



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 08 953 A1** 2004.09.09

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 08 953.5**
(22) Anmeldetag: **28.02.2003**
(43) Offenlegungstag: **09.09.2004**

(51) Int Cl.7: **H04L 12/50**

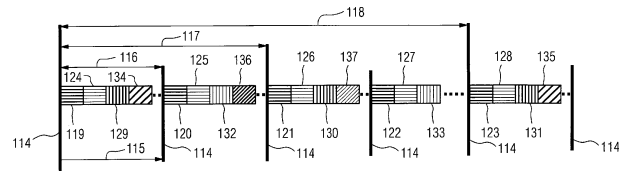
(71) Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
**Feld, Joachim, 90451 Nürnberg, DE; Steindl,
Günter, 92284 Poppenricht, DE; Weber, Karl, Dr.,
90518 Altdorf, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Kommunikation in einem Datennetz**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zur Kommunikation in einem Datennetz (101), insbesondere switched Ethernet, sowie einen Teilnehmer (102) in einem solchen Datennetz (101). Um die durch die Übertragung von Telegrammen (119-135) beanspruchten Kommunikationsressourcen in dem Datennetz (101) zu verringern, wird vorgeschlagen, dass Zeitabschnitte definiert werden, welche sich in einem Grundtakt zyklisch wiederholen, dass Telegramme (119-135) jeweils eine erste Kennung U zugeordnet ist, die dem jeweiligen Telegramm (119-135) eine Gruppe von n aufeinander folgenden Zeitabschnitten zum Übertragen des jeweiligen Telegramms (119-135) zuweist, wobei sich die Gruppe zyklisch wiederholt, dass den Telegrammen (119-135) jeweils eine zweite Kennung Z zugeordnet ist, die dem jeweiligen Telegramm (119-135) einen m-ten Zeitabschnitt in der Folge der n Zeitabschnitte einer Gruppe zum Übertragen des jeweiligen Telegramms (119-135) zuweist, wobei $1 \leq m \leq n$ ist, und dass die Telegramme (119-135) in dem jeweils zugewiesenen Zeitabschnitt übertragen werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zur Kommunikation in einem Datennetz, insbesondere switched Ethernet, sowie einen Teilnehmer in einem solchen Datennetz.

Stand der Technik

[0002] Datennetze ermöglichen die Kommunikation zwischen mehreren Teilnehmern durch die Vernetzung, also Verbindung der einzelnen Teilnehmer untereinander. Kommunikation bedeutet dabei die Übertragung von Daten zwischen den Teilnehmern. Die zu übertragenden Daten werden dabei als Datentelegramme verschickt, d. h. die Daten werden zu Paketen zusammengepackt und in dieser Form über das Datennetz an den entsprechenden Empfänger gesendet. Man spricht deshalb auch von Datenpaketen. Der Begriff „Übertragung von Daten“ wird in diesem Dokument völlig synonym zur oben erwähnten Übertragung von Datentelegrammen oder Datenpaketen verwendet. Die Vernetzung selbst wird beispielsweise bei schaltbaren Hochleistungsdatennetzen, insbesondere Ethernet, dadurch gelöst, dass zwischen zwei Teilnehmer jeweils mindestens eine Koppeleinheit geschaltet ist, die mit beiden Teilnehmern verbunden ist. Jede Koppeleinheit kann mit mehr als zwei Teilnehmern verbunden sein. Jeder Teilnehmer ist mit mindestens einer Koppeleinheit, aber nicht direkt mit einem anderen Teilnehmer verbunden. Teilnehmer sind beispielsweise Computer, speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) oder weitere Komponenten, die elektronische Daten mit anderen Komponenten austauschen, insbesondere verarbeiten. Koppeleinheiten sind z. B. sogenannte Switches, Hubs, Bridges, Router u. Ä. Im Gegensatz zu Bussystemen, bei denen jeder Teilnehmer jeden anderen Teilnehmer des Datennetzes direkt über den Datenbus erreichen kann, handelt es sich bei den schaltbaren Datennetzen ausschließlich um Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, d. h. ein Teilnehmer kann alle anderen Teilnehmer des schaltbaren Datennetzes nur durch Weiterleitung der zu übertragenden Daten mittels einer oder mehrerer Koppeleinheiten erreichen. Die Datenpakete in einem schaltbaren Datennetz werden auch Frames genannt, da die übertragenen Nutzdaten üblicherweise in einem Rahmen (englisch: Frame) eingekapselt sind, da spezielle Synchronisierungs- und Fehlererkennungs-Bits den Nutzdaten voran- bzw. nachgestellt sind und sie insofern einrahmen.

[0003] In verteilten Automatisierungssystemen, beispielsweise im Bereich der Antriebstechnik, müssen bestimmte Daten zu bestimmten Zeiten bei den dafür bestimmten Teilnehmern eintreffen und von den Empfängern verarbeitet werden. Man spricht dabei von echtzeitkritischen Daten bzw. Datenverkehr, da ein nicht rechtzeitiges Eintreffen der Daten am Bestimmungsort zu unerwünschten Resultaten beim

Teilnehmer führt.

[0004] Von der Internet-Seite http://www.informatik.uni-leipzig.de/ifi/abteilungen/rnvs/lehre/rn2/download/kap09_6.pdf sind Zeit-Multiplex-Verfahren zur Übertragung von Daten über Breitbandnetze bekannt, bei denen Zeitschlitze für verschiedene Übertragungskanäle reserviert werden und Übertragungskanäle zeitlich auf die Teilnehmer aufgeteilt werden. Beim sogenannten synchronen Zeit-Multiplexing (Synchronous Time Division = STD) werden Übertragungsrahmen definiert, welche aus einer bestimmten Anzahl von Zeitschlitzen fester Größe bestehen. Jeder Benutzer erhält einen bestimmten Zeitschlitz (slot) innerhalb des Übertragungsrahmens zugeordnet, während dessen er senden und empfangen kann. Ein Übertragungskanal ist somit identifiziert durch die Position des Zeitschlitzes innerhalb des Übertragungsrahmens.

Aufgabenstellung

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die durch die Übertragung von Telegrammen beanspruchten Kommunikationsressourcen in einem Datennetz zu verringern.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Kommunikation in einem Datennetz gelöst, bei welchem Verfahren

- Zeitabschnitte definiert werden, welche sich in einem Grundtakt zyklisch wiederholen,
- Telegrammen jeweils eine erste Kennung zugeordnet ist, die dem jeweiligen Telegramm eine Gruppe von n aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten zum Übertragen des jeweiligen Telegramms zuweist, wobei sich die Gruppe zyklisch wiederholt,
- den Telegrammen jeweils eine zweite Kennung zugeordnet ist, die dem jeweiligen Telegramm einen m -ten Zeitabschnitt in der Folge der n Zeitabschnitte einer Gruppe zum Übertragen des jeweiligen Telegramms zuweist, wobei $1 \leq m \leq n$ ist und
- die Telegramme in dem jeweils zugewiesenen Zeitabschnitt übertragen werden.

[0007] Diese Aufgabe wird durch ein System zur Kommunikation zwischen Teilnehmern in einem Datennetz gelöst, wobei

- die Teilnehmer zur Übertragung von Telegrammen in den Telegrammen jeweils zugewiesenen, sich in einem Grundtakt zyklisch wiederholenden Zeitabschnitten vorgesehen sind,
- den Telegrammen jeweils eine erste Kennung zugeordnet ist, die dem jeweiligen Telegramm eine Gruppe von n aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten zum Übertragen des jeweiligen Telegramms zuweist, wobei sich die Gruppe zyklisch wiederholt und
- den Telegrammen jeweils eine zweite Kennung zugeordnet ist, die dem jeweiligen Telegramm einen m -ten Zeitabschnitt in der Folge der n Zeitab-

schnitte einer Gruppe zum Übertragen des jeweiligen Telegramms zuweist, wobei $1 \leq m \leq n$ ist.

[0008] Diese Aufgabe wird durch einen Teilnehmer in einem Datennetz gelöst, welcher zur Übertragung von Telegrammen in den Telegrammen jeweils zugewiesenen, sich in einem Grundtakt zyklisch wiederholenden Zeitabschnitten vorgesehen ist, wobei den Telegrammen jeweils eine erste Kennung zugeordnet ist, die dem jeweiligen Telegramm eine Gruppe von n aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten zum Übertragen des jeweiligen Telegramms zuweist, wobei sich die Gruppe zyklisch wiederholt und wobei den Telegrammen jeweils eine zweite Kennung zugeordnet ist, die dem jeweiligen Telegramm einen m -ten Zeitabschnitt in der Folge der n Zeitabschnitte einer Gruppe zum Übertragen des jeweiligen Telegramms zuweist, wobei $1 \leq m \leq n$ ist.

[0009] Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass durch die Koordination der Übertragung von Telegrammen zwischen Teilnehmern in einem Datennetz die Einsetzbarkeit einer solchen Kommunikation auch im Echtzeitumfeld ermöglicht wird. In einem üblichen Netzwerk, z. B. mit Zugriffssteuerung auf Basis CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/ Collision Detection) sind alle Teilnehmer bezüglich des Absendens von Nachrichten gleichberechtigt, d. h. die einzelnen Teilnehmer sind unabhängig voneinander bei der Wahl der Zeitpunkte zum Senden der Nachrichten. Dadurch sind jedoch die Verzögerungen, bis der Sendevorgang tatsächlich abgeschlossen ist, nicht mit einer festen Obergrenze bestimmbar. Dies schränkt die Nutzung eines solchen Netzwerks im Umfeld von deterministischer Kommunikation ein. In einem Netzwerk, in welchem die Teilnehmer statistisch verteilt bezogen auf den Zeitpunkt und den Kommunikationspartner Daten austauschen, würde sich eventuell eine bestimmte Netzwerklast einstellen, welche gut bestimmbar ist. Wenn aber, wie in Echtzeitumgebungen üblich, eine zyklische $n:1$ -Beziehung besteht (d. h. n Teilnehmer senden zyklisch auf einen Teilnehmer), dann kann durch das nicht koordinierte Senden beim Empfänger aufgrund von Schwebungen der n Sendezyklen immer wieder eine nicht beherrschbare Überlast beim Empfangen entstehen. Dies kann zu Telegrammverlusten führen, welche die Qualität der Datenübertragung beeinträchtigen. Wenn die Obergrenze des Empfangsintervalls entsprechend groß (bzw. hoch) ist, dann kann diese Situation beherrscht werden. Damit ist aber immer eine Überdimensionierung der Ressourcen sowohl beim Netzwerk als auch im Empfänger verbunden. Durch die hier vorgeschlagene Koordination der Sendezeitpunkte der Telegramme werden Überlastspitzen beim empfangenden Teilnehmer vermieden. Durch die Verteilung der Sendezeitpunkte über die Zeit kann im empfangenden Teilnehmer eine berechenbare und auch einhaltbare Obergrenze für die Anzahl der zu verarbeitenden Telegramme angegeben werden. Somit steigt die Verfügbarkeit der Kom-

munikation, da die Wahrscheinlichkeit für einen Telegrammverlust minimiert wird. Die Belastung des Datennetzes wird vorhersagbarer und somit die Einsetzbarkeit der hier vorgeschlagenen Kommunikation, insbesondere im Echtzeitumfeld und der Automatisierungstechnik, verbessert.

[0010] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weisen die Telegramme jeweils eine dritte Kennung auf, welche zur Festlegung einer Reihenfolge der innerhalb eines Zeitabschnitts übertragenen Telegramme dient. Die Telegramme bekommen damit jeweils einen eindeutigen Platz in der Folge der Telegramme eines Zeitabschnitts zugewiesen, was zusätzliche Optimierungen in der Koordinierung des Telegrammverkehrs ermöglicht.

[0011] Um die Übertragung zeitlich unkritischer Daten, welche beispielsweise keine Kennungen aufweisen, innerhalb des Datennetzes zu ermöglichen, wird gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgeschlagen, dass innerhalb eines Zeitabschnitts ein erster Bereich zur Übertragung von Echtzeitdaten und ein zweiter Bereich zur Übertragung von sonstigen Daten vorgesehen ist.

[0012] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert.

Ausführungsbeispiel

[0013] Es zeigen:

[0014] **Fig. 1** verschiedene Teilnehmer in einem schaltbaren Datennetz,

[0015] **Fig. 2** Telegramme während eines Übertragungszyklus in einem Datennetz,

[0016] **Fig. 3** eine Folge von Übertragungszyklen mit zyklisch übertragenen Telegrammen,

[0017] **Fig. 4** eine Folge von Übertragungszyklen zur Übertragung von Telegrammen mit unterschiedlichen Kennungen,

[0018] **Fig. 5** ein Datennetz mit kommunizierenden Teilnehmern und

[0019] **Fig. 6** eine schematische Darstellung der zwischen diesen Teilnehmern ausgetauschten Telegramme.

[0020] **Fig. 1** zeigt ein schaltbares Datennetz **17** mit Teilnehmern **1** bis **13**. Die Teilnehmer **1** – **13** sind mit Punkt-zu-Punkt-Kommunikationsverbindungen **20** – **31** miteinander gekoppelt. Im in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsbeispiel dient das schaltbare Datennetz **17**, z. B. ein switched Ethernet-Netz, zur Kommunikation von Komponenten eines Automatisierungssystems. Die Teilnehmer **4** – **13** im Automatisierungssystem sind über schaltende Koppellemente **1** – **3** zur Weiterleitung von über die Kommunikationsverbindungen **20** – **30** übertragenen Datenpaketen miteinander gekoppelt. Jeweils mit einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung **20** – **30** an die schaltenden Koppellemente **1** – **3** angebunden sind ein mobiles Programmiergerät **4**, ein zentrales Bedien- und Beobachtungssystem **5**, dezentrale Bedien- und Be-

obachtungsstationen **6, 7**, speicherprogrammierbare Steuerungen **8, 9**, Ein-/Ausgabeeinheiten **10, 11** sowie weitere Peripheriebaugruppen **12, 13**. Die Kommunikation zwischen den Teilnehmern **4 – 13** im Automatisierungssystem erfolgt also nicht direkt, z. B. über ein so genanntes Shared-Medium-Netz, sondern im schaltbaren Datennetz **17** jeweils über ein oder mehrere geschaltete Koppellemente **1 – 3**. Die vom Automatisierungssystem zu lösenden komplexen Aufgaben, teilweise mit hohen Anforderungen an die Echtzeitfähigkeit des Systems, verlangen eine deterministische Kommunikation der Teilnehmer **1 – 13** im Automatisierungssystem.

[0021] **Fig. 2** zeigt Telegramme **67 – 70** während eines Übertragungszyklus **60** in einem Datennetz. Die Zeitachse des Diagramms in **Fig. 2** ist mit dem Bezugszeichen **66** gekennzeichnet. Der Übertragungszyklus **60** weist einen Anfang **63** und ein Ende **65** auf. Der Übertragungszyklus **60** wiederholt sich zyklisch mit einem so genannten Grundtakt. Der Grundtakt des Übertragungszyklus **60** ist im Ausführungsbeispiel ein ganzzahliges Vielfaches von $31,25 \mu\text{s}$, hier das 2^5 -fache, d. h. das 32-fache des Basiszeitakts $31,25 \mu\text{s}$. Es ergibt sich somit ein Grundtakt von 1 ms. Der Übertragungszyklus, auch Zeitabschnitt genannt, weist einen ersten Bereich **61** zur Übertragung von Echtzeitdaten und einen zweiten Bereich **62** zur Übertragung von sonstigen Daten auf. Die Grenze zwischen den beiden Bereichen **61** und **62** ist mit dem Bezugszeichen **64** gekennzeichnet. Der Übertragungszyklus **60** wird im Ausführungsbeispiel zu 50 % zur Übertragung von Echtzeitdaten und zu weiteren 50 % zur Übertragung von sonstigen Daten genutzt. Dies entspricht einer Bandbreitennutzung der Echtzeitdaten von 50 %. Da im Datennetz **17** nach **Fig. 1** alle sendenden Teilnehmer **1 – 13** das Versenden von Telegrammen **67 – 70** mit Hilfe einer Sende-Liste nach dem vorgeschlagenen Verfahren steuern, muss bei der Betrachtung der benutzten Bandbreite bei empfangenden Teilnehmern **1 – 13** eine Summenbildung über die zu empfangenden Telegramme **67 – 70** erfolgen. Die Telegramme **67** werden zyklisch mit dem Grundtakt von 1 ms übertragen, die Telegramme **68 – 70** werden mit einem ganzzahligen Vielfachen der Periodendauer des Grundtakts, insbesondere zyklisch mit einem Takt, der eine Periodendauer hat, welche sich aus dem Produkt einer Zweierpotenz mit dem Grundtakt ergibt, zyklisch übertragen. Im Beispielsfall werden die Telegramme **68** mit einem Takt von 2 ms, die Telegramme **69** mit einem Takt von 4 ms und schließlich die Telegramme **70** mit einem Takt von 1024 ms übertragen. Die Telegramme **68** werden somit nur in jedem zweiten Übertragungszyklus **60** mit dem Grundtakt von 1 ms übertragen, die Telegramme **69** entsprechend in jedem vierten Übertragungszyklus **60** und die Telegramme **70** in jedem 1024ten Übertragungszyklus **60**.

[0022] **Fig. 3** zeigt zur Verdeutlichung des Prinzips der Erfindung eine Folge von Übertragungszyklen **40 – 43** mit zyklisch übertragenen Telegrammen **46 – 51**.

Teilnehmer in einem Datennetz, z. B. Automatisierungsgeräte in einem Automatisierungssystem, können oder müssen nicht alle mit hoher Performance kommunizieren. Damit nicht der langsamste Teilnehmer die Leistungsfähigkeit des gesamten Datennetzes bestimmt, wird eine so genannte Untersetzung eingeführt. Diese Untersetzung wird als Faktor zum kleinsten Grundtakt definiert. Die Untersetzung bietet die Möglichkeit, bei vielen Teilnehmern die Kommunikationsbeziehungen zu qualifizieren (z. B. in schnelle und langsame Kommunikationsbeziehungen) und erlaubt damit auch bei vielen Teilnehmern hohe Aktualisierungsdaten der Kommunikation zu ausgewählten Kommunikationspartnern. Im Diagramm der **Fig. 3** ist der Zeitpfeil mit dem Bezugszeichen **44** gekennzeichnet, die Grenzen der Übertragungszyklen **40 – 43** jeweils mit dem Bezugszeichen **45**. Jeder der Übertragungszyklen **40 – 43** weist eine Periodendauer von 1 ms auf, d. h. die Übertragungszyklen **40 – 43** folgen im Grundtakt aufeinander. Die Telegramme **46 – 49** werden zyklisch mit diesem Grundtakt von 1 ms aktualisiert. Dahingegen weisen die Telegramme **50, 51** eine Untersetzung mit dem Wert „2“, d. h. mit einem Faktor **2** zum kleinsten Grundtakt auf. Die Telegramme **50, 51** werden somit alle 2 ms aktualisiert, hier in den Übertragungszyklen **40** bzw. **42**. Jeder Übertragungszyklus **40 – 43** im Grundtakt von 1 ms stellt einen Zeitabschnitt dar. Abhängig von der gewählten Untersetzung stehen ein oder mehrere Zeitabschnitte für die Übertragung von Telegrammen **46 – 51** zur Auswahl. Im Beispiel der **Fig. 3** stehen genau zwei verschiedene Zeitabschnitte zur Auswahl. Die zu sendenden Telegramme **46 – 51**, auch Frames genannt, können zur optimalen Nutzung der Bandbreite auf die einzelnen Zeitabschnitte, d. h. auf die Übertragungszyklen **40 – 43**, verteilt werden. Die zyklische Übertragung der Telegramme **50, 51** mit der Untersetzung „2“ könnte somit auch in den hier nicht genutzten Zeitabschnitten zyklisch übertragen werden, d. h. in den Übertragungszyklen **41, 43**. Existieren mehrere Telegrammtypen mit gleicher Aktualisierungsrate, d. h. gleicher Untersetzung, können diese somit zur besseren Nutzung der Bandbreite auf die Zeitabschnitte verteilt werden.

[0023] **Fig. 4** zeigt eine Folge von Übertragungszyklen **81 – 85** zur Übertragung von Telegrammen **87 – 100** mit unterschiedlichen Kennungen. Der Zeitpfeil im Diagramm ist mit dem Bezugszeichen **80** gekennzeichnet, die Grenzen der Übertragungszyklen **81 – 85** sind mit dem Bezugszeichen **86** gekennzeichnet. Nach der Einordnung der zu sendenden Telegramme in Zeitabschnitte sind zusätzliche Optimierungen möglich, wenn zusätzlich die Reihenfolge der Telegramme innerhalb eines Zeitabschnitts vorgegeben wird. Insbesondere wird die Reihenfolge der Telegramme untereinander vorgegeben, denen die selbe Untersetzung zugeordnet ist. In diesem Fall sind die Telegramme mit höherer Aktualisierungsrate, also kleinerer Untersetzung, vorrangig gegenüber Telegrammen mit größerer Untersetzung und werden so-

mit vor diesen übertragen. Im Beispielsfall sendet ein Teilnehmer zu fünf anderen Teilnehmern jeweils zyklisch Telegramme **87 – 100**. Der Grundtakt der Übertragungszyklen **81 – 85** hat wiederum eine Periodendauer von 1 ms. Die Untersetzung, der Zeitabschnitt und die Reihenfolge bei der Übertragung der Telegramme **87 – 100** sind für jede der fünf Übertragungsstrecken festgelegt. Für die Übertragungsstrecke, auf welcher Telegramme **87 – 91** zwischen zwei Teilnehmern übertragen werden, ist eine Untersetzung mit dem Wert „1“, ein Zeitabschnitt mit dem Wert „1“ und eine Reihenfolge mit dem Wert „1“ festgelegt. Für die Übertragungsstrecke zu einem weiteren Teilnehmer, auf welcher Telegramme **92 – 94** übertragen werden, ist eine Untersetzung mit dem Wert „2“, ein Zeitabschnitt mit dem Wert „1“ sowie eine Reihenfolge mit dem Wert „2“ festgelegt. Für die Übertragungsstrecke zu einem dritten Teilnehmer, auf welcher Telegramme **95 – 96** übertragen werden, ebenfalls eine Untersetzung mit dem Wert „2“, hier allerdings der Zeitabschnitt **2** sowie die Reihenfolge mit dem Wert „1“ festgelegt. Auch zur Übertragung der Telegramme **97, 98** zu einem vierten Teilnehmer ist eine Untersetzung mit dem Wert „2“ und ein Zeitabschnitt mit dem Wert „2“ festgelegt, allerdings ist hier die Reihenfolge auf den Wert „2“ festgelegt. Schließlich werden Telegramme **99, 100** zu einem fünften Teilnehmer übertragen. Für diese Übertragungsstrecke wird die Untersetzung **4**, ein Zeitabschnitt mit dem Wert „1“, sowie eine Reihenfolge mit dem Wert „3“ gewählt. Die Untersetzung wird auch als erste Kennung U bezeichnet, der Zeitabschnitt als zweite Kennung Z. Den Telegrammen **87 – 100** ist somit eine erste Kennung U zugeordnet, die Untersetzung, welche dem jeweiligen Telegramm **87 – 100** eine Gruppe von n aufeinander folgenden Zeitabschnitten bzw. Übertragungszyklen **81 – 85** zum Übertragen des jeweiligen Telegramms **87 – 100** zuweist, wobei sich die Gruppe zyklisch wiederholt. Zudem ist den Telegrammen jeweils eine zweite Kennung Z, der Zeitabschnitt, zugeordnet, welcher dem jeweiligen Telegramm **87 – 100** einen m-ten Zeitabschnitt in der Folge der n Zeitabschnitte einer Gruppe zum Übertragen des jeweiligen Telegramms **87 – 100** zuweist, wobei $1 \leq m \leq n$ ist. m und n sind natürliche Zahlen. Zusätzlich ist den Telegrammen **87 – 100** im Ausführungsbeispiel der **Fig. 4** jeweils eine dritte Kennung R zugeordnet, welche zur Festlegung einer Reihenfolge der innerhalb eines Zeitabschnitts übertragenen Telegramme **87 – 100** dient. Die Kennungen U, Z, R können dabei den Telegrammen **87 – 100** selbst zugeordnet sein (in **Fig. 4** am Beispiel des Telegramms **87** prinzipiell dargestellt), z. B. als Teil des Telegramminhalts, können aber auch den jeweiligen Übertragungsstrecken zwischen Teilnehmern in einem Datennetz zugeordnet sein. Telegramme, welche über mit entsprechenden Kennungen U, Z, R versehenen Übertragungsstrecken übertragen werden, werden somit in Abhängigkeit dieser Kennungen U, Z, R übertragen. Die hier beschriebene koordinierte

Übertragung von Telegrammen **87 – 100**, auch als Sendelistensteuerung bezeichnet, führt zu einer gleichmäßigeren Verteilung der Telegramme **87 – 100** auf die einzelnen Zeitabschnitte bzw. Übertragungszyklen **81 – 85**, und somit zu einer besseren Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Bandbreite.

[0024] **Fig. 5** zeigt ein Datennetz **101** mit kommunizierenden Teilnehmern **102, 107 – 113**. Dabei sendet der Teilnehmer **102** Telegramme über die Verbindungsstrecken **103** an die weiteren Teilnehmer **107 – 113**. Die Verbindungsstrecken **103** sind im Ausführungsbeispiel als geschaltetes Netzwerk ausgebildet. Die Übertragung von Telegrammen zu den Teilnehmern **107** und **108**, zusammen mit dem Bezugszeichen **104** bezeichnet, erfolgt im Grundtakt von 1 ms, d. h. mit einer Untersetzung mit dem Wert „1“. Die mit dem Bezugszeichen **105** bezeichneten Teilnehmer **109** und **110** erhalten jeweils in einem Zyklus mit einer Periodendauer von 2 ms, d. h. mit einer Untersetzung mit dem Wert „2“, Telegramme vom sendenden Teilnehmer **102**. Die mit dem Bezugszeichen **106** bezeichnete dritte Gruppe von Teilnehmern **111 – 113** erhält schließlich alle 4 ms Telegramme vom sendenden Teilnehmer **102**, d. h. diesen Telegrammen bzw. den Übertragungsstrecken zu den Teilnehmern **111 – 113** ist eine Untersetzung mit dem Wert „4“ zugeordnet.

[0025] **Fig. 6** zeigt eine schematische Darstellung der zwischen den in **Fig. 5** dargestellten Teilnehmern **102** bzw. **107 – 113** ausgetauschten Telegramme **119 – 135**. Die jeweiligen Grenzen der Übertragungszyklen sind mit dem Bezugszeichen **114** bezeichnet. Der Grundtakt **115** von 1 ms führt bei einer gewählten Untersetzung mit dem Wert „1“ zu der kleinstmöglichen Gruppe von n aufeinander folgenden Zeitabschnitten bzw. Übertragungszyklen, deren Ausdehnung mit dem Bezugszeichen **116** bezeichnet ist. In diesem Fall wäre $n = 1$. Bei einer gewählten Untersetzung mit dem Wert „2“ ergibt sich eine weitere Gruppe von n aufeinander folgenden Zeitabschnitten, deren Ausdehnung mit dem Bezugszeichen **117** bezeichnet ist. In diesem Fall ist der Wert $n = 2$. Eine dritte Gruppe, gekennzeichnet durch eine Übersetzung mit dem Wert „4“ und somit $n = 4$ aufeinander folgenden Zeitabschnitten ist in ihrer Ausdehnung mit dem Bezugszeichen **118** bezeichnet. Durch die Zuordnung von Kennungen U, Z, R zu den von dem Teilnehmer **102** an die Teilnehmer **107 – 113** gesendeten Telegrammen **119 – 135** ergibt sich für einen beliebig ausgewählten Zeitabschnitt der Kommunikation die in **Fig. 6** dargestellte Verteilung der Telegramme **119 – 135**. Die Telegramme **119 – 123** werden in 1 ms-Zyklus an den Teilnehmer **107** übertragen. Mit der gleichen Wiederholungsrate, d. h. auch mit der Untersetzung mit dem Wert „1“, werden die Telegramme **124 – 128** an den Teilnehmer **108** übertragen, allerdings wird diesen Telegrammen **124 – 128** eine dritte Kennung R zugeordnet, welche hier den Wert „2“ aufweist. Die zweite Gruppe **105** mit den Teilnehmern

109 bzw. **110** empfängt jeweils alle 2 ms Telegramme **129 – 131** bzw. **132 – 133** vom sendenden Teilnehmer **102**. Schließlich wird an die dritte Gruppe **106** mit den Teilnehmern **111**, **112** und **113** alle 4 ms Telegramme **134** und **135**, **136** bzw. **137** übertragen.

[0026] Der Teilnehmer **102** sendet somit zu den sieben weiteren Teilnehmern **107 – 113** jeweils zyklisch Telegramme. Die Untersetzungen U, der Zeitabschnitt Z und die Reihenfolge R sind in Form einer Sendeliste folgendermaßen festgelegt:

Teilnehmer 107: U=1, Z=1, R=1

Teilnehmer 108: U=1, Z=1, R=2

Teilnehmer 109: U=2, Z=1, R=1

Teilnehmer 110: U=2, Z=2, R=1

Teilnehmer 111: U=4, Z=1, R=1

Teilnehmer 112: U=4, Z=2, R=1

Teilnehmer 113: U=4, Z=3, R=1

[0027] Auch mit diesem Ausführungsbeispiel der **Fig. 5** und **6** ist gut erkennbar, dass das vorgeschlagene Verfahren zur Kommunikation in einem Datennetz zu einer sehr guten zeitlichen Verteilung von Telegrammen **119 – 135** und damit zu einer sehr guten Nutzung der zur Verfügung stehenden Bandbreite führt.

[0028] Zusammengefasst betrifft die Erfindung somit ein Verfahren und ein System zur Kommunikation in einem Datennetz **101**, insbesondere switched Ethernet, sowie einen Teilnehmer **102** in einem solchen Datennetz **101**. Um die durch die Übertragung von Telegrammen **119 – 135** beanspruchten Kommunikationsressourcen in dem Datennetz **101** zu verringern, wird vorgeschlagen, dass Zeitabschnitte definiert werden, welche sich in einem Grundtakt zyklisch wiederholen, dass Telegrammen **119 – 135** jeweils eine erste Kennung U zugeordnet ist, die dem jeweiligen Telegramm **119 – 135** eine Gruppe von n aufeinander folgenden Zeitabschnitten zum Übertragen des jeweiligen Telegramms **119 – 135** zuweist, wobei sich die Gruppe zyklisch wiederholt, dass den Telegrammen jeweils eine zweite Kennung Z zugeordnet ist, die dem jeweiligen Telegramm **119 – 135** einen m-ten Zeitabschnitt in der Folge der n Zeitabschnitte einer Gruppe zum Übertragen des jeweiligen Telegramms **119 – 135** zuweist, wobei $1 \leq m \leq n$ ist und dass die Telegramme **119 – 135** in dem jeweils zugewiesenen Zeitabschnitt übertragen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kommunikation in einem Datennetz (**101**), bei welchem Verfahren

- Zeitabschnitte definiert werden, welche sich in einem Grundtakt zyklisch wiederholen,
- Telegrammen (**119 – 135**) jeweils eine erste Kennung (U) zugeordnet ist, die dem jeweiligen Telegramm eine Gruppe von n aufeinanderfolgenden

Zeitabschnitten zum Übertragen des jeweiligen Telegramms zuweist, wobei sich die Gruppe zyklisch wiederholt,

- den Telegrammen (**119 – 135**) jeweils eine zweite Kennung (Z) zugeordnet ist, die dem jeweiligen Telegramm einen tuten Zeitabschnitt in der Folge der n Zeitabschnitte einer Gruppe zum Übertragen des jeweiligen Telegramms zuweist, wobei $1 \leq m \leq n$ ist und
- die Telegramme in dem jeweils zugewiesenen Zeitabschnitt übertragen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass den Telegrammen (**119 – 135**) jeweils eine dritte Kennung (R) zugeordnet ist, die zur Festlegung einer Reihenfolge der innerhalb eines Zeitabschnitts zu übertragenden Telegramme dient.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb eines Zeitabschnitts ein erster Bereich zur Übertragung von Echtzeitdaten und ein zweiter Bereich zur Übertragung von sonstigen Daten vorgesehen ist.

4. System zur Kommunikation zwischen Teilnehmern (**102**) in einem Datennetz (**101**), wobei

- die Teilnehmer (**102**) zur Übertragung von Telegrammen (**119 – 135**) in den Telegrammen (**119 – 135**) jeweils zugeordneten, sich in einem Grundtakt zyklisch wiederholenden Zeitabschnitten vorgesehen sind,

- den Telegrammen (**119 – 135**) jeweils eine erste Kennung (U) zugeordnet ist, die dem jeweiligen Telegramm eine Gruppe von n aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten zum Übertragen des jeweiligen Telegramms zuweist, wobei sich die Gruppe zyklisch wiederholt und

- den Telegrammen (**119 – 135**) jeweils eine zweite Kennung (Z) zugeordnet ist, die dem jeweiligen Telegramm einen tuten Zeitabschnitt in der Folge der n Zeitabschnitte einer Gruppe zum Übertragen des jeweiligen Telegramms zuweist, wobei $1 \leq m \leq n$ ist.

5. System nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass den Telegrammen (**119 – 135**) jeweils eine dritte Kennung (R) zugeordnet ist, die zur Festlegung einer Reihenfolge der innerhalb eines Zeitabschnitts zu übertragenden Telegramme dient.

6. System nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb eines Zeitabschnitts ein erster Bereich zur Übertragung von Echtzeitdaten und ein zweiter Bereich zur Übertragung von sonstigen Daten vorgesehen ist.

7. Teilnehmer (**102**) in einem Datennetz (**101**), welcher zur Übertragung von Telegrammen (**119 – 135**) in den Telegrammen (**119 – 135**) jeweils zugewiesenen, sich in einem Grundtakt zyklisch wiederholenden Zeitabschnitten vorgesehen ist, wobei den Telegrammen (**119 – 135**) jeweils eine erste Kennung

(U) zugeordnet ist, die dem jeweiligen Telegramm eine Gruppe von n aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten zum Übertragen des jeweiligen Telegramms zuweist, wobei sich die Gruppe zyklisch wiederholt und wobei den Telegrammen (**119** – **135**) jeweils eine zweite Kennung (Z) zugeordnet ist, die dem jeweiligen Telegramm einen m -ten Zeitabschnitt in der Folge der n Zeitabschnitte einer Gruppe zum Übertragen des jeweiligen Telegramms zuweist, wobei $1 \leq m \leq n$ ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

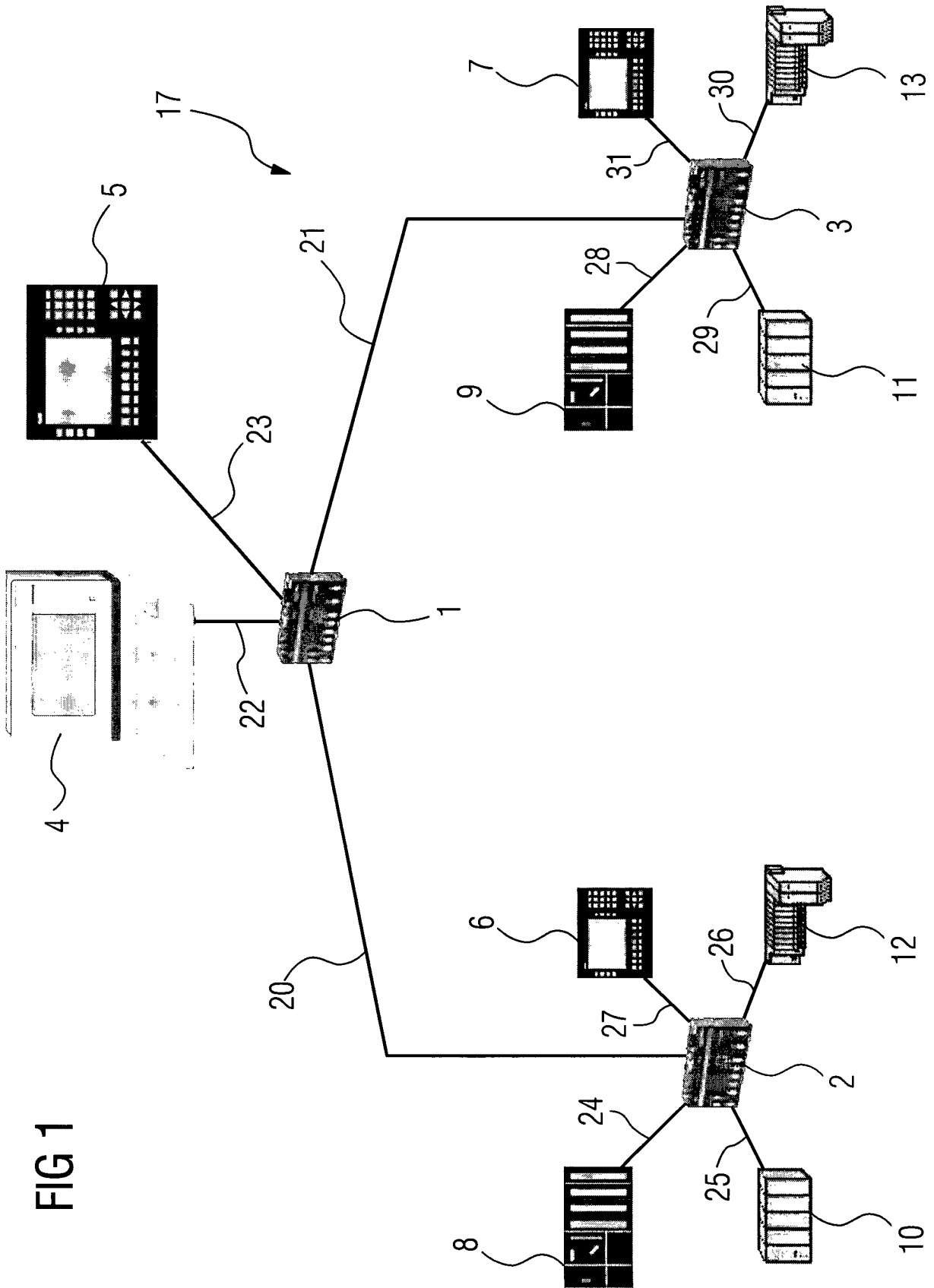


FIG 1

FIG 2

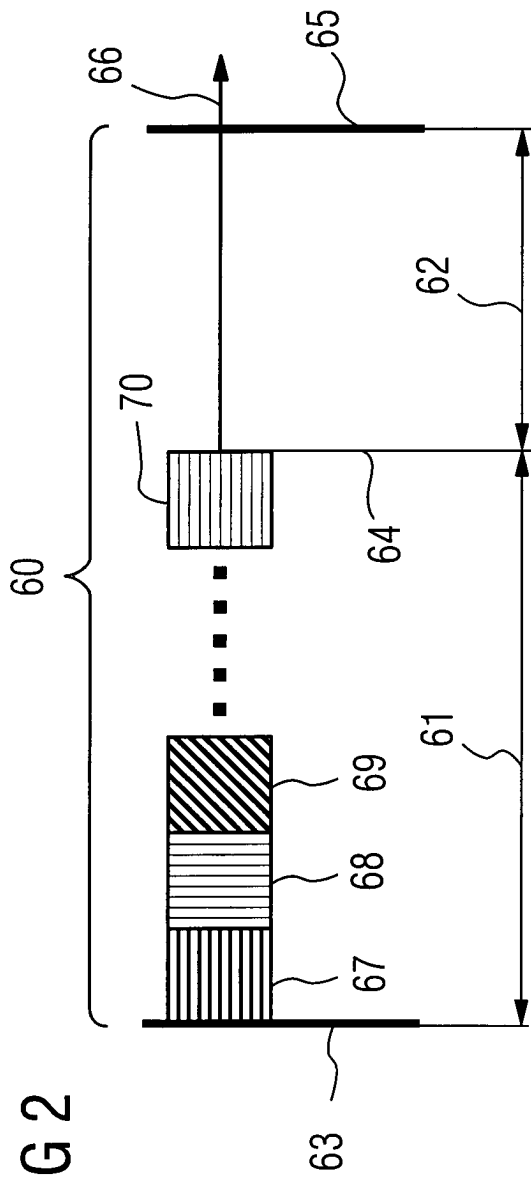


FIG 3

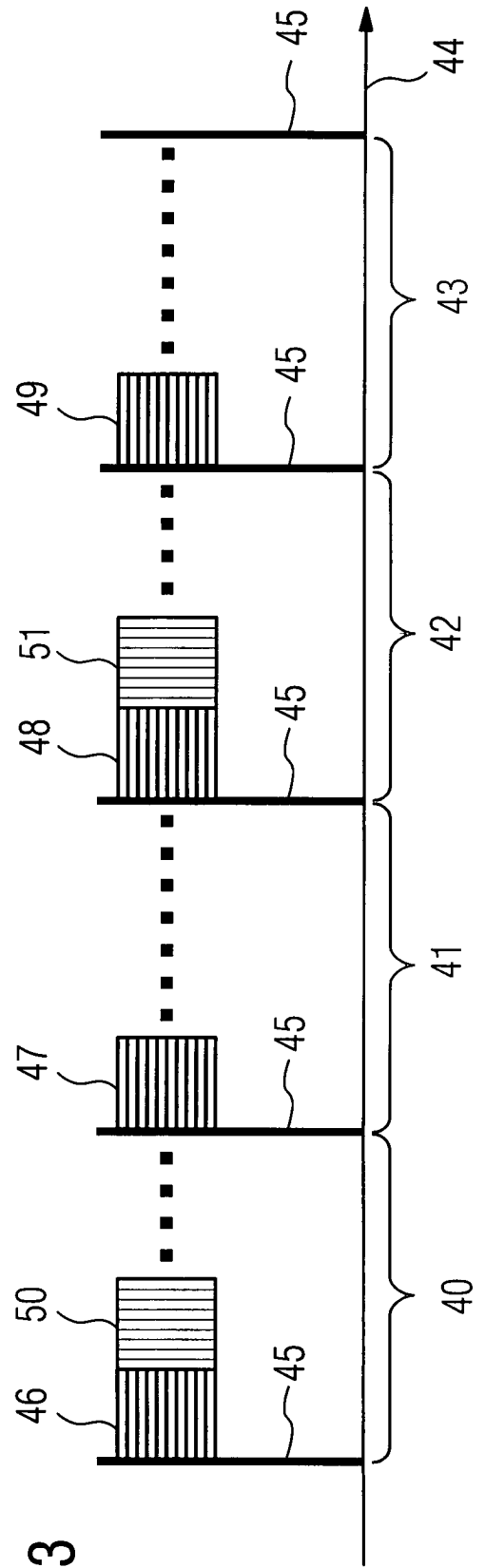


FIG 4

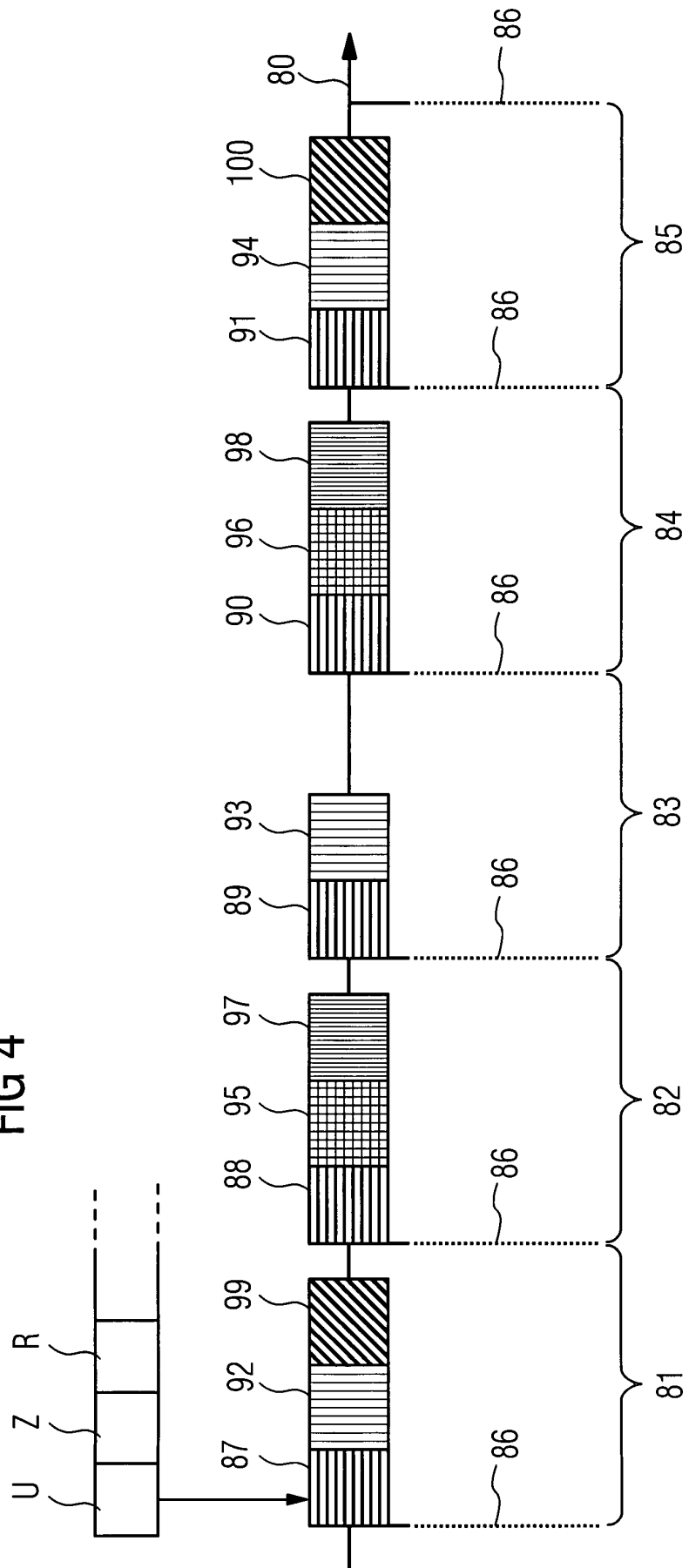


FIG 5

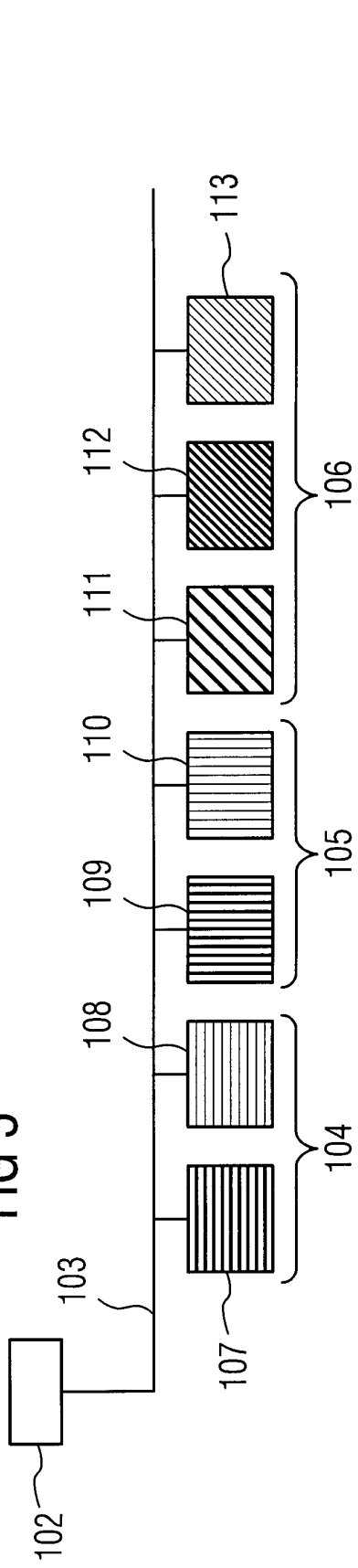


FIG 6

