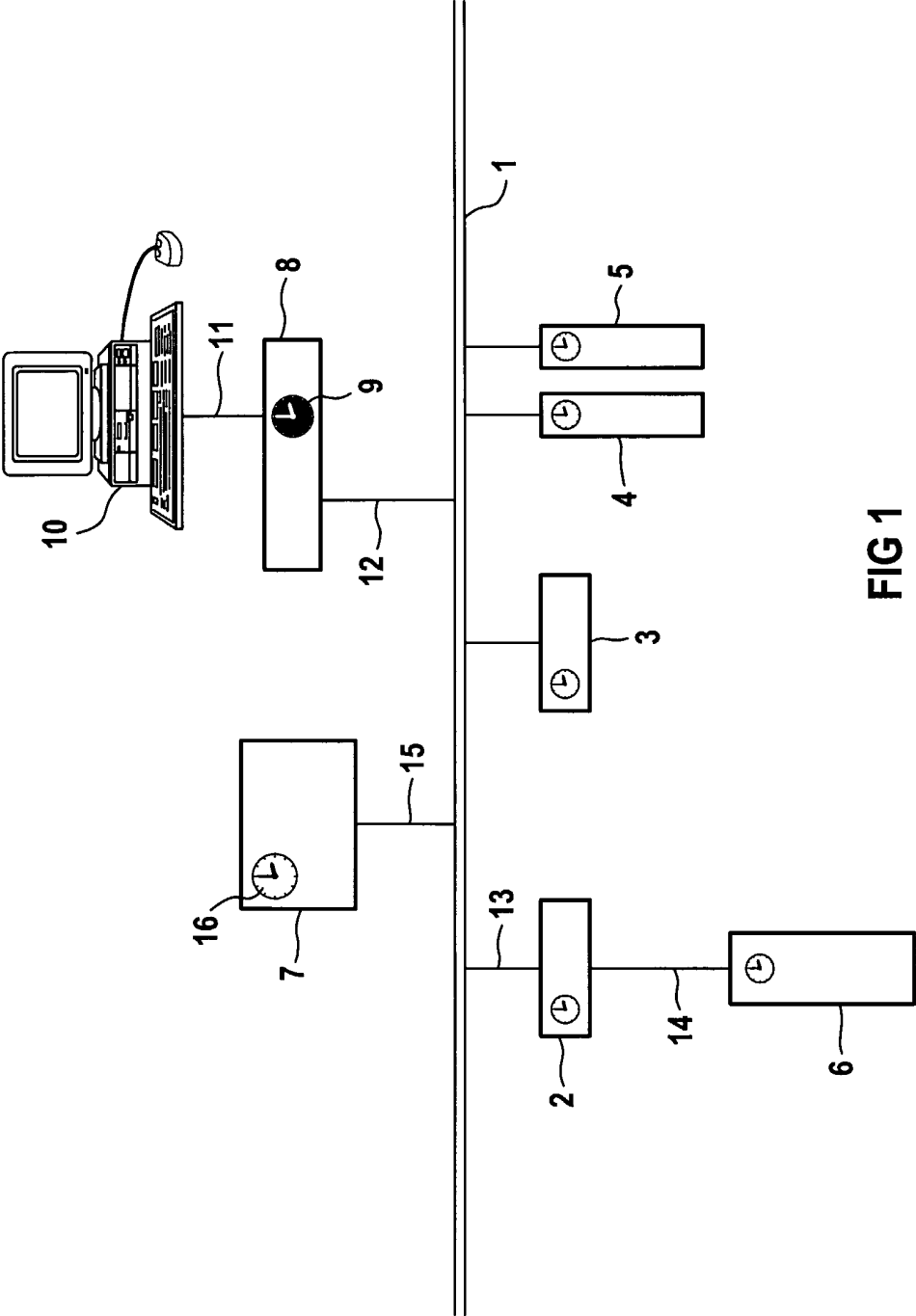


FIG 1

