

1 of 2 DOCUMENTS

EUROPEAN PATENT

216214

[Link to Claims Section](#)

April 1, 1987, Issue No.: 198714

Method for the automatic level adjustment in a local area network, in particular for a multiprocessor arrangement with a bus system of optical fibres, for the purpose of collision detection

**GERMAN-TITLE:** Verfahren zum automatischen Pegelabgleich in einem lokalen Netz, insbesondere für eine Mehrrechneranordnung, mit einem Bussystem mit Lichtwellenleitern, zum Zwecke einer Kollisionserkennung

**FRENCH-TITLE:** Procédé de réglage automatique de niveau dans un réseau local, en particulier pour un multi-ordinateur avec un système de bus à fibres optiques dans un but de détection de collisions

**INVENTOR:** Thinschmidt, Hans, Dipl.-Ing.(FH) - Kreuzlingerstrasse 52c, D-8034 Germering, Germany (DE); Kurfess, Franz - Lindenstrasse 1, D-7906 Blaustein, Germany (DE)

**APPL-NO:** 86112172

**DESIGNATED STATES:** Austria (AT), Belgium (BE), Switzerland (CH), Germany (DE), France (FR), Great Britain (GB), Italy (IT), Liechtenstein (LI), Luxembourg (LU), Netherlands (NL), Sweden (SE)

**FILED-DATE:** September 3, 1986

**GRANTED-DATE:** May 8, 1991

**PRIORITY:** September 25, 1985 - 3534207, Germany (DE)

**ASSIGNEE-AT-ISSUE:** SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT, 00200520, Wittelsbacherplatz 2, 80333 München, Germany (DE)

**PUB-TYPE:** May 8, 1991 - Granted patent (B1)

**PUB-COUNTRY:** European Patent Office (EP)

**BULLETIN ISSUE NO:** May 8, 1991 - Granted patent (B1) , Issue No.: 199119

**LEGAL-STATUS:**

November 30, 1988 - Date of filing of request for examination; May 26, 1989 - Date of dispatch of the first examination report

**FILING-LANG:** German (DE) (GER)

**PUB-LANG:** German (DE) (GER)

86112172 216214 May 8, 1991

**PROC-LANG:** German (DE) (GER)**IPC-MAIN-CL:** 6H 04L012#44**IPC-ADDL-CL:** H 04B010#12**SEARCH-PUBLISH:** June 1, 1988, Issue No.: 198822**SECOND-PUBLISH:** May 8, 1991, Issue No.: 199119**REF-CITED:**

3224425, Germany (DE)  
 8404638, World Intellectual Property Organization (WO)  
 2120893, Great Britain (GB)  
 901897, Belgium (BE)  
 0113231, European Patent Office (EP)  
 59000236, Japan (JP)

**NON-PATENT LITERATURE:** PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 8, Nr. 78 (E-237)A1515U, 10. April 1984; & JP-A-59 000 236 (MITSUBISHI DENKI K.K.) 05-01-1984

**CORE TERMS:** der, die, und, eine, ein, wird, den, ist, das, dem, durch, mit, bei, werden, von, einen, auf, einem, einer, oder, optischen, sich, kann, sind, sub1, aus, alle, nur, auch, ber

**GERMAN-ABST:** Bei einem erforderlichen Pegelabgleich wird ein Prozes derart abgewickelt, das eine Grundphase vorgesehen ist, in der jeweils den Rechnern individuell zugeordnete Pegelabgleichrichtungen (P[1].. P (n)) miteinander synchronisiert werden. Es ist eine erste Abgleichphase vorgesehen, in der alle Pegelabgleichrichtungen (P[1]...P (n)) gleichzeitig einen Prozes zum Einstellen einer Referenzspannung auf den niedrigsten empfangenen Pegel durchführen, wodurch die Summe aller Dampfunganteile des Signalpfades auf der Empfangsseite des betreffenden Rechners berücksichtigt ist. Eine zweite Abgleichphase ist vorgesehen, in der alle Pegelabgleichrichtungen (P[1]...P (n)) nacheinander einen Prozes zum Einstellen des Sendepiegels des eigenen Senders so durchführen, das die ausgesendete Lichtleistung an dem eigenen Empfänger zu der als niedrigste registrierten Empfangsleistung führt, wodurch die Summe aller Dampfunganteile des Signalpfades auf der Sendeseite des betreffenden Rechners berücksichtigt ist.

**DETDESC:**

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum automatischen Pegelabgleich in einem lokalen Netz, insbesondere für eine Mehrrechneranordnung, mit einem Bussystem mit Lichtwellenleitern und einem optischen Sternkoppler, zum Einstellen eines normierten Pegels an allen Eingängen dieses Sternkopplers zum Zwecke einer Kollisionserkennung, wobei das zu übertragende Informationssignal durch einen elektrooptischen Sender in ein Lichtsignal umgewandelt und dieses in einen Lichtwellenleiter eingekoppelt wird, wobei das über Lichtwellenleiter übertragene Lichtsignal durch einen optoelektrischen Empfänger in ein elektrisches Nutzsignal umgewandelt und aus diesem das Informationssignal wiedergewonnen wird, wobei für jeden Knoten, beispielsweise ein Rechner, jeweils ein Sender vorgesehen ist, dessen in den Lichtwellenleiter eingekoppelte von dem Informationssignal abhängige Lichtleistung in digitalen Schritten anderbar ist, und wobei für jeden Knoten jeweils ein aus gleichstromgekoppelten Verstärkern ohne Verstärkungsregelung aufgebauter Empfänger vorgesehen ist, der eine Eingangsstufe zur Erzeugung des Nutzsignals, eine erste Komparatorstufe zur Erzeugung des Informationssignals aus dem Nutzsignal und eine zweite Komparatorstufe aufweist, der eine in digitalen Stufen anderbare Referenzspannung zugeführt wird, die den Pegel des

86112172 216214 May 8, 1991

Nutzsignals abtastet und ein Kollisionssignal abgibt, wenn das Nutzsignal die Referenzspannung übersteigt.

Aus der DE-A-3 224 425 ist bereits ein Bussystem mit Lichtwellenleitern bekannt, bei dem das zu übertragende Informationssignal durch einen elektrooptischen Sender in ein Lichtsignal umgewandelt und dieses in einen Lichtwellenleiter eingekoppelt wird und bei dem das über Lichtwellenleiter übertragene Lichtsignal durch einen optoelektrischen Empfänger in ein elektrisches Nutzsignal umgewandelt und aus diesem das Informationssignal wiedergewonnen wird. Dieses bekannte Bussystem enthält einen Sender, dessen in den Lichtwellenleiter eingekoppelte von dem Informationssignal abhängige Lichtleistung in digitalen Schritten anderbar ist, einen aus gleichstromgekoppelten Verstärkern ohne Verstärkungsregelung aufgebauten Empfänger, der eine Eingangsstufe zur Erzeugung des Nutzsignals, eine erste Komparatorstufe zur Erzeugung des Informationssignals aus dem Nutzsignal und eine zweite Komparatorstufe aufweist, der eine in digitalen Stufen anderbare Referenzspannung zugeführt wird, die den Pegel des Nutzsignals abtastet und ein Kollisionssignal abgibt, wenn das Nutzsignal die Referenzspannung übersteigt.

Aus der WO-A-8 404 638 ist ein Kommunikations-Netzwerk mit einem sternförmigen Lichtwellenleiter-Netzwerkaufbau bekannt, bei dem zur Zugriffssteuerung für Kommunikationsanforderungen ein zentraler Prozessor vorgesehen ist, der Betätigungssignale an die jeweils anfordernden Kommunikations-Teilnehmereinrichtungen (Rechner) nur bei Nichtvorliegen einer Anforderungskollision ausgibt, wobei das Vorliegen einer Anforderungskollision aufgrund einer Schwellwertüberschreitung durch einen Empfangspegel erfasst wird.

Aus der GB-A-2 120 893 ist ein optischer Kollisionsdetektor bekannt, der das Vorliegen einer Kollision durch logische Bewertung von Eingangssignalen erfasst.

Aus der BE-A-901 897 ist ein optisches Kommunikationsnetz bekannt, bei dem Kollisionen durch zumindest einen Kollisionsdetektor durch Vergleichsauswertung von Empfangspegeln erfasst werden.

Aus der EP-A-0 313 231 ist ein Datenübertragungssystem bekannt, das mit einem gemeinsamen Übertragungsmittel verbundene Modems aufweist und bei dem eine Steuerung zur Vermeidung von Zugriffskollisionen vorgesehen ist, durch die ein Pilotsignal an alle Modems ausgesendet wird, woraufhin die Modems jeweils entsprechend dem Empfangspegel des Pilotsignals die Verstärkungswerte ihrer Sende- und Empfangsverstärker justieren, um eine in der Folge auftretende Kollision zuverlässig durch einen Kollisionsdetektor erfassen zu können.

Aus PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Bd. 8, Nr. 78 (E-237) (1515) v. 10. April 1984 und der JP-A-59 236 ist ein Signalkollisions- Erfassungssystem für ein Netzwerk mit optischem Sternkoppler bekannt, bei dem eine Signalkollision aufgrund einer Schwellwertüberschreitung des Empfangspegels einer an den Sternkoppler angeschlossenen Kollisionserfassungseinrichtung erfasst wird.

Unter den bekannten lokalen Netzen gibt es Anordnungen, bei denen Rechnerknoten untereinander über ein Bussystem kommunizieren, z. B. ein optisches Bussystem mit Sternkoppler. Der Buszugriff wird durch verschiedene Verfahren geregelt, die sich in zwei Hauptgruppen aufteilen lassen: Deterministische Verfahren, die Kollisionen ausschließen, z. B. TDMA (Time Division Multiple Access) und stochastische Verfahren, die Kollisionen zulassen, z. B. CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect). Bei den stochastischen Verfahren besteht das Problem, eine Kollision möglichst einfach, sicher und schnell zu erkennen. Es ist wesentlich, dass alle Knoten eine Kollision erkennen können, auch diejenigen, die an einer Kollision gar nicht beteiligt sind.

Eine Kollisionserkennung nach dem Stand der Technik kann durch Informations-, durch Phasen/Laufzeit- oder durch Pegelvergleich erfolgen.

Im "SIELOCnet" (Siemens Lokales Netzwerk) kommunizieren die Rechnerknoten beispielsweise untereinander über ein optisches Bussystem. Das optische Bussystem muss in seiner Struktur und Funktionalität den "SIELOCnet"-Anforderungen und Zielen angepasst sein und sie unterstützen. Nur so erhält man ein logisch homogenes, geradliniges Gesamtsystem, das auch die konzipierte Leistungsfähigkeit voll entfalten kann.

86112172 216214 May 8, 1991

Das optische Bussystem für dieses bekannte lokale Netzwerk besteht aus einem optischen Übertragungssystem und einem Netzwerk-Controller (NC). Der Netzwerk-Controller übernimmt u. a. die Steuerung des Datentransfers zwischen dem optischen Übertragungssystem und einem Host-Rechner sowie die Aufbereitung, Parallel/Serienwandlung, Codierung und Formatierung der Daten.

Das optische Übertragungssystem unterteilt sich in die Übertragungsstrecke, das optische Netz und den Sende-Empfängerbaustein (bei lokalen Netzen als "Transceiver" bekannt). Das optische Netz muss der Forderung nach dezentraler, also anforderungsgesteuerter Kommunikation Rechnung tragen. Außerdem muss es möglich sein, ohne Betriebsunterbrechung die Netzkonfiguration zu ändern, indem die Anzahl der Rechnerknoten erhöht oder verringert wird. Es bietet sich an, das optische Netz als optischen Bus mit Sternkoppler (Durchgangsmischer) auszuführen. Die Transceiverfunktion wird in einer Busanschaltung realisiert, die u. a. auch die Modulation und die optoelektrische Wandlung der seriellen Datensignale des Netzwerk-Controllers übernimmt.

Das zur Verfügung stehende optische Übertragungssystem arbeitet mit einstellbaren elektro-optischen Sendern und gleichstromgekoppelten opto-elektrischen Empfängern. So werden im Hinblick auf Signalisierung, Überwachung, Codierung, Übertragungsgeschwindigkeit und Storsicherheit sowohl der Gleichstromcharakter des Übertragungssystems als auch die besonderen Vorteile der Lichtwellenleiter (LWL) nämlich die Unempfindlichkeit gegen elektromagnetische Störungen, Potentialtrennung zwischen Sender und Empfänger, keine Signalabstrahlung und dadurch kein Übersprechen, keine Funkenbildung an Faserkontaktstellen oder bei Faserbrüchen, keine Erdschleifen, große Bandbreite und geringes Gewicht, genutzt.

Der bei einem optischen Bus verwendete Sternkoppler kann ein Durchgangsmischer oder ein Reflexionsmischer sein. Beim Durchgangsmischer befinden sich alle Eingänge auf der einen Stirnseite und alle Ausgänge auf der anderen Stirnseite des Quarzplättchens, dem eigentlichen Mischer. Beim Reflexionsmischer ist eine Stirnseite des Mischerplättchens verspiegelt. Die Ein- und Ausgänge des Mixers sind alle auf der zweiten Stirnseite des Plättchens platziert. Deshalb muss in diesem Fall das Plättchen verbreitert und für den gleichguten Vermischungsgrad verlängert werden. Wegen des Spiegels und des größeren Plättchens sind die Verluste größer als beim Durchgangsmischer. Für "SIELOCnet" werden Durchgangsmischer verwendet.

Im Mischerplättchen ist die logische Busfunktion realisiert. Das von einem Rechnerknoten an einen Eingang des Mischerplättchens gelangte Lichtsignal wird gleichmäßig an alle Ausgänge verteilt. Bei Verwendung eines Sternkopplers ist die Längenausdehnung des optischen Bus auf einen Punkt zusammengeschrumpft. Die Sendeleitungen  $s[1] \dots s(n)$  und die Empfangsleitungen  $e[1] \dots e(n)$  sind als Zuleitungen zum optischen Bus anzusehen. Daher erscheint ein optischer Bus mit Sternkoppler topologisch als Stern, ist aber logisch ein echter Bus, vergl. Fig. 1.

Über den optischen Bus können gleichzeitig nur zwei Host-Rechner untereinander kommunizieren. Die Kommunikationswünsche der Host-Rechner müssen also synchronisiert werden. Bei einer im folgenden zugrunde gelegten paketorientierten Datenübertragung gelten für die Übertragung eines Paketes grundsätzlich die fünf bekannten Phasen: Verbindungsaufbau, Beginn der Datenübertragung, Datenübertragung, Ende der Datenübertragung und Verbindungsaufbau.

Bei einem Buszugriff entspricht dem Verbindungsaufbau die Busbelegung und dem Verbindungsabbau die Busfreigabe. Der Buszugriff wird durch die verschiedenen eingangs erläuterten Verfahren geregelt. Unabhängig vom Buszugriffsverfahren ist es wesentlich, dem jeweiligen Buszustand, belegt oder frei, ein eindeutiges physikalisches Kriterium zuzuordnen. Im Falle der Übertragung mit Lichtwellenleitern bedeutet

- Dauerlicht [Equals,singledotover]
  - Bus belegt
- kein Licht [Equals,singledotover]
  - Bus frei

Durch den Gleichstromcharakter des optischen Übertragungssystems können für die Datenübertragung die Codierung und das Zeichenformat freizugig gewählt werden. Für "SIELOCnet" ist beispielsweise ein asynchrones Zeichenformat festgelegt. Die Datenübertragung kann erst beginnen, wenn der Bus belegt ist. Deshalb muss der Zustand "Bus belegt" dem Ruhezustand für die Datenübertragung entsprechen. Auf das Zeichenformat bezogen heisst das: Dauerlicht entspricht "Stoppolarität".

Der Beginn der Datenübertragung ist durch das Startbit des ersten zu übertragenden Zeichens nach der Busbelegung gekennzeichnet. Die Zeitdauer von der Busbelegung bis zum ersten Startbit ist frei wählbar und wird in der Senderschaltung des Netzwerk-Controllers festgelegt. Diese einmal festgelegte Zeitdauer wird von der Empfängerschaltung überwacht und ausgewertet. Die Funktion der Serien/Parallelwandlung wird nur gestartet, wenn das erste Startbit innerhalb der Überwachungszeit eintrifft. Auf diese Weise können variable Lichtimpulse, die länger als die Überwachungszeit sind, zu Signalisierungszwecken übertragen werden, ohne die eigentliche Empfängerfunktion zu starten.

Das Ende der Datenübertragung ist durch das Ausbleiben weiterer Startbits gekennzeichnet. Vorausgesetzt wird, dass die Senderschaltung alle Zeichen eines Pakets in lückenloser Reihenfolge sendet. Das ist auch für eine gute Nutzung des Datenkanals unerlässlich. Nach dem letzten Zeichen eines Pakets muss noch ausreichend lang "Stoppolarität" als Paketendeckennung herrschen. Erst dann wird der Bus freigegeben. Für die Auswertung kann dieselbe Zeitstufe verwendet werden, die auch für die Auswertung des Beginns der Datenübertragung benutzt wird.

In Fig. 2 ist der Blockrahmen eines Datenpakets dargestellt, der sowohl die Anforderungen einer asynchronen Übertragungsprozedur als auch die Anforderungen eines Übertragungsprotokolls für ein optisches Bussystem gleichermaßen erfüllt. Diese Festlegung überspannt das ganze optische Übertragungssystem. Die Funktionen "Blockerkennung", "Datenübertragung", "Kollisionserkennung" und "Sondersignalisierung" können als gemeinsames Konzept realisiert werden.

Kollisionen treten bei stochastischen Buszugriffsverfahren dann auf, wenn zwei oder mehr Rechnerknoten annähernd gleichzeitig (abhängig von der Systemlaufzeit) ein Datenpaket senden. Bei einem optischen Bus mit Sternkopplern kann eine Kollision von Datenpaketen nur punktuell im Sternkoppler auftreten, da jedem Rechnerknoten je ein eigener Lichtwellenleiter zum Senden und zum Empfangen zugeordnet sind, vgl. Fig. 1.

Eine Kollisionserkennung kann durch Pegelvergleich, Phasen- und Laufzeitvergleich oder Informationsvergleich erfolgen. Ein Verfahren zur Kollisionserkennung soll möglichst unabhängig von der Codierung und auf der physikalischen Ebene des "ISO-Schichtenmodells" der ISO (International Standards Organisation) realisierbar sein, um komplexe Algorithmen in höheren Ebenen zu vermeiden. Für "SIELOCnet" wurde als einfachste und geradlinige Möglichkeit die Kollisionserkennung durch Pegelvergleich gewählt. Dieses Verfahren ist für einen optischen Bus mit Sternkoppler prädestiniert, weil Kollisionen nur punktuell auftreten können und die Lichtpegel weder durch Einstreuungen noch durch Erdschleifen verfälscht werden.

Tritt eine Kollision auf, addieren sich die entsprechenden Lichtpegel im Sternkoppler. Dieses Signalgemisch erreicht jeden Rechnerknoten, auch jene Rechnerknoten, die nicht an der Kollision beteiligt sind. Durch die Bewertung dieses Mischpegels erkennt jeder Rechnerknoten eine Kollision direkt, ohne dass erst ein Sondersignal ("Jam Signal") zusätzlich an alle auch an der Kollision nicht beteiligten Rechnerknoten, gesendet werden muss. Es wird zwischen einfachem und zwei- bis n-fachem Pegel unterschieden. Für eine eindeutige und sichere Auswertung eines doppelten Pegels gegenüber einem einfachen Pegel müssen die von beliebigen Sendern stammenden Lichtpegel für einen bestimmten Empfänger gleich gross erscheinen. Aus diesem Grund muss das optische Übertragungssystem abgeglichen werden. Durch den Gleichstromcharakter des optischen Übertragungssystems können dadurch die Summenpegel unverfälscht übertragen werden. Linearität ist mindestens bis zum doppelten Wert des max. einfachen Pegels nötig.

86112172 216214 May 8, 1991

Das Konzept der Kollisionserkennung über Pegelbewertung verlangt bei einer Kollision zweier Datenpakete mindestens für die Dauer eines Datenbit eine Pegeladdition, unabhängig vom zeitlichen Bezug der Pakete zueinander und des Dateninhaltes der Pakete. Bei der seriellen Datenübertragung müssen neben der eigentlichen Information auch Kriterien übertragen werden, die es dem Empfänger ermöglichen bei der Auswertung des Bitstromes einen Phasenbezug herzustellen. Dies kann durch Zusatzinformation (z. B. Start-Stopbit, SYN-Zeichen) oder Codemanipulation (z. B. Scrambler, Manchester Code) erreicht werden. Allen Maßnahmen ist gemeinsam, dass sie zyklisch wiederholt werden müssen. Nur so kann der Phasenbezug während der gesamten Dauer der Datenübertragung aufrechterhalten werden. Der Wiederholzyklus ist bei den einzelnen Maßnahmen unterschiedlich lang und beträgt z. B. beim Manchester Code 1 Bit, beim Start/Stopverfahren ein Zeichen, beim Einsatz eines Scramblers ist er abhängig vom gewählten Polynom, bei der Verwendung von SYN-Zeichen ist die Stabilität der Taktgenerator ausschlaggebend. Betrachtet man für eine Pegeladdition nur die zyklisch wiederkehrenden Synchronisationsmaßnahmen, dann ist man unabhängig vom Dateninhalt der Pakete. Eine Pegeladdition tritt immer auf, wenn sich ein Dauerlichtimpuls mit der Länge des Wiederholzyklus der betreffenden Synchronisationsmaßnahme mit einem Datenpaket überlagert. Dieses Prinzip gewährleistet eine Kollisionserkennung mit 100 % Wahrscheinlichkeit.

Am zweckmäßigsten wird jedem Datenpaket ein Dauerlichtimpuls entsprechender Länge vorangestellt. Eine Pegeladdition tritt dann gleich zu Beginn einer Kollision auf und wird so frühzeitig wie möglich erkannt. Das passt mit der bisherigen Festlegung zusammen: Busbelegung = Dauerlicht. Auf Grund des gewählten asynchronen Zeichenformats wird der Dauerlichtimpuls am Anfang eines Datenpaketes mit 11 Bit (ca. 1 Zeichen) Länge festgelegt. Bei einer Kollision ergibt sich eine Pegeladdition von mindestens 1 Bit Länge, für den Fall, dass der Bitstrom nur aus Stopbits besteht, d. h. die Daten sind "OOH". Das Ende des Datenpaketes wird mit 20 Bits (2 Zeichen) Dauerlicht markiert. Erfolgt von einem Rechnerknoten nur bei freiem Bus ein Buszugriff ("carrier sense"-Funktion) und sind die Datenpakete länger als die Laufzeit auf dem optischen Bus, kann eine Kollision von Datenpaketen nur zu Beginn oder während eines Datenpaketes beginnen. Sind die Datenpakete kürzer als die Laufzeit auf dem optischen Bus, oder ist der Buszugriff willkürlich, kann eine Kollision auch am Ende eines Datenpaketes beginnen. Weil die Datenpakete mit Dauerlichtimpulsen eingerahmt sind, ist für die Kollisionserkennung der allgemeinste Fall abzudecken.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, das die erläuterten Nachteile des Standes der Technik durch einen automatischen Pegelabgleich vermeidet. Insbesondere soll aufgabengemäß ein Verfahren der genannten Art geschaffen werden, mit dessen Hilfe ohne individuelle Abgleichmaßnahmen Systemänderungen und/oder Systemerweiterungen beherrschbar sind und bei dem alterungsbedingte oder anderweitig bedingte Änderungen von Bauteileigenschaften betreffend deren elektrische und/oder optische Werte die Betriebssicherheit nicht beeinflussen können.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs genannten Art und gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 gelöst, das erfindungsgemäß durch die in dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale charakterisiert ist.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind durch die in den Unteransprüchen angegebenen Merkmale gekennzeichnet.

Im folgenden wird die Erfindung anhand mehrerer, Ausführungsbeispiele betreffender und erläuternder Figuren im einzelnen beschrieben.

- Fig. 1

-- zeigt eine schematische Darstellung in Form eines Blockschaltbildes für ein optisches Bussystem mit n Knoten und einem gemeinsamen Sternkoppler.

- Fig. 2

-- zeigt eine schematische Darstellung eines Blockrahmens für ein über den optischen Bus zu übertragendes Datenpaket.

86112172 216214 May 8, 1991

- Fig. 3
  - zeigt eine erläuternde Darstellung der sog. Kollisionserkennung mittels Pegelbewertung.
- Fig. 4
  - zeigt ein Blockschaltbild für eine in den Knoten zu verwendende Busanschaltung.
- Fig. 5
  - zeigt ein Signaldiagramm für während eines Abgleichvorgangs auftretende Signale.
- Fig. 6
  - zeigt verschiedene Diagramme betreffend das Erkennen eines Sondersignals "ABGLEICH" auf dem optischen Bus.
- Fig. 7
  - zeigt ein Prinzipschaltbild für ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Busanschaltung gemäß Fig. 4.
- Fig. 8
  - zeigt zwei Flussdiagramme oder Funktionsablaufpläne für den Abgleich eines optischen Pegels gemäß dem Verfahren nach der vorliegenden Erfindung.

Damit für jeden Empfänger E jeder beliebige Sender S von Knoten in dem System mit gleich großem Pegel erscheint, wird das optische Übertragungssystem abgeglichen. Die unterschiedliche Dämpfung der Sendeleitungen einschließlich der Steckerübergänge und der Klebestellen am Mischerplättchen eines Sternkopplers wird durch Einstellen der Sendepegel berücksichtigt. Am Eingang des Mischerplättchens herrscht dann ein normierter Pegel, und der Pegel jedes beliebigen Senders S ist an dieser Stelle gleich groß. Die unterschiedliche Dämpfung der Empfangsleitungen erfordert bei den Empfängern E eine individuelle Einstellung einer Referenzschwelle für die Erkennung des zwei- bis n-fachen Pegels (vergl. Fig. 3).

Dazu sieht das erfindungsgemäße Verfahren vor, das bei einem erforderlichen Pegelabgleich für das lokale Netz ein Prozess derart abgewickelt wird, dass eine Grundphase vorgesehen ist, in der in allen Knoten  $K[1] \dots K_{(n)}$  (vergl. Fig. 1) jeweils diesen Knoten individuell zugeordnete Pegelabgleichseinrichtungen  $P[1] \dots P_{(n)}$  miteinander synchronisiert werden, dass eine erste Abgleichphase vorgesehen ist, in der alle Pegelabgleichseinrichtungen  $P[1] \dots P_{(n)}$  gleichzeitig einen Prozess zum Einstellen der Referenzspannung auf den niedrigsten empfangenen Pegel durchführen, wodurch die Summe aller Dämpfungsanteile des Signalpfades auf der Empfangsseite des betreffenden Knotens vom Ausgang des Sternkopplers bis zu den Eingangsklemmen der Komparatorstufe berücksichtigt ist, und dass eine zweite Abgleichphase vorgesehen ist, in der alle Pegelabgleichseinrichtungen  $P[1] \dots P_{(n)}$  nacheinander einen Prozess zum Einstellen des Sendepegels des eigenen Senders so durchführen, dass die ausgesendete Lichtleistung an dem eigenen Empfänger zu der als niedrigste registrierten Empfangsleistung ruht. Dadurch ist die Summe aller Dämpfungsanteile des Signalpfades auf der Sendeseite des betreffenden Knotens von den Ausgangsklemmen der Sendestromquelle bis zu dem Eingang des Sternkopplers berücksichtigt. Der Sendepegel jedes der  $n$  Knoten  $K[1] \dots K_{(n)}$  in dem lokalen Netz weist dadurch an dem ihm zugeordneten Eingang des Sternkopplers den gleichen Wert wie alle anderen Sendepegel an den betreffenden anderen Eingängen auf, so dass für den Fall, dass im Normalbetrieb des lokalen Netzes zwei oder mehr Knoten gleichzeitig ein Informationssignal in den optischen Bus einspeisen, der zumindest zweifache Wert des normierten Sendepegels auftritt, der durch den Knoten jeweils individuell zugeordnete Kollisionskomparatoren erfasst wird, wodurch der Zustand einer Kollision bei allen Knoten  $K[1] \dots K_{(n)}$  erkannt wird und ein an sich bekannter Kollisionsentflechtungs-Algorithmus initiiert wird.

Der Abgleichvorgang läuft demnach erfindungsgemäß in zwei Phasen ab. In der ersten Phase stellt sich nacheinander jeder Sender S eines Rechnerknoten K mit seinem maximalen Sendepegel vor. Die Referenzschwellen aller Empfänger E werden auf den jeweils niedrigsten Pegelwert nachgeführt. Der für jeden Empfänger E individuelle Wert wird gespeichert. Dieser Wert stellt für eine bestimmte Systemkonfiguration den größtmöglichen Arbeitspegel dar. In der zweiten Phase wird nacheinander jeder Sender S eingeschaltet und der Sendepegel erniedrigt, bis sich am zugehörigen Empfänger E desselben Rechnerknoten K der in der ersten Phase gespeicherte Pegelwert einstellt. Am Ende der zweiten Phase sind alle Sender S so eingestellt, dass am Eingang des Sternkopplers  $S_k$  ein normierter Pegel

86112172 216214 May 8, 1991

herrscht. Mit diesem Verfahren können alle individuellen Dämpfungsanteile ausser der Unsymmetrie des Mischerplattchens ausgeglichen werden. Unsymmetrie entsteht, wenn sich das Licht, von unterschiedlichen Eingängen kommend, nicht absolut gleichmässig auf alle Ausgänge verteilt. Damit für die Einstelltoleranzen des Senders und der Referenz genügend Spielraum bleibt, soll die Unsymmetrie nicht grösser als 2dB (= Faktor 1,6) sein.

Durch den Abgleich des Systems reduziert sich der erforderliche Dynamikbereich der Empfänger E. Wegen des normierten Pegels muss die Empfängerdynamik nur die max. Dämpfung der Empfangsleitungen abdecken, wenn ein Rechnerknoten K mit einer Leitungslänge ca. 0 km und ein anderer Rechnerknoten mit einer max. Leitungslänge von 1,5 km gleichzeitig angeschlossen sind. Der normierte Pegel bietet weiter den Vorteil, dass der Storaufstand gegenüber Reflexionen für alle Empfänger E unabhängig von der Leitungslänge gleich ist.

Das optische Übertragungssystem manuell nach dem beschriebenen Verfahren abzugleichen, wäre bei einer realistisch angenommenen Anzahl der Rechnerknoten K und der Ausdehnung des Netzes viel zu aufwendig. Deshalb ist der automatisierte Abgleichvorgang gemäss der vorliegenden Erfindung vorteilhaft. Der automatische Abgleich kann durch verschiedene Kriterien initiiert werden. Beispielsweise wird ein weiterer Rechnerknoten K während des Betriebs an das Netzwerk angeschlossen und aktiviert, oder es hat sich die Betriebstemperatur eines Rechners um mehr als 10[deg] C verändert, einer Einsparung von Kompensationsmitteln wird dadurch ermöglicht. Die Initiierung kann vorteilhafterweise auch zyklisch nach beispielsweise jeweils 15 Minuten erfolgen.

Für die Dauer des Abgleichvorgangs muss der Normalbetrieb auf dem optischen Bus unterbrochen werden. Durch eine Abgleichanforderung, die jeden Knoten K erreicht, wird der automatische Abgleich gestartet. Die Abgleichanforderung kann ein normales Datenpaket mit entsprechendem Inhalt oder ein Sondersignal sein. Ein neu hinzukommender Knoten K ist noch nicht eingeregelt und darf noch kein Datenpaket senden, da eine mögliche Kollision nicht sicher erkannt wurde. Vorzugsweise wird in dem Netzwerk der Abgleichwunsch eines Knotens K immer durch ein Sondersignal auf dem optischen Bus signalisiert.

Vorteilhafterweise ist erfindungsgemäss vorgesehen, dass für den Fall, dass zumindest in einem Knoten, z.B. K[1] ein Kriterium für einen Pegelabgleich entsteht, dieser Knoten K[1] mittels seines elektrooptischen Senders S[1] einen von den Impulsen des Nutzdatenflusses unterscheidbar längeren Lichtimpuls als Abgleichanforderungssignal in das Bussystem einspeist, das jeden anderen Knoten K[2]...K<sub>(n)</sub> auffordert, den Normalbetriebszustand zu unterbrechen und in einen Abgleichzustand zu treten und damit bei diesen Knoten K[2]...K<sub>(n)</sub> und bei sich selbst die Grundphase einzuleiten. In der Grundphase werden in allen Knoten K[1]...K<sub>(n)</sub> der digital einstellbare Sendepiegel und die digital einstellbare Referenzspannung auf ihren jeweiligen Maximalwert eingestellt. In allen Knoten K[1]...K<sub>(n)</sub> werden ein für einen Zahl-Algorithmus vorgesehener, durch ein Zeitglied gesteuerter, freilaufender Zähler und dieses Zeitglied auf Null gesetzt. Mit Beendigung des Abgleichanforderungssignals wird die Grundphase beendet und es beginnt synchron bei allen Knoten K[1]...K<sub>(n)</sub> die erste Abgleichphase, in der das freilaufende Zahlen des Zählers gestartet wird, in der jeder vorhandene Knoten K[1]...K<sub>(n)</sub> abhängig von einer ihm individuell zugeteilten Knotennummer und bei dieser Knotennummer entsprechendem Zahlstand des Zählers, nämlich bei Koinzidenz von Zahlstand und Knotennummer, seinen maximalen Sendepiegel zeitlich getrennt von den Lichtimpulsen aller anderen Knoten über das optische Bussystem allen anderen Knoten als Abgleichimpuls anbietet. Mit Eintreffen des Abgleichimpulses wird das freilaufende Zahlen unterbrochen und das Zeitglied ruckgesetzt. Während der Impulsdauer wird bei allen Knoten einschliesslich des Knotens, der den Abgleichimpuls sendet, gleichzeitig die Referenzspannung auf den jeweils niedrigsten, individuell unterschiedlichen Empfangspegel eingestellt. Mit Ende des Abgleichimpulses wird das freilaufende Zahlen wiedergestartet. In jedem der Knoten K[1]...K<sub>(n)</sub> ist eine feste Information über die maximal mögliche Knotenanzahl, vorzugsweise gleich der Anzahl der Ein-/Ausgänge des Sternkopplers SK gespeichert. Bei Koinzidenz des Zahlstandes mit dieser Information entsteht in jedem Knoten K[1]...K<sub>(n)</sub> ein Kriterium, mittels dessen die erste Abgleichphase beendet und die zweite Abgleichphase eingeleitet wird, in der die Steuervorgänge für den Zähler und das Zeitglied wie in der ersten Abgleichphase ablaufen. Während des Abgleichimpulses wird der eigene Sendepiegel derart an den Wert der in der ersten Abgleichphase individuell abgespeicherten Referenzspannung angepasst, dass der Empfangspegel des den Abgleichimpuls sendenden Knotens, z.B. K[2], gleich dessen individuell abgespeicherter Referenzspannung wird. Die zweite Abgleichphase wird in derselben Weise wie die erste

Abgleichphase beendet. Anschliessend schalten alle Knoten  $K[1] \dots K(n)$  von dem Abgleichzustand in den Normalbetriebszustand zurück.

Das Sondersignal wird vorzugsweise als Dauerlichtimpuls mit einer Mindestlänge von 20 Bit festgelegt und wird dadurch bei jedem Rechnerknoten  $K$  sicher erkannt, und zwar unabhängig davon, ob es sich mit einem Datensignal beliebigen Pegels überlagert oder nicht. Der Pegel des Sondersignals kann durch ein Datensignal nur stellenweise erhöht, aber nicht reduziert werden vergl. Fig. 6.

Der Abgleichwunsch eines Rechnerknotens  $K$  wird nach den Regeln des Buszugriffsprotokolls gesendet. Wenn ein in Betrieb befindliches System mit hohem normierten Pegel um einen weit entfernten Knoten erweitert wird, ist beim Senden des Abgleichwunsches eine Kollision möglich, die aber wegen des niedrigen Pegels des Sondersignals nicht sicher erkannt wird. Der Rechnerknoten, der als letzter vor dem Erkennen des Abgleichwunsches ein Datenpaket sendete, wiederholt vorteilhafterweise dieses sicherheitshalber nach dem Abgleichvorgang. Alle Rechnerknoten verwerfen das letzte, vor dem erkannten Abgleichwunsch empfangene Datenpaket. Dem Kriterium "Abgleichwunsch" wird zusätzlich die Bedeutung "Kollision" zugeordnet.

Der Abgleichvorgang wird erst mit dem Ende des Sondersignals gestartet. Die Sondersignale dürfen sich zeitlich beliebig überlappen und im Pegel beliebig überlagern, ohne das sich die Startbedingung für den Abgleichvorgang ändert. In der Praxis wird aber kein Rechnerknoten einen Abgleichwunsch generieren, wenn er gerade den Abgleichwunsch eines anderen Knoten erkannt hat. Die Sondersignale überlagern sich dann max. um die Systemlaufzeit des opt. Bus und die Erkennungs- und Reaktionszeit im Rechnerknoten. Die zulässige Überlagerung der Sondersignale kann vorteilhafterweise gezielt für den Fall genutzt werden, wenn die normale Länge des Sondersignals für die Firmware nicht ausreicht, vom Normalbetrieb auf Abgleich umzuschalten. In einem solchen Fall kann der betreffende Knoten nach Erkennen des Abgleichwunsches so lange selbst Dauerlicht senden, bis er die Umschaltung auf Abgleich vollzogen hat.

Der beschriebene Abgleichalgorithmus ist vorzugsweise in jedem Knoten  $K[1] \dots K(n)$  individuell in Form von Firmenware realisiert. Erforderliche Stellglieder, Digital/Analog-Wandler D/A Speicher, sowie Successive Approximation Register SAR sind Teil der bereits genannten Busanschaltung, vergl. Fig. 7.

Diese Einheiten werden von Software-Routinen gesteuert, die im Netzwerk-Controller implementiert sind. Neben dem Abgleichwunsch müssen noch weitere Dauerlichtimpulse zum Nachfahren der Referenzschwelle für die Kollisionserkennung und zum Einstellen der Sendepegel für den normierten Pegel gesendet werden. Alle Dauerlichtimpulse werden vorzugsweise mit gleicher Länge gesendet. Bei einem Rechnerknoten trifft für einen Abgleichvorgang eine Serie von Dauerlichtimpulsen ein, von denen der erste als Abgleichwunsch und alle anderen als Mesimpulse interpretiert werden. Die Steuerung des automatischen Abgleichs geschieht über die drei Routinen "Initialisierung", "Abgleichwunsch" und "Abgleich".

Die Routine "Initialisierung" wird bei dem Rechnerknoten aufgerufen, um den das Netzwerk erweitert wird, oder bei allen Knoten, wenn bei einer Neukonfiguration des Netzwerks die Knotennummern neu vergeben und/oder die Gesamtzahl der Rechnerknoten geändert wird. Zunächst werden dazu ein Knotennummernzähler auf 0 und die Register SAR auf den höchsten Wert gesetzt, damit einerseits nach dem niedrigsten, empfangenen Pegel gesucht und andererseits mit vollem Pegel gesendet werden kann. Dann werden die aktuellen Werte für die jeweilige physikalische Knotennummer und die Gesamtzahl der Knoten von Schaltern, PROM's oder vom Host-Rechner übernommen.

Die Routine "Abgleichwunsch" startet z. B. einen Zeitgeber-Baustein, der den ersten Dauerlichtimpuls generiert. Dieser Impuls muss durch Hardware erzeugt werden, da derselbe Knoten diesen Impuls auch bei sich selbst softwaregesteuert empfangen und als Abgleichwunsch interpretieren muss. Dadurch können jeder beliebige Knoten oder mehrere Knoten gleichzeitig einen Abgleichwunsch aussern.

Die Routine "Abgleich" ermittelt durch einen Zähleralgorithmus die Kriterien für die Steuersignale "Nachfahren"

(erste Phase), "Sender einstellen" (zweite Phase) und "Impuls senden". Alle Knoten zählen die Lichtimpulse mit. Sobald der Zählerstand den Wert der physikalischen Adresse eines Knoten erreicht hat, sendet dieser Knoten seinen Lichtimpuls. Mit dem Ende eines jeden Lichtimpulses wird in allen Knoten eine Überwachungszeit neu gestartet, die in allen Knoten abläuft, wenn der Knoten mit der nächst höheren Knotennummer ausgefallen oder nicht vorhanden ist. Fehlen mehrere Knoten nacheinander, so wird durch Kettung der Überwachungszeit weitergezählt, vergl. Fig. 8. Die Routine "Abgleich" wird sowohl mit Beginn eines empfangenen Lichtimpulses als auch von der abgelaufenen Überwachungszeit ab angestossen. Fig. 5 zeigt einen vollständigen Abgleichvorgang. In einem Netzwerk mit fünf möglichen Knoten sind die Knoten Nr. 3 und Nr. 4 vorhanden (aktiviert).

Fig. 4 zeigt, wie bereits erwähnt, das Blockschaltbild einer Busanschaltung. Die vom Netzwerk-Controller kommenden seriellen Sendedaten gelangen über einen Modulator und durch einen Treiber verstärkt an eine leuchtmitternde Diode LED. Die LED wandelt die elektrischen Impulse in Lichtimpulse um und führt sie einem Lichtwellenleiter des optischen Bus zu. Vom optischen Bus eintreffende Lichtimpulse werden mit einer APD (Avalanche-Photodiode) wieder in elektrische Impulse zurückgewandelt, verstärkt und mittels eines Demodulator demoduliert.

Die zurückgewonnenen Empfangsdaten stehen dann dem Netzwerk-Controller für die weitere Bearbeitung zur Verfügung. Der Demodulator liefert auch das Kollisionssignal, sobald die nach dem Abgleichvorgang eingestellte, individuelle Referenzschwelle überschritten wird. Die ausgewerteten Dauerlichtimpulse beim automatischen Abgleich treten an einer Signalleitung "Abgleich" nämlich dem dritten Ausgang des Demodulators auf. Über Leitungen "Einstellen" und "Nachfahren" steuert der Netzwerk-Controller den automatischen Abgleich.

Im Normalbetrieb sind beide dieser Leitungen inaktiv. Sendet in diesem Zustand irgend ein Rechnerknoten einen Abgleichwunsch (1. Dauerlichtimpuls), so werden durch die Verbindung der Leitung "Abgleich" mit einer Abgleichschaltung die Register SAR auf den höchsten Wert gesetzt. Der Netzwerk-Controller muss dann nur noch die Phasen "Nachfahren" und "Einstellen" steuern, in dem er alternativ die betreffende Steuerleitung aktiviert. Für den Anstos des ersten Abgleichvorgangs bei der Inbetriebnahme des Netzwerks muss der Netzwerk-Controller die Möglichkeit haben, die Abgleichschaltung zu initialisieren die Register SAR auf höchsten Wert stellen. In diesem Fall werden beide Steuerleitungen gleichzeitig aktiviert. Durch eine Verbindung der Leitung "Sendedaten" mit der Abgleichschaltung kann die Abgleichschaltung erkennen, wann der eigene Dauerlichtimpuls gesendet wird. Nur in diesem Fall darf der betreffende Sender eingestellt werden. Der Abgleichschaltung wird auch das verstärkte, analoge Empfangssignal angeboten. Sie liefert den Analogwert für die Referenzschwelle der Kollisionserkennung an den Demodulator und den Digitalwert des Sendepegels an den Modulator.

Die Abgleichschaltung für den automatischen Abgleich innerhalb der Busanschaltung besteht entsprechend den beiden Phasen des Abgleichalgorithmus aus einem D/A-Wandler zum Einstellen des Sendepegel und einem D/A-Wandler zum Nachfahren der Referenz für einen Kollisionskomparator K. Beide D/A-Wandler werden durch Register SAR eingestellt. Die notwendige Steuerungs-Software ist in einem PLA-Baustein (Programmable Logic Array) enthalten. Entsprechend den Eingangsgrosen "Einstellen", "Nachfahren", "Sendedaten" und "Abgleich" startet die Steuerung das betreffende Register SAR und versorgt es mit dem aktuellen Wert eines Pegelvergleichers P.

Der D/A-Wandler zum Einstellen des Sendepegels ist vorzugsweise diskret aus einem R/2R-Netzwerk und Open-Collector-Gattern aufgebaut. Der zugehörige SAR-Baustein bestimmt die Zweige des R/2R-Netzwerkes, die abhängig von den Sendedaten die LED in der gewünschten Intensität erregen. Die Gatter übernehmen dabei gleichzeitig die Funktion eines schnellen Leistungstreibers.

Der Dynamikbereich des Empfängers ist durch die Betriebsspannung und den Gleichtaktbereich der Komparatoren begrenzt, weil ohne Verstärkungsregelung gearbeitet wird. Diese Begrenzung wirkt sich nur bei der Phase "Nachfahren" aus. Der schwachste Sendepegel am Eingang des Sternkopplers SK darf am Empfänger E mit der niedrigsten Dämpfung der Empfangsleitung maximal den Signalpegel erreichen, der als Hochwert von dem betreffenden D/A-Wandler erzeugt werden kann. Nur wenn diese Bedingung erfüllt ist, verläuft der Abgleichvorgang

exakt.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, das jeweils ein Nutzdatenpaket von zwei langen Lichtimpulsen eingerahmt ist, wobei diese Lichtimpulse langer als die Periodendauer der für die verwendete Codierungsart notwendigen Synchronisationsvorgängen für die Nutzinformation sind, so das eine auftretende Kollision sicher erkannt wird.

Eine andere vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, das die Impulslänge des Abgleichanforderungssignals variiert wird, um unterschiedliche Sondersignale zusätzlich zu dem Abgleichanforderungssignal zu übertragen.

Vorteilhafterweise ist die Impulslänge des Abgleichanforderungssignals gleich der des Abgleichimpulses.

In Weiterbildung der Erfindung ist desweitern vorgesehen, das die Knotennummer und die Information über die maximale Knotenanzahl in der Inbetriebnahmephase des Netzwerks oder bei Änderungsmaßnahmen für neu hinzukommende Knoten jedem der Knoten individuell, z. B. über einen Wartungskanal, eingegeben werden. Eine alternative Lösung dazu sieht in Weiterbildung der Erfindung vor, das die Knotennummer und/oder die Information über die maximale Knotenanzahl bei dem sich in Betrieb befindlichen Netzwerk durch Nutzdatenpakete von jedem beliebigen Knoten aus in jedem der Knoten geändert werden können.

Schließlich ist in Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, das in jedem Knoten des Netzwerks Information über die aktuelle Netzkonfiguration, nämlich die maximale Knotenanzahl und die in diesem Bereich an Knoten vergebene Knotennummern, für jeden Knoten abrufbar gespeichert ist.

#### **ENGLISH-CLAIMS:**

Return to Top of Patent

- Method for automatic level calibration in a local area network, preferably for a multiprocessor arrangement, comprising a bus system with optical waveguides and an optical star coupler (SK), for setting a normalised level at all inputs of this star coupler for the purpose of collision detection, in which method the information signal to be transmitted is converted by an electrooptical transmitter into a light signal and the latter is coupled into an optical waveguide, the light signal transmitted via optical waveguides being converted by an opto- electrical receiver into a useful electrical signal and from the latter the information signal being recovered, for each node ( $K[1] \dots K(n)$ ), for example a processor, in each case one transmitter (S) being provided, the light power of which, which is coupled into the optical waveguide and depends on the information signal, can be changed in digital steps, and for each node ( $K[1] \dots K(n)$ ) in each case a receiver (E) being provided which is constructed of direct- current-coupled amplifiers without gain control and which exhibits an input stage for-generating the useful signal, a first comparator stage for generating the information signal from the useful signal and a second comparator stage which is supplied with a reference voltage which can be changed in digital steps, which samples the level of the useful signal and delivers a collision signal when the useful signal exceeds the reference voltage, characterised in that when a level calibration is required for the local area network, a process is run in such a manner that a basic phase is provided in which in all nodes ( $K[1] \dots K(n)$ ), level calibration devices ( $P[1] \dots P(n)$ ) in each case individually associated with these nodes are synchronised with one another, in that a first calibration phase following the basic phase is provided in which in each case each node transmits with the maximum level set in the basic phase and in which all level calibration devices ( $P[1] \dots P(n)$ ) simultaneously carry out a process for setting the reference voltage to the lowest received level, by means of which the sum of all attenuation components of the signal path on the receiving side of the relevant node from the output of the star coupler to the input terminals of the comparator stage is taken into consideration, and in that a second calibration phase is provided in which all level calibration devices ( $P[1] \dots P(n)$ ) successively carry out a process for setting the transmitting level of their own

transmitter in such a manner that the emitted light power leads to the received power registered as the lowest one at their own receiver, by means of which the sum of all attenuation components of the signal path on the transmitting side of the relevant node from the output terminals of the transmitting current source to the input of the star coupler is taken into consideration, as a result of which the transmitting level of each of the  $n$  nodes ( $K[1] \dots K_{(n)}$ ) in the local area network has at its associated input of the star coupler the same value as all other transmitting levels at the relevant other inputs so that for the case where, in normal operation of the local area network, two or more nodes ( $K$ ) simultaneously feed an information signal into the optical bus, at least twice the value of the normalised transmitting level occurs which is detected by collision comparators in each case individually associated with the nodes, by means of which the state of a collision is detected at all nodes ( $K[1] \dots K_{(n)}$ ) and a collision resolution algorithm known per se is initiated.

- -Method according to Claim 1, characterised in that in the case where a criterion for a level calibration arises at least in one node (for example  $K[1]$ ), this node ( $K[1]$ ) feeds by means of its electro-optical transmitter ( $S[1]$ ) a light pulse, which is distinguishably longer than the pulses of the useful-data flow, as calibration request signal into the bus system, which requests every other node ( $K[2] \dots K_{(n)}$ ) to interrupt the normal operating state and enter a calibration state and thus to initiate the basic phase at these nodes ( $K[2] \dots K_{(n)}$ ) and at itself, in that in the basic phase in all nodes ( $K[1] \dots K_{(n)}$ ), the digitally adjustable transmitting level and the digitally adjustable reference voltage are set, in preparation to their respective maximum value up to the end of the calibration request signal, in that in all nodes ( $K[1] \dots K_{(n)}$ ), a free-running counter, controlled by a timing section and provided for a counting algorithm, and this timing section are set to zero, in that, when the calibration request signal has ended, the basic phase is ended and synchronously the first calibration phase begins at all nodes ( $K[1] \dots K_{(n)}$ ), in which the free-running counting of the counter is started, in which every existing node ( $K[1] \dots K_{(n)}$ ) offers, in dependence on a node number allocated to it individually and with a count of the counter corresponding to this node number, namely with coincidence of count and node number, its maximum transmitting level separated in time from the light pulses of all other nodes via the optical bus system as calibration pulse to all other nodes, in that with the arrival of the calibration pulse, the free-running counting is interrupted and the timing section is reset, in that during the pulse period the reference voltage is simultaneously set at all nodes including the node which is transmitting the calibration pulse, to the in each case lowest individually different receiving level, in that with the end of the calibration pulse the free-running counting is restarted, in that in each of the nodes ( $K[1] \dots K_{(n)}$ ) a fixed information on the maximum possible number of nodes, preferably equal to the number of inputs/outputs of the star coupler ( $SK$ ), is stored, in that with coincidence of the count with this information in each node ( $K[1] \dots K_{(n)}$ ) a criterion is produced by means of which the first calibration phase is ended and the second calibration phase is initiated, in which the control processes for the counter and the timing section proceed as in the first calibration phase, in that during the calibration pulse, its own transmitting level is matched to the value of the reference voltage individually stored in the first calibration phase, in such a manner that the receiving level of the node (for example  $K_2$ ) transmitting the calibration pulse becomes equal to its individually stored reference voltage, in that the second calibration phase is ended in the same manner as the first calibration phase and in that now all nodes ( $K[1] \dots K_{(n)}$ ) switch back from the calibration state to the normal operating state.
- -Method according to Claim 1, characterised in that in each case one useful-data packet is framed by two long light pulses, these light pulses being longer than the duration of the period of the synchronisation processes for the useful information, necessary for the coding type used, so that a collision occurring is reliably detected.
- -Method according to Claim 2, characterised in that the pulse length of the calibration request signal is varied in order to transmit different special signals in addition to the calibration request signal.

86112172 216214 May 8, 1991

- -Method according to Claim 2, characterised in that the pulse length of the calibration request signal is equal to that of the calibration pulse.
- -Method according to Claim 2, characterised in that the algorithm required for the calibration processes is individually implemented in the form of firmware in each of the nodes ( $K[1]...K_{(n)}$ ).
- -Method according to Claim 2, characterised in that the node number and the information on the maximum number of nodes are individually input to each of the nodes, for example via a maintenance channel, during the commissioning phase of the local area network or during modification measures for newly added nodes ( $K_{(n+1)}...$ ).
- -Method according to Claim 2, characterised in that the node number and/or the information on the maximum number of nodes can be changed in each of the nodes from any arbitrary node by means of useful-data packets in the operational local area network.
- -Method according to Claim 2, characterised in that information on the current network configuration, namely the maximum number of nodes and the node numbers issued to nodes in this area, is retrievably stored for each node in each node ( $K[1]...K_{(n)}$ ) of the local area network.

#### GERMAN-CLAIMS:

- -Verfahren zum automatischen Pegelabgleich in einem lokalen Netz, insbesondere für eine Mehrrechneranordnung, mit einem Bussystem mit Lichtwellenleitern und einem optischen Sternkoppler (SK), zum Einstellen eines normierten Pegels an allen Eingängen dieses Sternkopplers zum Zwecke einer Kollisionserkennung, wobei das zu übertragende Informationssignal durch einen elektrooptischen Sender in ein Lichtsignal umgewandelt und dieses in einen Lichtwellenleiter eingekoppelt wird, wobei das über Lichtwellenleiter übertragene Lichtsignal durch einen optoelektrischen Empfänger in ein elektrisches Nutzsignal umgewandelt und aus diesem das Informationssignal wiedergewonnen wird, wobei für jeden Knoten ( $K[1]...K_{(n)}$ ), beispielsweise ein Rechner, jeweils ein Sender (S) vorgesehen ist, dessen in den Lichtwellenleiter eingekoppelte von dem Informationssignal abhängige Lichtleistung in digitalen Schritten anderbar ist, und wobei für jeden Knoten ( $K[1]...K_{(n)}$ ) jeweils ein aus gleichstromgekoppelten Verstärkern ohne Verstärkungsregelung aufgebauter Empfänger (E) vorgesehen ist, der eine Eingangsstufe zur Erzeugung des Nutzsignals, eine erste Komparatorstufe zur Erzeugung des Informationssignals aus dem Nutzsignal und eine zweite Komparatorstufe aufweist, der eine in digitalen Stufen anderbare Referenzspannung zugeführt wird, die den Pegel des Nutzsignals abtastet und ein Kollisionssignal abgibt, wenn das Nutzsignal die Referenzspannung übersteigt, **dadurch gekennzeichnet**, das bei einem erforderlichen Pegelabgleich für das lokale Netz ein Prozess derart abgewickelt wird, dass eine Grundphase vorgesehen ist, in der in allen Knoten ( $K[1]...K_{(n)}$ ) jeweils diesen Knoten individuell zugeordnete Pegelabgleichrichtungen ( $P[1]...P_{(n)}$ ) miteinander synchronisiert werden, dass eine erste, auf die Grundphase folgende Abgleichphase vorgesehen ist, in der jeweils von jedem Knoten mit dem in der Grundphase eingestellten maximalen Pegel gesendet wird und in der alle Pegelabgleichrichtungen ( $P[1]...P_{(n)}$ ) gleichzeitig einen Prozess zum Einstellen der Referenzspannung auf den niedrigsten empfangenen Pegel durchführen, wodurch die Summe aller Dämpfungsanteile des Signalpfades auf der Empfangsseite des betreffenden Knotens vom Ausgang des Sternkopplers bis zu den Eingangsklemmen der Komparatorstufe berücksichtigt ist, und dass eine zweite Abgleichphase vorgesehen ist, in der alle Pegelabgleichrichtungen ( $P[1]...P_{(n)}$ ) nacheinander einen Prozess zum Einstellen des Sendepegels des eigenen Senders so durchführen, dass die ausgesendete

86112172 216214 May 8, 1991

Lichtleistung an dem eigenen Empfänger zu der als niedrigste registrierten Empfangsleistung führt, wodurch die Summe aller Dämpfungsanteile des Signalpfades auf der Sendeseite des betreffenden Knotens von den Ausgangsklemmen der Sendestromquelle bis zu dem Eingang des Sternkopplers berücksichtigt ist, wodurch der Sendepiegel jedes der  $n$  Knoten ( $K[1] \dots K(n)$ ) in dem lokalen Netz an dem ihm zugeordneten Eingang des Sternkopplers den gleichen Wert wie alle anderen Sendepiegel an den betreffenden anderen Eingängen hat, so dass für den Fall, dass im Normalbetrieb des lokalen Netzes zwei oder mehr Knoten ( $K$ ) gleichzeitig ein Informationssignal in den optischen Bus einspeisen, der zumindest zweifache Wert des normierten Sendepiegels auftritt, der durch den Knoten jeweils individuell zugeordnete Kollisionskomparatoren erfasst wird, wodurch der Zustand einer Kollision bei allen Knoten ( $K[1] \dots K(n)$ ) erkannt wird und ein an sich bekannter Kollisionsentflechtungs-Algorithmus initiiert wird.

- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass für den Fall, dass zumindest in einem Knoten (z. B.  $K[1]$ ) ein Kriterium für einen Pegelabgleich entsteht, dieser Knoten ( $K[1]$ ) mittels seines elektrooptischen Senders ( $S[1]$ ) einen von den Impulsen des Nutzdatenflusses unterscheidbar längeren Lichtimpuls als Abgleichanforderungssignal in das Bussystem einspeist, das jeden anderen Knoten ( $K[2] \dots K(n)$ ) auffordert, den Normalbetriebszustand zu unterbrechen und in einen Abgleichzustand zu treten und damit bei diesen Knoten ( $K[2] \dots K(n)$ ) und bei sich selbst die Grundphase einzuleiten, das in der Grundphase in allen Knoten ( $K[2] \dots K(n)$ ) vorbereitend bis zum Ende des Abgleichanforderungssignals der digital einstellbare Sendepiegel und die digital einstellbare Referenzspannung auf ihren jeweiligen Maximalwert eingestellt werden, das in allen Knoten ( $K[1] \dots K(n)$ ) ein für einen Zahl-Algorithmus vorgesehener, durch ein Zeitglied gesteuerter, freilaufender Zähler und dieses Zeitglied auf Null gesetzt werden, das mit Beendigung des Abgleichanforderungssignals die Grundphase beendet wird und synchron bei allen Knoten ( $K[1] \dots K(n)$ ) die erste Abgleichphase beginnt, in der das freilaufende Zahlen des Zählers gestartet wird, in der jeder vorhandene Knoten ( $K[1] \dots K(n)$ ) abhängig von einer ihm individuell zugeteilten Knotennummer und bei dieser Knotennummer entsprechendem Zahlstand des Zählers, nämlich bei Koinzidenz von Zahlstand und Knotennummer, seinen maximalen Sendepiegel zeitlich getrennt von den Lichtimpulsen aller anderen Knoten über das optische Bussystem allen anderen Knoten als Abgleichimpuls anbietet, das mit Eintreffen des Abgleichimpulses das freilaufende Zahlen unterbrochen und das Zeitglied ruckgesetzt wird, das während der Impulsdauer bei allen Knoten einschließlich des Knotens, der den Abgleichimpuls sendet, gleichzeitig die Referenzspannung auf den jeweils niedrigsten, individuell unterschiedlichen Empfangspegel eingestellt wird, das mit Ende des Abgleichimpulses das freilaufende Zahlen wiedergestartet wird, das in jedem der Knoten ( $K[1] \dots K(n)$ ) eine feste Information über die maximale mögliche Knotenanzahl, vorzugsweise gleich der Anzahl der Ein-/Ausgänge des Sternkopplers ( $SK$ ), gespeichert ist, das bei Koinzidenz des Zahlstandes mit dieser Information in jedem Knoten ( $K[1] \dots K(n)$ ) ein Kriterium entsteht, mittels dessen die erste Abgleichphase beendet und die zweite Abgleichphase eingeleitet wird, in der die Steuervorgänge für den Zähler und das Zeitglied wie in der ersten Abgleichphase ablaufen, das während des Abgleichimpulses der eigene Sendepiegel derart an den Wert der in der ersten Abgleichphase individuell abgespeicherten Referenzspannung angepasst wird, das der Empfangspegel des den Abgleichimpuls sendenden Knotens (z. B.  $K[2]$ ) gleich dessen individuell abgespeicherter Referenzspannung wird, das die zweite Abgleichphase in derselben Weise wie die erste Abgleichphase beendet wird und das nun alle Knoten ( $K[1] \dots K(n)$ ) von dem Abgleichzustand in den Normalbetriebszustand zurückschalten.
- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeweils ein Nutzdatenpaket von zwei langen Lichtimpulsen eingerahmt ist, wobei diese Lichtimpulse länger als die Periodendauer der für die verwendete Codierungsart notwendigen Synchronisationsvorgänge für die Nutzinformation sind, so dass eine auftretende Kollision sicher erkannt wird.
- Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Impulslänge des

86112172 216214 May 8, 1991

Abgleichanforderungssignals variiert wird, um unterschiedliche Sondersignale zusätzlich zu dem Abgleichanforderungssignal zu übertragen.

- -Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, das die Impulslänge des Abgleichanforderungssignals gleich der des Abgleichimpulses ist.
- - Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, das der für die Abgleichvorgänge erforderliche Algorithmus individuell in jedem der Knoten ( $K[1] \dots K_{(n)}$ ) in Form von Firmware realisiert ist.
- -Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, das die Knotennummer und die Information über die maximale Knotenanzahl in der Inbetriebnahmephase des lokalen Netzes oder bei Änderungsmaßnahmen für neu hinzukommende Knoten ( $K_{(n+1)} \dots$ ) jedem der Knoten individuell, z. B. über einen Wartungskanal, eingegeben werden.
- -Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, das die Knotennummer und/oder die Information über die maximale Knotenzahl bei dem sich in Betrieb befindlichen lokalen Netz durch Nutzdatenpakete von jedem beliebigen Knoten aus in jedem der Knoten geändert werden können.
- -Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, das in jedem Knoten ( $K[1] \dots K_{(n)}$ ) des lokalen Netzes Information über die aktuelle Netzkonfiguration, nämlich die maximale Knotenanzahl und die in diesem Bereich an Knoten vergebene Knotennummern, für jeden Knoten abrufbar gespeichert ist.

#### FRENCH-CLAIMS:

- -Procédé de réglage automatique de niveau dans un réseau local, notamment pour un dispositif à ordinateurs multiples, comportant un système formant bus comportant des guides d'ondes optiques et un coupleur optique en étoile (SK), pour le réglage d'un niveau normalisé à toutes les entrées de ce coupleur en étoile pour l'identification de collisions, et selon lequel le signal d'information devant être transmis est converti par un émetteur électro-optique en un signal lumineux et ce signal est injecté par couplage dans un guide d'ondes optiques, et selon lequel le signal lumineux transmis par le guide d'ondes optiques est converti par un récepteur optoélectrique en un signal électrique utile et le signal d'information est récupéré à partir de ce signal, et selon lequel pour chaque nœud ( $K[1] \dots K_{(n)}$ ), notamment un ordinateur, il est prévu respectivement un émetteur (S), dont la puissance lumineuse, qui est injectée dans le guide d'ondes optiques et dépend du signal d'information, peut être modifiée selon des pas numériques, et selon lequel pour chaque nœud ( $K[1] \dots K_{(n)}$ ) il est prévu respectivement un récepteur (E), qui est constitué par des amplificateurs couplés en courant continu, sans régulation de l'amplification et possède un étage d'entrée servant à produire le signal utile, un premier étage comparateur servant à produire le signal d'information à partir du signal utile et un second étage comparateur, auquel est envoyée une tension de référence, modifiable selon des échelons numériques, et qui explore le niveau du signal utile et délivre un signal de collision lorsque le signal utile dépasse la tension de référence, caractérisé par le fait que dans le cas d'un réglage nécessaire du niveau pour le réseau local, on met en œuvre un processus selon lequel il est prévu une phase de base, lors de laquelle dans tous les nœuds ( $K[1] \dots K_{(n)}$ ), les dispositifs de réglage de niveau ( $P[1] \dots P_{(n)}$ ) associés individuellement à ces nœuds sont synchronisés les uns sur les autres, il est prévu une première phase de réglage qui succède à la phase de base et pendant laquelle une émission est réalisée respectivement par chaque nœud ayant le niveau maximum réglé pendant la phase de base et pendant laquelle simultanément tous les dispositifs de réglage de niveau ( $P[1] \dots P_{(n)}$ ) exécutent un processus pour régler la tension de référence sur le niveau réel le plus faible, ce qui prend en compte la somme de toutes les composantes d'affaiblissement de la voie de transmission des

signaux sur le cote reception du noeud considere, depuis la sortie du coupleur en etoile jusqu'aux bornes d'entree de l'etage comparateur, et il est prevu une seconde phase de reglage, pendant laquelle tous les dispositifs de reglage de niveau ( $P[1]...P_{(n)}$ ) executent successivement un processus pour regler le niveau d'emission de l'emetteur proprement dit de sorte que la puissance lumineuse emise conduit, dans le recepteur proprement dit, a la puissance de reception enregistree comme etant la plus faible, ce qui prend en compte la somme de toutes les composantes d'affaiblissement du noeud considere depuis la borne de sortie de la source du courant d'emission jusqu'a l'entree du coupleur en etoile, le niveau d'emission de chacun des  $n$  noeuds ( $K[1]...K_{(n)}$ ) du reseau local ayant, a l'entree du coupleur en etoile qui lui est associe, la meme valeur que les autres niveaux d'emission presents sur les autres entrees considerees, de sorte que dans le cas ou, lors du fonctionnement normal du reseau local, deux ou un plus grand nombre de noeuds ( $K$ ) envoient simultanement un signal d'information dans le bus optique, il apparait une valeur egale au moins au double de la valeur du niveau d'emission normalise, qui est detectee par des comparateurs de collisions respectivement associes individuellement aux noeuds, ce qui permet d'identifier l'etat d'une collision dans tous les noeuds ( $K[1]...K_{(n)}$ ) et de declencher un algorithme connu en soi d'elimination des collisions.

- Procede suivant la revendication 1, caracterise par le fait que dans le cas ou il apparait, dans au moins un noeud ( $K[1]$ ), un critere pour un reglage de niveau, ce noeud ( $K[1]$ ) envoie dans le systeme formant bus, au moyen de son emetteur electro-optique ( $S[1]$ ), une impulsion lumineuse, possedant une plus grande longueur, pouvant etre distinguee, que celle des impulsions du flux de donnees utiles, en tant que signal de demande de reglage, qui demande a chaque autre noeud ( $K[2]...K_{(n)}$ ) d'interrompre l'etat de fonctionnement normal et de passer dans un etat de reglage et de declencher par consequent dans ces noeuds ( $K[2]...K_{(n)}$ ), et en lui-meme, la phase de base, que pendant la phase de base dans tous les noeuds ( $K[1]...K_{(n)}$ ), le niveau d'emission réglable numeriquement et la tension de reference réglable numeriquement sont regles sur leurs valeurs maximales respectives a titre preparatoire jusqu'a la fin du signal de demande de reglage, que dans tous les noeuds ( $K[1]...K_{(n)}$ ), un compteur realisant un comptage libre, prevu pour un algorithme de comptage et commande par une minuterie, et cette minuterie sont positionnes a zero, qu'a la fin du signal de demande de reglage, la phase de base est terminee et qu'en synchronisme commence, dans tous les noeuds ( $K[1]...K_{(n)}$ ), la premiere phase de reglage, pendant laquelle le comptage libre du compteur est declenche et pendant laquelle chaque noeud present ( $K[1]...K_{(n)}$ ) envoie, d'une maniere separee dans le temps par rapport aux impulsions lumineuses de tous les autres noeuds, son niveau d'emission maximum en tant qu'impulsion de reglage a tous ces autres noeuds par l'intermediaire du systeme formant bus optique, en fonction d'un numero affecte individuellement aux noeuds et d'un etat du compteur, qui correspond a ce numero de noeud, c'est-a-dire lors d'une coincidence entre l'etat de comptage et le numero du noeud, que lors de l'apparition de l'impulsion de reglage, le comptage libre est interrompu et la minuterie est ramenee a zero, que pendant la duree de l'impulsion, la tension de reference est reglee simultanement sur le niveau de reception respectif le plus faible, qui differe pour les differents noeuds, et ce dans tous les noeuds y compris le noeud qui emet l'impulsion de reglage, qu'a la fin de l'impulsion de reglage, le comptage libre redemarre, que dans chacun des noeuds ( $K[1]...K_{(n)}$ ) est memorisee une information fixe concernant le nombre maximum possible de noeuds, qui est egal de preference au nombre des entrees/sorties du coupleur en etoile ( $SK$ ), qu'en cas de coincidence de l'etat de comptage avec cette information, il apparait dans chaque noeud ( $K[1]...K_{(n)}$ ) un critere qui arrete la premiere phase de reglage et declenche la seconde phase de reglage, pendant laquelle les operations de commande pour le compteur et la minuterie se deroulent comme lors de la premiere phase de reglage, que pendant l'impulsion de reglage, le niveau particulier d'emission est adapte a la valeur de la tension de reference memorisee individuellement pendant la premiere phase de reglage, de telle sorte que le niveau de reception du noeud (par exemple  $K[2]$ ), qui emet l'impulsion de reglage, est egal a la tension de reference, memorisee individuellement, de ce noeud, que la seconde phase de reglage est interrompue de la meme maniere que la premiere phase de reglage et que tous les noeuds ( $K[1]...K_{(n)}$ ) sont commutes en retour de l'etat de reglage a l'etat de

86112172 216214 May 8, 1991

fonctionnement normal.

- -Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que respectivement un paquet de données utiles est enserré entre deux longues impulsions lumineuses, ces dernières étant d'une durée supérieure à la durée de la période des opérations de synchronisation, nécessaires pour le type de codage utilisé, pour l'information utile, de sorte qu'une collision apparaissant est identifiée de façon sûre.
- -Procédé suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que la durée des impulsions du signal de demande de réglage est modifiée pour permettre la transmission de signaux particuliers différents, en plus du signal de demande de réglage.
- -Procédé suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que la durée des impulsions du signal de demande de réglage est égale à celle de l'impulsion de réglage.
- -Procédé suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que l'algorithme nécessaire pour les opérations de réglage est mis en œuvre individuellement dans chacun des nœuds ( $K[1] \dots K_{(n)}$ ) sous la forme d'un logiciel.
- - Procédé suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que le numéro d'un nœud et l'information concernant le nombre maximum de nœuds dans la phase de mise en service du réseau local ou lors de dispositions de modification pour des nœuds ( $K_{(n+1)} \dots$ ) nouvellement ajoutés sont introduits individuellement dans chacun des nœuds, par exemple au moyen d'un canal de maintenance.
- -Procédé suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que le numéro d'un nœud et/ou l'information concernant le nombre maximum de nœuds dans le réseau local en fonctionnement peuvent être modifiés dans chacun des nœuds par des paquets de données utiles à partir de chaque nœud.
- -Procédé suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que dans chaque nœud ( $K[1] \dots K_{(n)}$ ) du réseau local, une information concernant la configuration actuelle du réseau est mémorisée dans chaque nœud ( $K[1] \dots K_{(n)}$ ) de manière à pouvoir être appelée pour chaque nœud, c'est-à-dire le nombre maximum de nœuds et les numéros des nœuds affectés aux nœuds dans cette zone.