IPDS's copy!
9706254-1

PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6 : H04L 5/14 — **A1**

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/01900

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 16. Januar 1997 (16.01.97)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT96/00112

(22) Internationales Anmeldedatum: 21. Juni 1996 (21.06.96)

(30) Prioritätsdaten:
A 1087/95 26. Juni 1995 (26.06.95) AT

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: ERICSSON AUSTRIA AG [AT/AT]; Pottendorfer Strasse 25-27, A-1121 Wien (AT).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: PFIEFFER, Johann [AT/AT]; Siedlungsstrasse 19, A-3804 Allentsteig (AT).

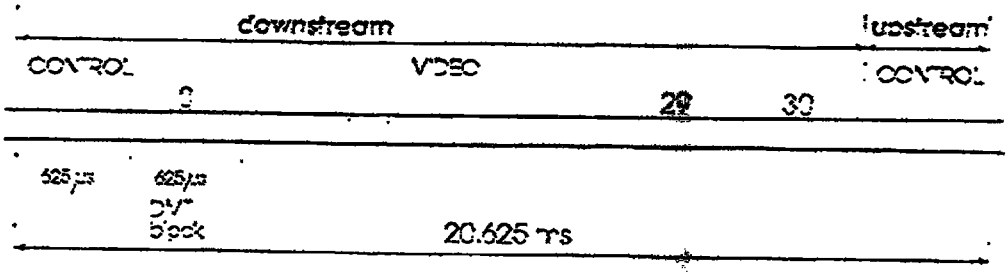
(74) Anwalt: GIBLER, Ferdinand; Dorotheergasse 7, A-1010 Wien (AT).

(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, ARIPO Patent (KE, LS, MW, SD, SZ, UG), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: METHOD OF BI-DIRECTIONAL DATA TRANSMISSION OVER A TWO-WIRE LINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR BIDIREKTIONALEN DATENÜBERTRAGUNG ÜBER EINE ZWEIDRAHTLEITUNG



(57) Abstract

Proposed is a method of bi-directional data transmission over a two-wire line. Digital data destined for transmission or reception, e.g. using discrete multitone modulation (DMT), are modulated or demodulated as appropriate and separated by time-division multiplexing. The appropriate multiplex time frame is subdivided into a predetermined number N of time slots and a number K of those time slots is assigned exclusively to one direction, e.g. transmission, the remaining time slots (= N-K in number) being assigned exclusively to the other direction (e.g. reception).

(57) Zusammenfassung

Verfahren zur bidirektionalen Datenübertragung über eine Zweidrahtleitung, wobei digitale Daten zum Senden oder Empfangen, z.B. mittels diskreter Mehrtonmodulation (DMT), moduliert bzw. demoduliert und die zu sendenden und zu empfangenden Daten durch Zeitmultiplexbetrieb getrennt werden, wobei der zugehörige Multiplex-Zeitrahmen in eine vorbestimmbare Anzahl N von Zeitschlitzen unterteilt wird, und davon eine Anzahl K von Zeitschlitzen ausschließlich einer Übertragungsrichtung, z.B. Senden, und die restliche Anzahl (N-K) von Zeitschlitzen ausschließlich der anderen Übertragungsrichtung, z.B. Empfangen, zugeordnet wird.

Verfahren zur bidirektionalen Datenübertragung über eine Zweidrahtleitung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur bidirektionalen Datenübertragung über eine Zweidrahtleitung, wobei digitale Daten zum Senden oder Empfangen, z.B. mittels diskreter Mehrtonmodulation (DMT), moduliert bzw. demoduliert und die zu sendenden und zu empfangenden Daten, z.B. durch Frequenzmultiplexbetrieb (FDM) oder Echoauslöschung (EC), getrennt werden.

Um störende Beeinflussung von zu übermitteltenden Daten zu beseitigen, führen bekannte Verfahren dieser Art die Trennung der z.B. DMT-modulierten Daten im Frequenzmultiplexbetrieb (FDM) durch, wobei unterschiedliche Frequenzbereiche für die beiden Übertragungsrichtungen festgelegt sind. Eine weitere Möglichkeit zur Trennung besteht in der Anwendung des Echoauslöschungsverfahrens (EC), bei dem durch den Einsatz adaptiver Filter der Einfluß des Sendeteils auf den Empfänger durch adaptive Filter unterdrückt wird. Andere Trennverfahren wurden im Stand der Technik in diesem Zusammenhang bisher nicht verwendet.

Das FDM-Verfahren erzeugt bei der Übertragung entsprechend den beiden Übertragungsrichtungen ein unteres und ein oberes Frequenzband. Da aber die Kabeldämpfung frequenzabhängig ist, bereitet es große Schwierigkeiten für beide Übertragungskanäle die gleiche Übertragungsqualität zu erzielen, in den überwiegenden Fällen ist die Übertragungsqualität in eine besser als in die andere Richtung. Generell ist es aber erwünscht, eine möglichst gleiche Qualität für beide Kanäle anbieten zu können. Weiters ist bei FDM die Variation der Übertragungskapazität mit erheblichem Aufwand verbunden, da dafür eine Anpassung der jeweils verwendeten Bandfilter erforderlich ist, sodaß die Kanalbandbreite entsprechend erhöht oder erniedrigt werden kann.

Das weiters aus dem Stand der Technik bekannte Echoauslöschungs-Verfahren weist ebenso wenn auch anders geartete Nachteile auf. So ist bei diesem Verfahren das Nah-Nebensprechen ein großes technisches Problem, da der Signalabstand zwischen Sende- und Empfangssignal sehr groß ist. Es müssen daher sehr hohe Anforderungen an die bei den Sende- und Empfangsteilen vorgesehenen A/D-Wandler erfüllt werden, da Sende- und Empfangssignale gleichzeitig auftreten und diese entprechend gut getrennt werden müssen. Die hohen Pegelunterschiede der Sende- und Empfangssignale erfordern eine dementsprechend hohe Auflösung der A/D-Wandler, die wiederum höhere Produktkosten zur Folge hat.

Für die Durchführung dieser bekannten Trennmethoden FDM und Echoauslöschung ist auch eine relativ hohe Rechnerleistung erforderlich, die die Kosten für die Datenübertragung stark erhöhen. Besonders bei Anwendung in Fällen, in denen wie etwa bei ADSL (Asymmetric Digtal Subscriber Line) in einer Übertragungsrichtung ("downstream) große Datenraten von einer zentralen Datenanlage zu einem an der Peripherie gelegenen Teilnehmer und vergleichsweise geringe Datenraten in die andere Übertragungsrichtung ("upstream")

übermittelt werden sollen, ist der bei diesen bekannten Datenübertragungsverfahren getriebene Aufwand nur einer schlechten Nutzung unterworfen.

Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, das sich durch geringe Komplexheit hinsichtlich Hardware-Einsatz bzw. Rechnerleistung auszeichnet, sodaß die Durchführung auf einfache und kostengünstige Weise erfolgen kann.

Weiters ist es Ziel der Erfindung, ein Verfahren zu schaffen, mit dem sich bei Übertragungen, die zu einem großen Teil nur in einer der beiden Übertragungsrichtungen vor sich gehen, mit hoher Übertragungsgeschwindigkeit durchführen lassen.

Weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine sehr gute Übertragungsqualität mit relativ geringem technischen Aufwand zu erreichen, wobei eine Änderung der Übertragungskapazität einfach und kostengünstig möglich sein soll.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß die zu sendenden und zu empfangenden Daten durch Zeitmultiplexbetrieb (TDM) getrennt werden, wobei der zugehörige Multiplex-Zeitrahmen in eine vorbestimmbare Anzahl N von Zeitschlitzen unterteilt wird, und davon eine Anzahl K von Zeitschlitzen ausschließlich einer Übertragungsrichtung, z.B. Senden, und die restliche Anzahl (N-K) von Zeitschlitzen ausschließlich der anderen Übertragungsrichtung, z.B. Empfangen, zugeordnet wird.

Da beim erfindungsgemäßen Verfahren entweder nur Sender- oder nur Empfängerfunktionen aktiv sind, wird weniger Prozessorleistung als bei herkömmlichen Verfahren benötigt, da letztere einen sehr hohen internen Datenverkehr zu bewältigen haben. Dadurch gelingt es, eine nach dem erfindungsgemäßen Verfahren durchgeführte Übertragung sehr kostengünstig zu implementieren.

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet weiters den Vorteil einer gleichen Übertragungsqualität in beiden Übertragungsrichtungen, da Senden und Empfangen bei TDM mit der gleichen Leitungsdämpfung erfolgt. Dadurch können beide Übertragungsrichtungen mit geringstmöglicher Qualtitätsminderung im gleichen Frequenzbereich durchgeführt werden. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die sehr einfache Veränderung der Übertragungskapazität, die durch die entspechende Wahl der Anzahl der Zeitschlitze für die jeweilige Übertragungsrichtung ermöglicht wird.

Als besonders vorteilhaft bei asymmetrischer Datenübertragung kann es sein, wenn in einer Übertragungsrichtung der Großteil der Daten und in der anderen nur ein kleiner Rest übertragen wird. Dies ist dann gegeben, wenn die Anzahl N der Zeitschlitze sehr viel größer als die Anzahl K gewählt wird. Vorzugsweise ist diese Bedingung erfüllt, wenn N gleich 30 und K gleich 1 ist.

Da das erfindungsgemäße Verfahren zur Datenübertragung über Telephonleitungen eingesetzt werden kann, kann es z.B. durch die Nummernwahl auf der Leitung zu impulsartigen Störungen kommen, die einen Übertragungsfehler bewirken, der unbedingt korrigiert werden muß. Die Datenübertragung muß aber nicht über Telephonleitungen erfolgen, sie kann im Rahmen der Erfindung über jede dafür geeignete Zweidrahtleitung

geschehen. Genauso können die unterschiedlichsten elektromagnetischen Störungen, auch systemexterne, auf die Datenübertragung ihren Einfluß haben.

Das bekannte ARQ (Automatic Repeat Request)-Verfahren wird zur Fehlerkorrektur üblicherweise so eingesetzt, daß die Datenübertragung auch bei beliebigen Störungen auf der Leitung fehlerfrei bleibt, wobei der Datendurchsatz jedoch stark absinken kann, da ein fehlerhaft übertragenes Datenpaket solange wiederholt wird, bis es fehlerfrei empfangen wird.

In weiterer Ausbildung der Erfindung kann daher vorgesehen sein, daß im Multiplex-Zeitrahmen der Datenübertragung im Zeitmittel eine vorbestimmbare Anzahl von Zeitschlitzen für ARQ (Automatic Repeat Request)-Übertragungswiederholungen vorgesehen sind.

Bei dieser Ausführungsform steht somit ständig Übertragungs-Überkapazität zur Verfügung. Wird ein Datenblock fehlerhaft empfangen, fordert der Empfänger nur so oft eine Wiederholung an, wie es im Rahmen der im Zeitmittel zur Verfügung stehenden Überkapazität möglich ist, sodaß unbeeinflußt durch die Übertragungswiederholungen der nominelle Datendurchsatz konstant gehalten werden kann. Im fehlerfreien Übertragungsfall wird ein höher redundantes Signal übermittelt. Die Dauer der Zeitspanne, über die die Zeitmittelung erfolgt, ist im wesentlichen durch die Speicherkapazität des eingesetzten ARQ-Puffers begrenzt.

Nach einer anderen Variante der Erfindung kann vorgesehen sein, daß bei fehlerhafter Übertragung die Daten, z.B. mittels eines Rechenalgorithmus, modifiziert übertragen werden.

Dadurch kann der bei der Übertragung auftretende Fehler, der durch das Abschneiden eines Teils der Amplitude bei Sende-Übersteuerung hervorgerufen wird, korrigiert werden.

In besonders bevorzugter Weise kann dabei vorgesehen sein, daß die Daten durch logische Inversion modifiziert werden.

Diese Inversionsoperation stellt einen sehr einfach berechenbaren Algorithmus dar, der ohne großen Aufwand realisierbar ist.

Weiters kann vorgesehen sein, daß die Schaltfrequenz einer Störquelle, z.B. ein Netzteil, mit einer der Trägerfrequenzen der diskreten Mehrtonmodulation synchronisiert wird.

Dadurch kann das auf frequenzselektive Störungen empfindliche DMT-Verfahren gegen bekannte Störquellen gesichert werden. Bei Synchronisation der Schaltfrequenz der Störquelle auf eine der Trägerfrequenzen der DMT-Modulation wirkt sich die Störung nur auf diese Trägerfrequenz und deren Vielfache aus, sodaß sie durch einen adaptiven Algorithmus kompensiert werden können.

Bei mehreren nebeneinander geführten Zweidrahtleitungen, auf denen jeweils Daten übertragen werden, ergibt sich üblicherweise ein Übersprechen, welches auf die Übertragung naturgemäß störend wirkt.

Gemäß einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei welchem Daten über zwei oder mehr Zweidrahtleitungen, die zumindest teilweise in

Übersprechabstand geführt sind, übertragen werden, kann vorgesehen sein, daß der Zeitmultiplex-Betrieb (TDM) auf allen Zweidrahtleitungen synchron durchgeführt wird, sodaß auf allen Zweidrahtleitungen gleichzeitig entweder gesendet oder empfangen wird.
Dadurch wird immer zur gleichen Zeit entweder gesendet oder empfangen, sodaß eine störende Beeinflussung der einzelnen Empfänger durch nicht direkt verbundene Sender vermieden werden kann.
Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispieles näher erläutert.
Es zeigt dabei:
Fig.1 ein Blockschaltbild zur Durchführung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens und
Fig.2 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Zeitrahmens.
Eine bidirektionale Datenübertragung von digitalen Daten gemäß dem in Fig.1 dargestellten Blockschaltbild wird durchgeführt, indem beim Senden die aus einer Datenquelle 1,4 kommenden digitalen Daten im Sendeteil 50 zu einem analogen Sendesignal umgewandelt und über einen Leitungsübertrager 13 einer Zweidrahtleitung 100 an einen am Ende dieser Leitung 100 gelegenen Teilnehmer übertragen werden. Demgegenüber wird ein auf der Zweidrahtleitung 100 ankommendes Signal über den Leitungsübertrager 13 als Empfangssignal an den Eingang eines Empfangteils 51 geführt und dort in digitale Daten umgewandelt. Da beim erfindungsgemäßen Verfahren nie gleichzeitig gesendet und empfangen wird, kann an Stelle einer sonst üblichen Gabelschaltung der Leitungsübertrager 13 verwendet werden, wodurch die oft problematische Anpassung der Gabelschaltung an die Leitungsimpedanz von vornherein wegfällt. Ein durch eine Gabelschaltung bedingtes störendes Übersprechen, durch welches Signalreste vom Sender zum Empfänger derselben Teilnehmerseite gelangen, scheidet somit als Störquelle für dieses Verfahren aus.
In dem in Fig.1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Sende- und Empfangsteil 50, 51 sowohl einer zentralen Datenstelle C (CENTRAL) alsauch einer peripheren Datenstelle R (REMOTE) in einem einzigen Blockschaltbild dargestellt, welches so zu verstehen ist, daß die zentrale Datenstelle C über den Übertrager 13, die Zweidrahtleitung 100 und einen weiteren Übertrager 13 mit der Datenstelle R verbunden ist. Jene Funktionseinheiten, die nur zur Datenstelle C bzw. R zugehörig sind, sind mit "ATU-C only" bzw. "ATU-R only" gekennzeichnet.
Ohne Beschränkung der allgemeinen Anwendbarkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens sei als Ausführungsbeispiel einer asymmetrischen Datenübertragung ein Heimvideosystem beschrieben, bei welchem in der zentralen Datenstelle C die Videoinformation verschiedener Videos in einem Großrechner als Daten in komprimierter Form gespeichert und über eine periphere Datenstelle R abrufbar ist. Über einen bidirektionalen Steuerkanal wird die Steuerinformation zwischen den Datenstellen C und R ausgetauscht, wobei eine Datenrate von 64 kbit/s festgelegt ist. Diese Steuerinformation kann sich auf verschiedene vom Teilnehmer auszugebende Befehle, wie etwa PLAY, REWIND o.ä, wie sie von einem

Videorecorder bekannt sind sowie interne Steuerkommandos beziehen und ist in ihrer Menge vergleichsweise gering gegenüber der von der zentralen Datenstelle C ausgesendeten Breitbandinformation, die im wesentlichen die Videoinformation beinhaltet, die mit einer Datenübertragungsrate von 2, 048 Mbit/s nur in einer Richtung von C zu R gesendet wird.
Die genannten Datenraten können jedoch für das erfindungsgemäße Verfahren aber auch gänzlich anders, z.B. viel höher gewählt werden, wobei für die nur in eine Richtung zu übermittelnde Breitbandinformation auch eine Datenrate von etwa 50 Mbit/s bis 150 Mbit/s zur Verfügung gestellt werden kann. Die übertragene Information kann dabei jede Art von Sprach-, Bild- oder Dateninformation darstellen. Ebenso ist eine andere Rate für den bidirektionalen Steuerkanal ausführbar, der aber nicht nur Steuerfunktionen sondern alle möglichen Datenübertragungsfunktionen erfüllen kann.
Am eingangsseitigen Teil des Sendeteils 50 sind für die Datenstelle C zwei verschiedene Dateneingänge und für die Datenstelle R nur ein Dateneingang ausgebildet. An den ersten Eingang, der für C und R gleich ist, gelangt der Datenstrom aus der Datenquelle 1, die z.B. im wesentlichen Steuerbefehle aussendet, die über einen nachfolgenden Verwürfler 2 in einen diesem nachfolgenden Sendepuffer 3 gelangen, wobei die aus der Datenquelle 1 kommenden Daten im Verwürfler 2 nach einem vorbestimmbaren Algorithmus gewandelt werden. Dadurch wird ein länger andauernder, konstanter logischer Zustand verhindert und eine ausgeglichene statistische Verteilung der binären Zustände erreicht. Anschließend daran erfolgt im Sendepuffer 3 eine Zwischenspeicherung der verwürfelten Signale. In der Datenstelle R sind die aus dem Sendepuffer 3 austretenden Daten über eine Vorrichtung MUX mit anderen Daten, die im ARQ-Puffer 24 erzeugt werden und Wiederholanweisungen enthalten, gemultiplext.
Am zweiten Eingang des Sendeteils 50, der nur für die Datenstelle C ausgeführt ist, kommt der Datenstrom aus der Datenquelle 4, die die Breitbandinformation generiert, über einen nachfolgenden Verwürfler 5 und über einen ARQ (Automatic Request)-Puffer 6, der einen CRC-Generator enthält, über den eine Fehlerkorrekturkodierung erfolgt, an den zweiten Eingang des Sendeteiles 50. Die im Verwürfler 5 umgewandelten Daten werden im ARQ-Puffer 6 zwischengespeichert und bei fehlerhafter Übertragung wiederholt. Eine besondere, erfindungsgemäße ARQ-Übertragungstechnik wird weiter unten noch beschrieben.
Die über die Eingänge des Sendeteils 50 seriell eintreffenden Daten werden im Kodierer 7 zum Herabsetzen der Datenrate in vorbestimmbarer Länge zusammengefaßt und anhand einer Kodiertabelle einem entsprechenden Symbol zur weiteren Verarbeitung zugeordnet. Weiters wird dieses kodierte Signal in dem nachfolgenden DMT (Discrete Multi Tone)-Modulator 8 nach diesem bekannten Verfahren moduliert und über ein Hochpaß-Filter 9 geleitet, welches zur Vermeidung von Störeinflüssen im wesentlichen das Sprachfrequenzband unterdrückt. Das digitale Ausgangssignal dieses Hochpaß-Filters 9 wird über einen Digital-Analog-Wandler 10 in ein analoges Signal gewandelt, welches über ein Bandpaß-Filter 11 und anschließend über einen Verstärker 12 zum Wandler 13 gelangt. Das Bandpaß-Filter 11 erfüllt einerseits nochmals die Funktion des Hochpasses 11 und

andererseits schneidet es die durch den Analog-Digital-Wandler 10 hervorgerufenen hochfrequenten Spannungsspitzen ab. Die Frequenz der Analog-Digital-Wandlung ist zur Erfüllung des Abtasttheorems so gewählt, daß für die höchsten vorkommenden Frequenzen mindestens zweimal eine Abtastung durch den Analog-Digital-Wandler 10 erfolgt.

Der Sendeteil 50 und der Empfangsteil 51 sind durch eine TDM (Time Division Multiplex)-Einheit 30 gesteuert, sodaß erfindungsgemäß die zu sendenden und die zu empfangenden Daten durch Zeitmultiplexbetrieb getrennt werden, wobei der zugehörige Multiplex-Zeitrahmen in eine vorbestimmbare Anzahl N von Zeitschlitzen unterteilt wird, und davon eine Anzahl K von Zeitschlitzen des Zeitrahmens auschließlich einer Übertragungsrichtung, z.B. Senden, und die restliche Anzahl N-K von Zeitschlitzen ausschließlich der anderen Übertragungsrichutng, z.B. Empfangen, zugeordnet wird. Dazu steuert die TDM-Einheit den Sendeteil 50 und den Empfangsteil 51, indem sie zur gegebenen Zeit diese aktiviert. Der Sendeteil 50 und der Empfangsteil 51 sind dabei nie gleichzeitig in Betrieb, wodurch die für die Steuerung benötigte Prozessorleistung entsprechend niedrig ausgelegt werden kann. Da dadurch auch eine Beeinflussung des eigenen Senders auf den Empfänger ausgeschlosssen ist, ist für den Analog-Digital-Wandler 16 des Empfängerteils nur eine geringe Auflösung erforderlich. Dieser Vorteil wirkt sich infolge der direkten Proportionalität von Auflösung und Preis bei Analog-Digital-Wandlern sehr kostengünstig aus.

Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil eines relativ geringen Bandbreitenbedarfes und einer sehr geringen Komplexheit, die sich bei der Hardware bzw. bei der benötigten Rechnerleistung zeigt. Bei herkömmlichen Verfahren zur Trennung von Senden und Empfangen geht ein beträchtlicher Teil der Rechnerleistung für interne Kommunikation verloren, während beim erfindungsgemäßen Verfahrern diese Rechner-Hilfskapazität sehr gering gehalten werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren hat dort seine Grenze, wo sich der Anteil des Sendens und Empfangens der 50%-Prozentgrenze nähert, da dann andere Verfahren etwa wie Echo-Cancelling o.ä. mit gleichgroßem oder kleinerem Aufwand durchgeführt werden können.

In Fig.2 ist der in Zeitschlitze unterteilte Zeitrahmen, wie er im erfindungsgemäßen Verfahren zur Anwendung gelangt, dargestellt. Die beiden Übertragungsrichtungen sind durch die Ausdrücke "upstream" und "downstream" gekennzeichnet. Der ganze Zeitrahmen ist in diesem Beispiel 20,625 ms lang und in verschiedene Schlitze zu 625 µs aufgeteilt, wobei die Mehrzahl der Daten in downstream-Richtung übertragen wird. Diese Aufteilung ist besonders dann von Vorteil, wenn in einer Übertragungsrichtung ein bidirektionaler Kanal mit geringer und ein unidirektionaler Kanal mit hoher Datenrate benötigt wird. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel werden über den bidirektionalen Kanal durch die mit CONTROL bezeichneten Zeitschlitze in downstream- und upstream-Richtung Steuerbefehle und über den unidirektionalen Kanal durch die mit VIDEO bezeichneten 30 downstream-Zeitschlitze mit im Zeitmittel einem Hilfsschlitz Videoinformation übertragen. Diese Art der Übertragung kann für beliebige Informationen erfolgen.

Die Verteilung der Sende- bzw. Empfangskapazitäten ist den jeweiligen Verhältnissen durch Wahl der Anzahl der upstream bzw. downstream-Zeitschlitze anpaßbar. Bei sich ändernden Auslastungen kann dieses Verhältnis automatisch entsprechend dem aktuellen Bedarf abgestimmt werden. Die festgelegten Sende- und Empfangszeiten haben gegenüber einer Frequenzmultiplex-Übertragung den Vorteil, daß nicht gleichzeitig empfangene und zu sendende Daten verarbeitet werden müssen, wodurch die Rechnerleistung bzw. der Hardware-Aufwand entsprechend niedrig ausgelegt werden kann. In jedem DMT-Schlitz wird eine codierte und DMT-modulierte Dateneinheit übertragen.

Für ARQ-Übertragungswiederholungen wird gemäß einer erfindungsgemäßen Ausführungsform im Multiplex-Zeitrahmen der Datenübertragung im Zeitmittel eine vorbestimmbare Anzahl von Zeitschlitzen für ARQ-Übertragungswiederholungen vorgesehen sind. Dazu werden beim Senden der Daten diese ständig in den ARQ-Sendepuffer 6 eingeschrieben und von diesem wieder an den Kodierer 7 weitergegeben. Dabei werden die vom Puffer 6 abgehenden Daten schneller übertragen als dieser gefüllt wird. In der dabei entstehenden Lücke wird erneut jeweils der letzte Datenblock eingetragen, dieser wird jedoch empfängerseitig als wiederholter Block erkannt und automatisch beseitigt. Somit wird im fehlerfreien Übertragungsfall ständig mit Überkapazität gesendet, ohne daß der übertragene Informationsgehalt größer ist.

Sobald ein Übertragungsfehler auftritt, erkennt der Empfänger in der peripheren Datenstelle R den Fehler mittels seiner CRC- Fehlererkennung in der ARQ-Einheit 24 und gibt darauf den Befehl über den Multiplexer des Sendepuffers 3 zur Datenwiederholung weiter, der dann als Steuerinformation über den bidirektionalen Kanal gesendet wird. In der zentralen Datenstelle C wird diese Information nach Durchlaufen des Empfängerteils 51 im Empfängerpuffer 27 gedemultiplext und ein Steuerbefehl an den ARQ-Puffer 6 gegeben, die fehlerhafte Übertragung zu wiederholen.

Dafür steht in diesem Ausführungsbeispiel im Zeitmittel nur ein Hilfsschlitz zur Verfügung, was einer Überkapazität von 3,33% entspricht. Dauer und Anzahl der Hilfsschlitze sind in diesem Zusammenhang keiner Einschränkung unterworfen und können innerhalb des technisch Realisierbaren beliebig den jeweiligen Verhältnissen angepaßt werden.

Nach einer Fehlübertragung wird nun im darauffolgenden Zeitrahmen, die Wiederholungsübertragung durchgeführt, die sich über mehrere nacheinanderfolgende Zeitschlitze erstrecken kann. Gemittelt über die Zeit sollte in diesem Beispiel nur ein Zeitschlitz pro Rahmen für die Wiederholungen benutzt werden.

Die Zeitspanne, über die dabei das Zeitmittel berechnet wird, ist durch die Größe des ARQ-Pufferspeichers festgelegt. Sobald dieser mit Information vollgeschrieben ist, können keine weiteren Wiederholungen durchgeführt werden und der fehlerhafte Datenblock muß als transparent ausgegeben werden.

Gegenüber einem herkömmlichen ARQ-Verfahren ist die für die Datenwiederholungen festgelegte Zeitspanne im Zeitmittel fixiert. Dadurch kann es nicht passieren, daß aufgrund einer länger andauernden Störung die Übertragung solange wiederholt wird bis sie fehlerfrei

ist und damit die Übertragungszeit sich stark erhöht. Durch das bekannte ARQ-Verfahren wird die Datenübertragung auch bei beliebigen Störungen solange wiederholt, bis sie fehlerfrei empfangen wird, wodurch der Datendurchsatz aber sehr stark sinkt. Hingegen wird durch die feste Überkapazität, die zwischen 2 und 10%, vorzugsweise aber zwischen 3 und 5% liegt, im erfindungsgemäßen Verfahren die Übertragung nur so oft wiederholt, wie es im Rahmen der Überkapazität möglich ist, um den nominellen Datendurchsatz aufrecht zu erhalten. Kann bei mehreren aufeinanderfolgenden falschen Datenblöcken einer nicht mehr wiederholt und richtig empfangen werden, wird er transparent ausgegeben.

Bei einem durch die diskrete Mehrtonmodulation (DMT) modulierten Signal ist das Verhältnis von Spitzenwert zu Mittelwert sehr groß, sodaß ein Abkappen ("Clipping") der Signalspitze eine häufige Fehlerquelle darstellt. Um diesen Fehler auf einfache Weise zu korrigieren, kann nach einer fehlerhaften Datenübertragung die digitale Bitfolge beim Wiederholvorgang im Sender z.B. durch einen Rechenalgorithmus, modifiziert werden und dann erneut übertragen werden. Im Empfänger wird der verwendete Rechenalgorithmus entsprechend in Umkehrung angewendet und die Daten wiedergewonnen. Dadurch kann dieser Übertragungsfehler sehr effektiv ausgeschaltet werden. Im besonderen ist es schaltungs- oder rechentechnisch auf einfache Weise durchführbar, die fehlerhaften Daten in invertierter Form zu übertragen

Eine weitere Störquelle beim DMT-Verfahren ergibt sich aus der Schaltfrequenz der eingesetzten Spannungsversorgung, z.B. des Netzteils, da diese Schaltfrequenz im Übertragungsbereich liegt und somit als frequenzselektive Störung ihre Auswirkung zeigt. Hinzu kommt die Abhängigkeit dieser Störungen von anderen Einflußgrößen, etwa die gerade am Netzteil vorliegende Last. Diese Art von Störungen können verringert werden, indem die Schaltfrequenz des Netzteils auf eine der Trägerfrequenzen der DMT-Modulation synchronisiert wird. Damit wirkt sich diese Störung nur auf diese Trägerfrequenz und ihre Vielfache aus, sodaß sie sehr leicht durch einen adaptiven Algorithmus kompensiert werden können.

In Fig.1 ist weiters der dem Sendeteil 50 entsprechende Empfangsteil 51 dargestellt. Die über die Zweidrahtleitung 100 und den Übertrager 13 von der anderen Teilnehmerseite einlangenden Signale werden über einen Bandpaß 14 und über eine AGC (Automatic Gain Control)-Einheit, die unabhängig von den momentanen Signalverhältnissen auf der Leitung ein annähernd amplitudenkonstantes Signal erzeugt, an den Eingang eines zum Empfangsteil 51 gehörigen Analog-Digital-Wandlers 16 geführt, dessen Ausgang mit einem Hochpaß-Filter 17 verbunden ist. Das am Eingang des Hochpasses 17 anliegende Signal wird über einen AGC-Regelkreis 18 als Stellgröße zur AGC-Einheit 15 rückgeführt.

Nach dem Hochpaß 17 erfolgt die Demodulation des Signals, aus welchem nur in der peripheren Datenstelle R der mitübertragene Pilotton einer Pilot-AGC-Einheit 20 zugeführt wird, woraus in der Taktgewinnungseinheit 21 ein Referenzsignal für die Takterzeugungseinheit 31 der peripheren Datenstelle R gewonnen wird. Diese Takterzeugungseinheit 31 generiert für die TDM-Einheit 30 und für den Systemtakt die

Zeitbasis. Die Datenstelle C benötigt keine Taktgewinnungseinheit, da hier eine unabhängige Zeitbasis vorgesehen ist.

Die durch die Übertragungsstrecke bewirkten linearen Verzerrungen werden in einem an den DMT-Demodulator 19 anschließenden Entzerrer 22 mit update-Funktion beseitigt. Daran anschließend findet in einem Dekodierer 23 das Umschlüsseln entsprechend einer Dekodiertabelle statt, woraufhin am Ausgang des Dekodieres 23 wieder ein serieller Bitstrom vorliegt, der über zwei Ausgänge geführt wird. Der für Datenstelle C und R gleich ausgeführte erste Ausgang besteht aus einem Empfangs-Puffer 27 für Steuerinformation, einem nachfolgenden Entwürfler 28, in welchem die Daten in ihrer richtigen Reihenfolge wiederhergestellt werden und der Datensenke 29, die die gesendeten Steuerdaten empfängt. Der zweite Ausgang des Empfangsteils 51, welcher nur für die Datenstelle R vorgesehen ist, ist mit einem ARQ-Puffer 24 verbunden, der die übertragene Breitbandinformation aus der Datenstelle C zwischenspeichert, verifiziert und bei Bedarf über eine im ARQ-Puffer 24 integrierte Steuereinheit den Befehl zum nochmaligen Senden der fehlerhaft übertragenen Daten an den Multiplex-Eingang des Sendepuffers 3 gibt, der zur Datenstelle C rückübertragen wird. Am Ausgang des ARQ-Puffers 24 ist ein Entwürfler 25 und daran anschließend eine Datensenke 26 zur Übernahme der Breitbandinformation angeschlossen.

Werden Daten über zwei oder mehr Zweidrahtleitungen, die zumindest teilweise in Übersprechabstand geführt sind, übertragen, kann es geschehen, daß durch die gegenseitige induktive Beeinflussung der Zweidrahtleitungen es zum Übersprechen kommt. Besonders in einer zentralen Datenanlage, in der viele abgehende Zweidrahtleitungen nebeneinander geführt werden, kann es zu dieser unerwünschten Störung kommen.

Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird diese Art der Störung vermieden, indem der Zeitmultiplex-Betrieb auf allen Zweidrahtleitungen synchron durchgeführt wird. Dies bedeutet, daß gleichzeitig über alle Zweidrahtleitungen entweder gesendet oder empfangen wird, sodaß keine Beeinflussung mehr möglich ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur bidirektionalen Datenübertragung über eine Zweidrahtleitung, wobei digitale Daten zum Senden oder Empfangen, z.B. mittels diskreter Mehrtonmodulation (DMT), moduliert bzw. demoduliert und die zu sendenden und zu empfangenden Daten, z.B. durch Frequenzmultiplexbetrieb (FDM) oder Echoauslöschung (EC), getrennt werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zu sendenden und zu empfangenden Daten durch Zeitmultiplexbetrieb (TDM) getrennt werden, wobei der zugehörige Multiplex-Zeitrahmen in eine vorbestimmbare Anzahl N von Zeitschlitzen unterteilt wird, und davon eine Anzahl K von Zeitschlitzen ausschließlich einer Übertragungsrichtung, z.B. Senden, und die restliche Anzahl (N-K) von Zeitschlitzen ausschließlich der anderen Übertragungsrichtung, z.B. Empfangen, zugeordnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß N gleich 30 und K gleich 1 ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Multiplex-Zeitrahmen der Datenübertragung im Zeitmittel eine vorbestimmbare Anzahl von Zeitschlitzen für ARQ (Automatic Repeat Request)-Übertragungswiederholungen vorgesehen sind.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei fehlerhafter Übertragung die Daten, z.B. mittels eines Rechenalgorithmus, modifiziert wiederholt übertragen werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Daten durch logische Inversion modifiziert werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schaltfrequenz einer Störquelle, z.B. ein Netzteil, mit einer der Trägerfrequenzen der diskreten Mehrtonmodulation synchronisiert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, wobei Daten über zwei oder mehr Zweidrahtleitungen, die zumindest teilweise in Übersprechabstand geführt sind, übertragen werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Zeitmultiplex-Betrieb (TDM) auf allen Zweidrahtleitungen synchron durchgeführt wird, sodaß auf allen Zweidrahtleitungen gleichzeitig entweder gesendet oder empfangen wird.



Method for bidirectional data transmission via a two-wire line

The invention relates to a method for bidirectional data transmission via a two-wire line, digital data being modulated or demodulated for transmission or reception, for example by means of discrete multitone modulation (DMT), and the data to be transmitted and the data to be received being separated, for example by frequency division multiplex operation (FDM) or echo cancelling (EC).

In order to eliminate interfering influences of data to be communicated, known methods of this type carry out separation of the e.g. DMT-modulated data in frequency division multiplex operation (FDM), different frequency ranges being defined for the two transmission directions. Another possible separation option consists in the application of the echo cancelling method (EC), in which, by using adaptive filters, the influence of the transmission section on the receiver is suppressed by adaptive filters. Other separation methods have not been used to date in this connection in the prior art.

During transmission, the FDM method generates a lower and an upper frequency band corresponding to the two transmission directions. However, since the cable attenuation is dependent on frequency, major difficulties arise in obtaining the same transmission quality for both transmission channels; in the majority of cases, the transmission quality is better in one direction than in the other. In general, however, it is desirable to be able to offer quality that is as far as possible identical for both channels. Furthermore, in FDM the variation of the transmission capacity is associated with considerable effort, since it requires matching of the bandpass filters used in each case, so that the channel bandwidth can be correspondingly increased or reduced.

This Sheet Has Been Replaced



THIS SHEET HAS BEEN REPLACED

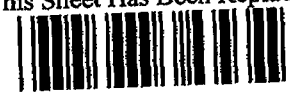
The echo cancelling method that is disclosed, furthermore, in the prior art also has disadvantages, although of a different nature. Thus, near-end crosstalk is a major technical problem in this method, since the signal distance between transmitted and received signal is very large. It is therefore necessary to satisfy very high requirements made of the A/D converters provided in the transmission and reception sections, since transmitted and received signals occur simultaneously and they must be appropriately well separated. The high level differences of the transmitted and received signals require a correspondingly high resolution of the A/D converters, which, in turn, results in higher product costs.

The implementation of these known separation methods FDM and echo cancelling also requires a relatively high computer power, which greatly increase [sic] the costs for the data transmission. Particularly when being employed in cases where, such as in the case of ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), for instance, high data rates are to be communicated in one transmission direction ("downstream") from a central data station to a subscriber located as part of the peripheral equipment and comparatively low data rates are to be communicated in the other transmission direction ("upstream"), the complexity created in these known data transmission methods is subject to poor utilization.

The aim of the invention is to specify a method which is distinguished by a low degree of complexity with regard to hardware use or computer power, so that it can be implemented in a simple and cost-effective manner.

Furthermore, the aim of the invention is to provide a method which enables transmissions which proceed to a great extent only in one of the two transmission directions to be carried out at a high transmission rate.

This Sheet Has Been Replaced



THIS SHEET HAS BEEN REPLACED

This Sheet Has Been Replaced

A further object of the invention is to achieve a very good transmission quality with relatively little technical outlay, the intention being that a change in the transmission capacity will be possible in a simple and cost-effective manner.

According to the invention, this is achieved by virtue of the fact that the data to be transmitted and the data to be received are separated by time division multiplex operation (TDM), the associated multiplex time frame being subdivided into a predeterminable number N of time slots, and of these a number K of time slots being assigned exclusively to one transmission direction, for example transmit, and the remaining number (N-K) of time slots being assigned exclusively to the other transmission direction, for example receive.

Since either only transmitter functions or only receiver functions are active in the method according to the invention, less processor power than in conventional methods is required, since the latter have to manage a very high internal data traffic. As a result, it is possible for a transmission which is carried out by the method according to the invention to be implemented in a very cost-effective manner.

Furthermore, the method according to the invention affords the advantage of an identical transmission quality in both transmission directions, since transmission and reception take place with the same line attenuation in TDM. As a result, both transmission directions can be implemented with the least possible quality reduction in the same frequency range. A further advantage of the method according to the invention is the very simple changing of the transmission capacity, which is enabled by corresponding selection of the number of time slots for the respective transmission direction.

In the event of asymmetric data transmission, it may be particularly advantageous if the vast majority of the data is transmitted in one transmission

THIS SHEET HAS BEEN REPLACED

This Sheet Has Been Replaced

direction and only a small remainder is transmitted in the other transmission direction. This is provided when the number N of time slots is selected to be very much greater than the number K. This condition is preferably fulfilled when N is equal to 30 and K is equal to 1.

Since the method according to the invention can be employed for data transmission via telephone lines, pulse-like interference may occur on the line as a result of the number dialling, for example, the interference effecting a transmission error which absolutely must be corrected. However, the data transmission does not have to be carried out via telephone lines; within the scope of the invention, the data transmission can take place via any two-wire line suitable for this purpose. Equally, extremely varied electromagnetic interference, even such that is external to the system, may influence the data transmission.

The known ARQ (Automatic Repeat Request) method is usually employed for the purpose of error correction in such a way that the data transmission remains free from errors even in the event of arbitrary interference on the line, in which case, however, the data throughput may decrease considerably since an erroneously transmitted data packet is repeated until it is received without any errors.

In a further design of the invention, therefore, it may be provided that a predeterminable number of time slots for ARQ (Automatic Repeat Request) transmission repeats are provided on average over time in the multiplex time frame of the data transmission.

Consequently, transmission overcapacity is constantly available in this embodiment. If a data block is received with errors, the receiver requests a repeat only as often as is possible within the scope of the overcapacity which is available on average over time, thereby enabling the nominal data throughput to be kept constant in a manner such that it is unaffected by the transmission repeats. A signal containing relatively high redundancy is communicated in the event of error-

THIS SHEET HAS BEEN REPLACED PARTIALLY

free transmission. The duration of the time interval over which the time averaging takes place is essentially limited by the storage capacity of the ARQ buffer used.

According to another variant of the invention, it may be provided that in the event of erroneous transmission, the data are retransmitted after having been modified, for example by means of a computing algorithm.

This makes it possible to correct the error which occurs during transmission and is caused by the clipping of part of the amplitude in the event of transmission overmodulation.

In a particularly preferred manner, it may be provided in this case that the data are modified by logic inversion.

This inversion operation represents an algorithm which can be calculated very simply and can be realized without a high degree of complexity.

Furthermore, it may be provided that the switching frequency of an interference source, for example a power supply unit, is synchronized with one of the carrier frequencies of the discrete multitone modulation.

As a result, the DMT method, which is sensitive to frequency-selective interference, can be protected against known interference sources. When the switching frequency of the interference source is synchronized with one of the carrier frequencies of the DMT modulation, the interference acts only on this carrier frequency and multiples thereof, with the result that they can be compensated for by an adaptive algorithm.

Crosstalk, which, by its nature, has an interfering effect on the transmission, is usually produced when a plurality of two-wire lines, on each of which data are transmitted, are routed next to one another.

According to another embodiment of the method according to the invention, in which data are transmitted via two or more two-wire lines which are routed

at least partially at crosstalk distance, it may be provided that the time division multiplex operation (TDM) is carried out synchronously on all of the two-wire lines, with the result that either transmission or reception is performed simultaneously on all of the two-wire lines.

As a result, either transmission or reception is always performed at the same time, thereby making it possible to prevent the individual receivers from being influenced in an interfering manner by transmitters that are not directly connected.

The invention is explained in more detail below using an exemplary embodiment which is illustrated in the drawings.

In the figures:

Figure 1 shows a block diagram for the implementation of one embodiment of the method according to the invention, and

Figure 2 shows a diagrammatic illustration of a time frame according to the invention.

Bidirectional data transmission of digital data in accordance with the block diagram illustrated in Figure 1 is carried out in that, in the event of transmission, the digital data coming from a data source 1, 4 are converted into an analog transmission signal in the transmission section 50 and are transmitted via a line transformer 13 of a two-wire line 100 to a subscriber located at the end of this line 100. By contrast, a signal arriving on the two-wire line 100 is passed as received signal via the line transformer 13 to the input of a reception section 51, where it is converted into digital data. Since transmission and reception are never performed simultaneously in the method according to the invention, the line transformer 13 can be used instead of a hybrid that is otherwise customary, as a result of which the often problematic matching of the hybrid to the line impedance is obviated from the outset. Interfering crosstalk which is caused by a hybrid and as a result of which signal

residues pass from the transmitter to the receiver of the same subscriber end is consequently precluded as an interference source for this method.

In the exemplary embodiment shown in Figure 1, the transmission and reception sections 50, 51 both of a central data station C (CENTRAL) and of a peripheral data station R (REMOTE) are illustrated in a single block diagram, which should be understood such that the central data station C is connected to the data station R via the transformer 13, the two-wire line 100 and a further transformer 13. Those functional units which are associated only with the data station C or R are identified by "ATU-C only" or "ATU-R only".

Without restricting the general applicability of the method according to the invention, a home video system will be described as an exemplary embodiment of asymmetric data transmission, in which system the video information of different videos are stored as data in compressed form in a mainframe in the central data station C and can be called up via a peripheral data station R. The control information is exchanged between the data stations C and R via a bidirectional control channel, a data rate of 64 kbit/s being stipulated. This control information may refer to various commands to be issued by the subscriber, such as, for instance, PLAY, REWIND or the like, as are known by a video recorder, as well as internal control commands, and is comparatively modest in terms of its quantity compared with the broadband information which is sent from the central data station C and essentially comprises the video information which is transmitted at a data transmission rate of 2.048 Mbit/s only in one direction from C to R.

However, the data rates cited may alternatively be selected such that they are completely different, for example a great deal higher, for the method according to the invention, in which case even a data rate of about 50 Mbit/s to 150 Mbit/s can be made available for the broadband information to be communicated only in

one direction. The transmitted information can constitute every type of voice, image or data information. Equally, a different rate can be implemented for the bidirectional control channel, which, however, can fulfil not only control functions but all of the possible data transmission functions.

At the input part of the transmission section 50, two different data inputs are constructed for the data station C and only one data input for the data station R. The data stream from the data source 1 passes to the first input, which is identical for C and R, the data source transmitting e.g. essentially control commands which pass via a downstream scrambler 2 into a transmission buffer 3 downstream of the latter, the data coming from the data source 1 being converted according to a predeterminable algorithm in the scrambler 2. This prevents a relatively lengthy, constant logic state and achieves balanced, random distribution of the binary states. Afterwards, the scrambled signals are buffer-stored in the transmission buffer 3. In the data station R, the data issuing from the transmission buffer 3 are multiplexed by means of a device MUX with other data, which are generated in the ARQ buffer 24 and contain repeat instructions.

The data stream from the data source 4, which generates the broadband information, reaches the second input of the transmission section 50, which is designed only for the data station C, the data stream reaching the second input of the transmission section 50 via a downstream scrambler 5 and via an ARQ (Automatic Request) buffer 6, which contains a CRC generator by means of which error correction coding is carried out. The data converted in the scrambler 5 are buffer-stored in the ARQ buffer 6 and repeated in the event of erroneous transmission. A special ARQ transmission technique according to the invention will be described below.

The data arriving serially via the inputs of the transmission section 50 are combined in a predeter-

minable length in the encoder 7 in order to reduce the data rate and, using an encoding table, are assigned to a corresponding symbol for the purpose of further processing. Furthermore, this encoded signal is modulated in the downstream DMT (Discrete Multi Tone) modulator 8 according to this known method and is passed via a high-pass filter 9, which essentially suppresses the voice frequency band in order to avoid interfering influences. The digital output signal of this high-pass filter 9 is converted into an analog signal by means of a digital-to-analog converter 10, which analog signal passes via a bandpass filter 11 and then via an amplifier 12 to the transformer 13. On the one hand, the bandpass filter 11 again performs the function of the high-pass filter 11 [sic] and, on the other hand, it clips the high-frequency voltage spikes caused by the analog-to-digital [sic] converter 10. The frequency of the analog-to-digital [sic] conversion is selected to satisfy the sampling theorem such that sampling by the analog-to-digital [sic] converter 10 is effected at least twice for the highest frequencies that occur.

The transmission section 50 and the reception section 51 are controlled by a TDM (Time Division Multiplex) unit 30, with the result that, according to the invention, the data to be transmitted and the data to be received are separated by time division multiplex operation, the associated multiplex time frame being subdivided into a predeterminable number N of time slots, and of these a number K of time slots of the time frame being assigned exclusively to one transmission direction, for example transmit, whereas the remaining number N-K of time slots being assigned exclusively to the other transmission direction, for example receive. For this purpose, the TDM unit controls the transmission section 50 and the reception section 51 by activating them at the given time. In this case, the transmission section 50 and the reception section 51 are never in operation at the same time, as a result of which the processor power required

for the control can be designed to be correspondingly low. Since influencing of the receiver by its own transmitter is also precluded as a result, only a low resolution is necessary for the analog-to-digital converter 16 of the receiver section. This advantage is highly cost-effective on account of the direct proportionality of resolution and price in the case of analog-to-digital converters.

The method according to the invention has the advantage of a relatively low bandwidth requirement and a very low degree of complexity, which is reflected in the hardware and in the requisite computer power. In conventional methods for separating transmission and reception, a considerable part of the computer power is lost on internal communication, whereas in the method according to the invention, this auxiliary computer capacity can be kept very low.

The limit of the method according to the invention is where the proportion of transmission and reception approaches the 50% limit, since other methods such as echo cancelling or the like can then be implemented with the same or less complexity.

Figure 2 illustrates the time frame subdivided into time slots which is of the kind used in the method according to the invention. The two transmission directions are identified by the expressions "upstream" and "downstream". In this example, the total time frame is 20.625 ms long and is subdivided into various slots of 625 µs, the majority of the data being transmitted in the downstream direction. This division is particularly advantageous when a bidirectional channel having a low data rate and a unidirectional channel having a high data rate are required in one transmission direction. In the exemplary embodiment illustrated, control commands are transmitted via the bidirectional channel by the time slots designated by CONTROL in the downstream and upstream directions and video information is transmitted via the unidirectional channel by the 30 downstream time slots designated by VIDEO together with

one auxiliary slot on average over time. This type of transmission can be effected for any desired information items.

The distribution of the transmission and/or reception capacities can be adapted to the respective conditions by selection of the number of upstream and/or downstream time slots. In the event of changes in the capacity utilization, this ratio can be matched automatically in accordance with the current requirement. The defined transmission and reception times have the advantage over frequency division multiplex transmission that data to be received and data to be transmitted do not have to be processed simultaneously, as a result of which the computer power or the hardware outlay can be designed to be correspondingly low. One encoded and DMT-modulated data unit is transmitted in each DMT slot.

For ARQ transmission repeats, a predeterminable number of time slots for ARQ transmission repeats are provided on average over time in the multiplex time frame of the data transmission according to one embodiment according to the invention. For this purpose, when the data are transmitted, they are continually written to the ARQ transmission buffer 6 and forwarded again from the latter to the encoder 7. In this case, the data leaving the buffer 6 are transmitted more rapidly than said buffer is filled. The last data block is in each case entered anew into the resulting gap, said data block, however, being identified as a repeated block at the receiver end and being automatically eliminated. Consequently, in the event of error-free transmission, transmission is constantly performed with overcapacity, without the transmitted information content being greater.

As soon as a transmission error occurs, the receiver in the peripheral data station R detects the error by means of its CRC error detection in the ARQ unit 24 and then forwards the command for data repetition via the multiplexer of the transmission buffer 3,

which command is then transmitted as control information via the bidirectional channel. In the central data station C, this information is demultiplexed in the receiver buffer 27 after passing through the receiver section 51, and a control command to repeat the erroneous transmission is passed to the ARQ buffer 6.

In this exemplary embodiment, only one auxiliary slot is available, on average over time, for this purpose, which corresponds to an overcapacity of 3.33%. The duration and number of the auxiliary slots are not subject to any restriction in this connection and can be adapted to the respective conditions as desired within the bands of what is technically feasible.

After an erroneous transmission, the repeat transmission is then carried out in the subsequent time frame, which repeat transmission may extend over a plurality of successive time slots. Averaged over time, only one time slot per frame should be used for the repeats in this example.

The time interval over which the time average is calculated is defined by the size of the ARQ buffer store. As soon as the latter is filled to capacity with information, no further repeats can be carried out and the erroneous data block must be output as transparent.

In contrast to a conventional ARQ method, the time interval which is defined for the data repeats is fixed on average over time. As a result, it is not possible for the situation to arise where, on account of a relatively lengthy interference, the transmission is repeated until it is free from errors and, as a result, the transmission time is greatly increased. The known ARQ method causes the data transmission to be repeated even in the event of arbitrary interference until it is received without any errors, as a result of which, however, the data throughput decreases to a very great extent. In contrast, the fixed overcapacity lying between 2 and 10%, but preferably between 3 and 5%, in the method according to the invention causes the trans-

mission to be repeated only as often as is possible within the scope of the overcapacity, in order to maintain the nominal data throughput. If one of a plurality of successive incorrect data blocks can no longer be repeated and received correctly, it is output as transparent.

In the case of a signal which is modulated by discrete multitone modulation (DMT), the ratio of peak value to average value is very large, with the result that clipping of the signal peak represents a frequent error source. In order to correct this error in a simple manner, after erroneous data transmission, the digital bit train can be modified during the repeat operation in the transmitter, for example by a computing algorithm, and then retransmitted. In the receiver, the computing algorithm used is correspondingly applied inversely and the data are recovered. As a result, this transmission error can be eliminated very effectively. In particular, transmission of the erroneous data in inverted form can be implemented in a simple manner in terms of circuitry or computation.

A further interference source in the DMT method results from the switching frequency of the voltage supply used, for example of the power supply unit, since this switching frequency lies in the transmission range and, consequently, manifests its effect as frequency-selective interference. Added to this is the dependence of this interference on other influencing variables, for instance the load currently present on the power supply unit. This type of interference can be reduced by synchronizing the switching frequency of the power supply unit with one of the carrier frequencies of the DMT modulation. As a result, this interference acts only on this carrier frequency and its multiples, with the result that they can be compensated for very easily by an adaptive algorithm.

Figure 1 furthermore illustrates the reception section 51 corresponding to the transmission section 50. The signals arriving from the other subscriber end

via the two-wire line 100 and the transformer 13 are passed via a bandpass filter 14 and via an AGC (Automatic Gain Control) unit, which generates a signal of approximately constant amplitude irrespective of the instantaneous signal conditions on the line, to the input of an analog-to-digital converter 16 which is associated with the reception section 51 and whose output is connected to a high-pass filter 17. The signal present at the input of the high-pass filter 17 is fed back as manipulated variable to the AGC unit 15 via an AGC control circuit 18.

The high-pass filter 17 is followed by demodulation of the signal, from which, only in the peripheral data station R, the concomitantly transmitted pilot tone is fed to a pilot AGC unit 20, from which a reference signal for the clock generation unit 31 of the peripheral data station R is obtained in the clock recovery unit 31. This clock generation unit 31 generates the time base for the TDM unit 30 and for the system clock. The data station C does not require a clock recovery unit since an independent time base is provided there.

The linear distortion effected by the transmission path is eliminated in an equalizer 22 which follows the DMT demodulator 19 and has an update function. Afterwards, decoding in accordance with a decoding table takes place in a decoder 23, whereupon a serial bit stream is again present at the output of the decoder 23, which bit stream is passed via two outputs. The first output, which is constructed identically for data station C and R, comprises a reception buffer 27 for control information, a downstream descrambler 28, in which the data are re-established in their correct order, and the data sink 29, which receives the transmitted control data. The second output of the reception section 51, which is provided only for the data station R, is connected to an ARQ buffer 24, which buffer-stores and verifies the transmitted broadband information from the data station C and, if required, passes

the command for renewed transmission of the erroneously transmitted data via a control unit integrated in the ARQ buffer 24 to the multiplex input of the transmission buffer 3, which command is transmitted back to the data station C. Connected to the output of the ARQ buffer 24 is a descrambler 25 and, following the latter, a data sink 26 for accepting the broadband information.

If data are transmitted via two or more two-wire lines which are routed at least partially at crosstalk distance, it can happen that crosstalk occurs as a result of the mutual inductive influence of the two-wire lines. This undesirable interference may occur particularly in a central data station in which a large number of outgoing two-wire lines are routed next to one another.

In one embodiment of the method according to the invention, this type of interference is avoided by carrying out the time division multiplex operation synchronously on all of the two-wire lines. This means that either transmission or reception is performed simultaneously via all of the two-wire lines, with the result that influencing is not possible.

This Sheet Has Been Replaced

Patent Claims

1. A method for bidirectional data transmission via a two-wire line, digital data being modulated or demodulated for transmission or reception, for example by means of discrete multitone modulation (DMT), and the data to be transmitted and the data to be received being separated, for example by frequency division multiplex operation (FDM) or echo cancelling (EC), **wherein** the data to be transmitted and the data to be received are separated by time division multiplex operation (TDM), the associated multiplex time frame being subdivided into a predeterminable number N of time slots, and of these a number K of time slots being assigned exclusively to one transmission direction, for example transmit, and the remaining number (N-K) of time slots being assigned exclusively to the other transmission direction, for example receive.

2. The method as claimed in claim 1, **wherein** N is equal to 30 and K is equal to 1.

3. The method as claimed in claim 1 or 2, **wherein** a predeterminable number of time slots for ARQ (Automatic Repeat Request) transmission repeats are provided on average over time in the multiplex time frame of the data transmission.

4. The method as claimed in claim 1, 2 or 3, **wherein** in the event of erroneous transmission, the data are retransmitted after having been modified, for example by means of a computing algorithm.

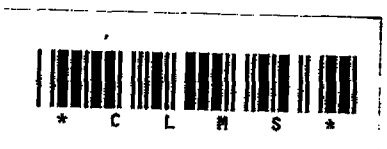
5. The method as claimed in claim 4, **wherein** the data are modified by logic inversion.

6. The method as claimed in claims 1 to 5, **wherein** the switching frequency of an interference source, for example a power supply unit, is synchronized with one of the carrier frequencies of the discrete multitone modulation.

* C L M S *

THIS SHEET HAS BEEN REPLACED

7. The method as claimed in claims 1 to 6, data being transmitted via two or more two-wire lines which are routed at least partially at crosstalk distance, **wherein** the time division multiplex operation (TDM) is carried out synchronously on all of the two-wire lines, with the result that either transmission or reception is performed simultaneously on all of the two-wire lines.



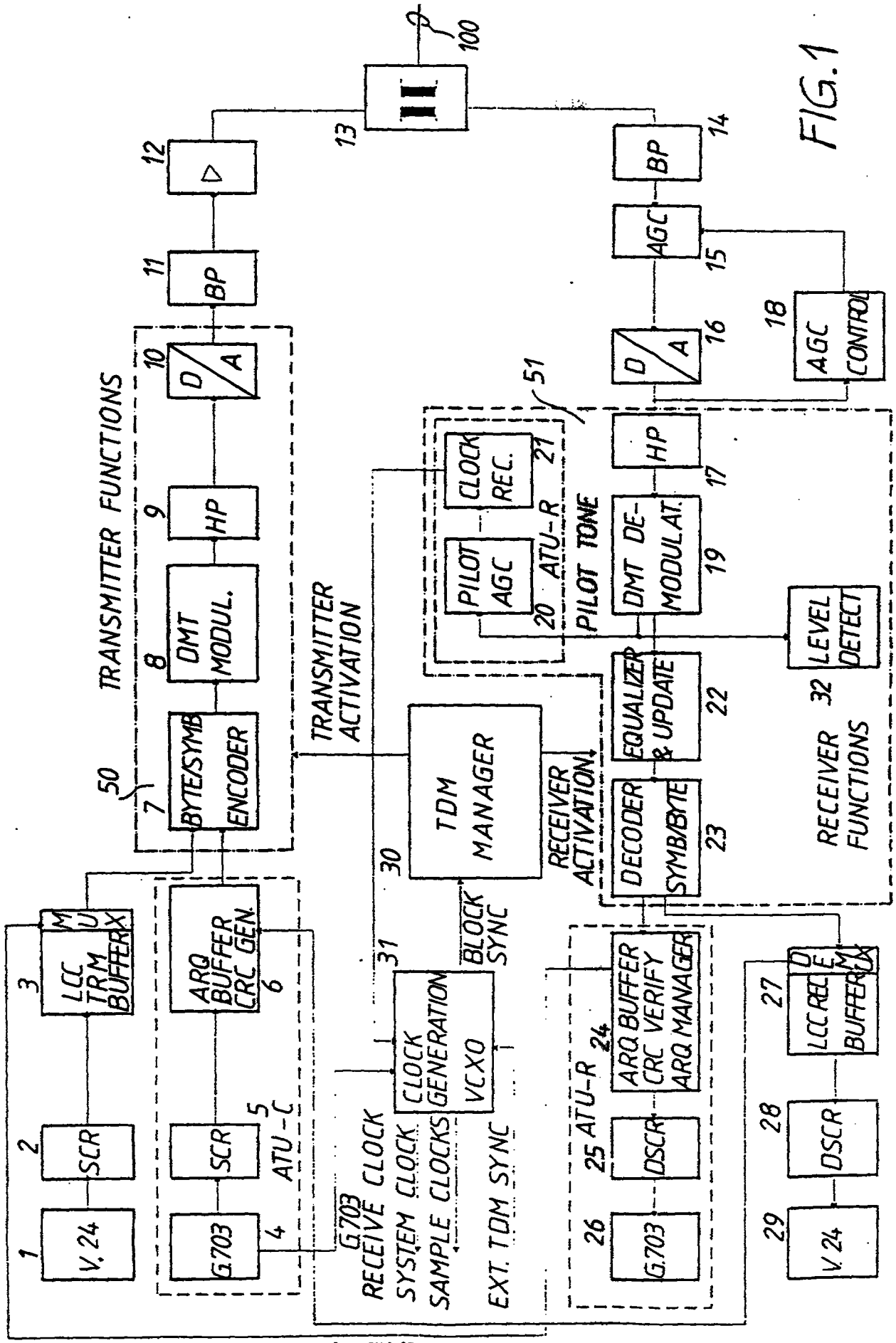

TRANSMITTER FUNCTIONS
TRANSMITTER ACTIVATION
PILOT TONE
RECEIVER FUNCTIONS
RECEIVER ACTIVATION
TDM MANAGER
BLOCK SYNC
RECEIVE CLOCK
SYSTEM CLOCK
SAMPLE CLOCKS
EXT. TDM SYNC
CLOCK GENERATION
VCXO
ATU-C
ATU-R
V.24
G703
SCR
LCC TRM BUFFER
MUX
ARQ BUFFER CRC GEN.
BYTE/SYMB ENCODER
DMT MODUL.
HP
D/A
BP
DMT DE-MODULAT.
PILOT AGC
CLOCK REC.
EQUALIZER & UPDATE
DECODER SYMB/BYTE
LEVEL DETECT
AGC
AGC CONTROL
ARQ BUFFER CRC VERIFY ARQ MANAGER
DSCR
LCC REC BUFFER
DEMUX
50
51
100

FIG. 1

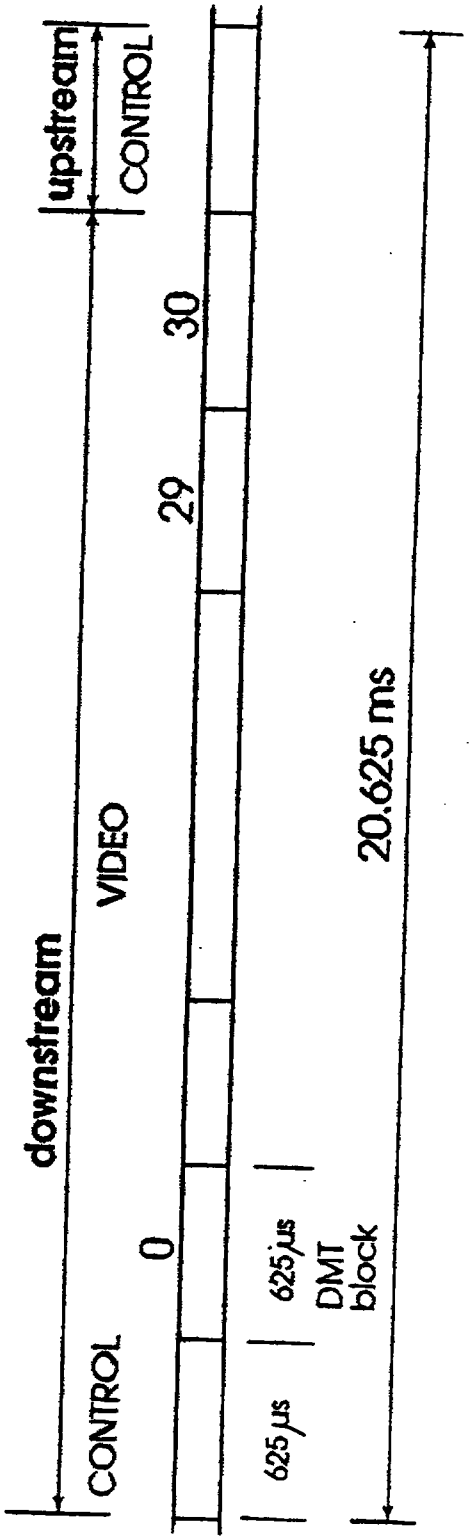

upstream
CONTROL
downstream
VIDEO
CONTROL
0
29
30
625 µs
625 µs
DMT
block
20.625 ms

FIG.2

Method for bidirectional data transmission via a two-wire line

The invention relates to a method for bidirectional data transmission via a two-wire line, the digital data to be transmitted and the digital data to be received being separated by time division multiplex operation (TDM) and the associated multiplex time frame being subdivided into a predeterminable number N of time slots, and of these a predeterminable number K of time slots being assigned exclusively to one transmission direction, for example transmit, and the remaining number (N-K) of time slots being assigned exclusively to the other transmission direction, for example receive.

US-A 4 796 255 has disclosed a telecommunications system in which the transmission time on the transmission path between two stations that transmit and/or receive data is subdivided into time slots of predeterminable duration. In this case, a specific number of time slots of the time frame may be assigned to one transmission direction and the remaining number to the opposite transmission direction.

The aim of the invention is to specify a method which is distinguished by a low degree of complexity with regard to hardware use or computer power, so that it can be implemented in a simple and cost-effective manner.

Furthermore, the aim of the invention is to provide a method which enables transmissions which proceed to a great extent only in one of the two transmission directions to be carried out at a high transmission rate.

A further object of the invention is to achieve a very good transmission quality with relatively little technical outlay, the intention being that a change in

the transmission capacity will be possible in a simple and cost-effective manner.

According to the invention, this is achieved by virtue of the fact that the digital data are modulated and demodulated by means of discrete multitone modulation (DMT).

In order to eliminate interfering influences of data to be communicated, known methods carry out separation of the DMT-modulated data in frequency division multiplex operation (FDM), different frequency ranges being defined for the two transmission directions. Another possible separation option consists in the application of the echo cancelling method (EC), in which, by using adaptive filters, the influence of the transmission section on the receiver is suppressed by adaptive filters. Other separation methods have not been used to date in this connection in the prior art.

During transmission, the FDM method generates a lower and an upper frequency band corresponding to the two transmission directions. However, since the cable attenuation is dependent on frequency, major difficulties arise in obtaining the same transmission quality for both transmission channels; in the majority of cases, the transmission quality is better in one direction than in the other. In general, however, it is desirable to be able to offer quality that is as far as possible identical for both channels. Furthermore, in FDM the variation of the transmission capacity is associated with considerable effort, since it requires matching of the bandpass filters used in each case, so that the channel bandwidth can be correspondingly increased or reduced.

The echo cancelling method that is disclosed, furthermore, in the prior art also has disadvantages, although of a different nature. Thus, near-end crosstalk is a major technical problem in this method, since the signal distance between transmitted and

received signal is very large. It is therefore necessary to satisfy very high requirements made of the A/D converters provided in the transmission and reception sections, since transmitted and received signals occur simultaneously and they must be appropriately well separated. The high level differences of the transmitted and received signals require a correspondingly high resolution of the A/D converters, which, in turn, results in higher product costs.

The implementation of these known separation methods FDM and echo cancelling also requires a relatively high computer power, which greatly increase [sic] the costs for the data transmission. Particularly when being employed in cases where, such as in the case of ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), for instance, high data rates are to be communicated in one transmission direction ("downstream") from a central data station to a subscriber located as part of the peripheral equipment and comparatively low data rates are to be communicated in the other transmission direction ("upstream"), the complexity created in these known data transmission methods is subject to poor utilization.

Since either only transmitter functions or only receiver functions are active in the method according to the invention, less processor power than in conventional methods is required, since the latter have to manage a very high internal data traffic. As a result, it is possible for a transmission which is carried out by the method according to the invention to be implemented in a very cost-effective manner.

Furthermore, the method according to the invention affords the advantage of an identical transmission quality in both transmission directions, since transmission and reception take place with the same line attenuation in TDM. As a result, both transmission directions can be implemented with the least possible

quality reduction in the same frequency range. A further advantage of the method according to the invention is the very simple changing of the transmission capacity, which is enabled by corresponding selection of the number of time slots for the respective transmission direction.

In the event of asymmetric data transmission, it may be particularly advantageous if the vast majority of the data is transmitted in one transmission direction and only a small remainder is transmitted in the other transmission direction. This is provided when the number N of time slots is selected to be very much greater than the number K. This condition is preferably fulfilled when N is equal to 30 and K is equal to 1.

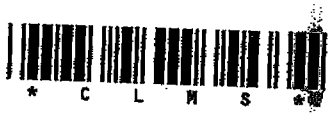
Since the method according to the invention can be employed for data transmission via telephone lines, pulse-like interference may occur on the line as a result of the number dialling, for example, the interference effecting a transmission error which absolutely must be corrected. However, the data transmission does not have to be carried out via telephone lines; within the scope of the invention, the data transmission can take place via any two-wire line suitable for this purpose.

(Continues on page 4 of the original description)

NEW PATENT CLAIM 1

1. A method for bidirectional data transmission via a two-wire line, the digital data to be transmitted and the digital data to be received being separated by time division multiplex operation (TDM) and the associated multiplex time frame being subdivided into a predeterminable number N of time slots, and of these a predeterminable number K of time slots being assigned exclusively to one transmission direction, for example transmit, and the remaining number (N-K) of time slots being assigned exclusively to the other transmission direction, for example receive, wherein the digital data are modulated and demodulated by means of discrete multitone modulation (DMT).

The original patent claims 2 to 7 are retained unchanged.



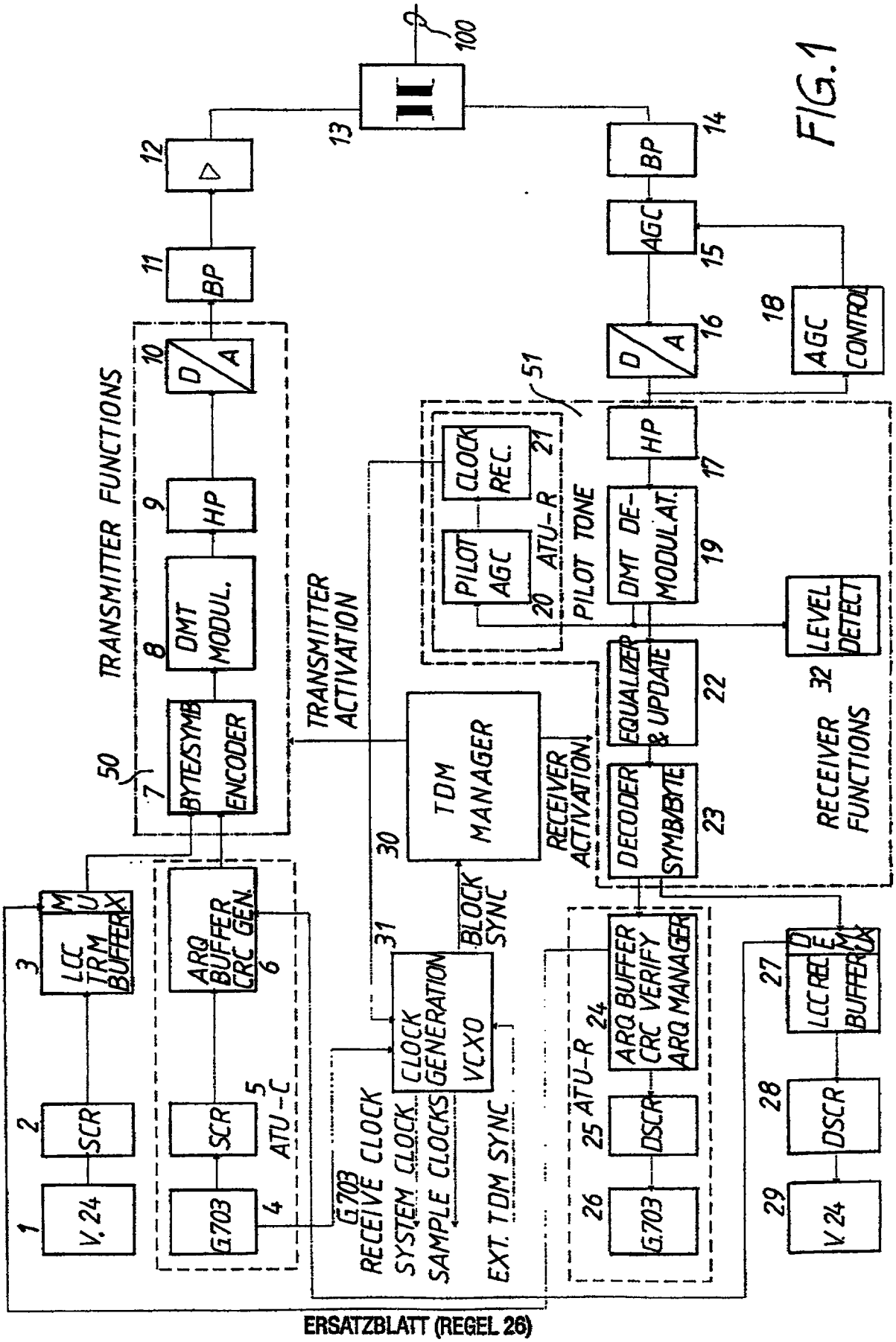

TRANSMITTER FUNCTIONS
RECEIVER FUNCTIONS
TRANSMITTER ACTIVATION
RECEIVER ACTIVATION
PILOT TONE
TDM MANAGER
ATU-C
ATU-R
V.24
G703
SCR
LCC TRM BUFFER
MUX
ARQ BUFFER CRC GEN.
BYTE/SYMB ENCODER
DMT MODUL.
HP
D/A
BP
CLOCK GENERATION VCXO
BLOCK SYNC
RECEIVE CLOCK
SYSTEM CLOCK
SAMPLE CLOCKS
EXT. TDM SYNC
CLOCK REC.
PILOT AGC
DMT DE-MODULAT.
EQUALIZER & UPDATE
DECODER
SYMB/BYTE
LEVEL DETECT
AGC
AGC CONTROL
ARQ BUFFER CRC VERIFY ARQ MANAGER
LCC REC BUFFER
DEMUX
DSCR

FIG. 1

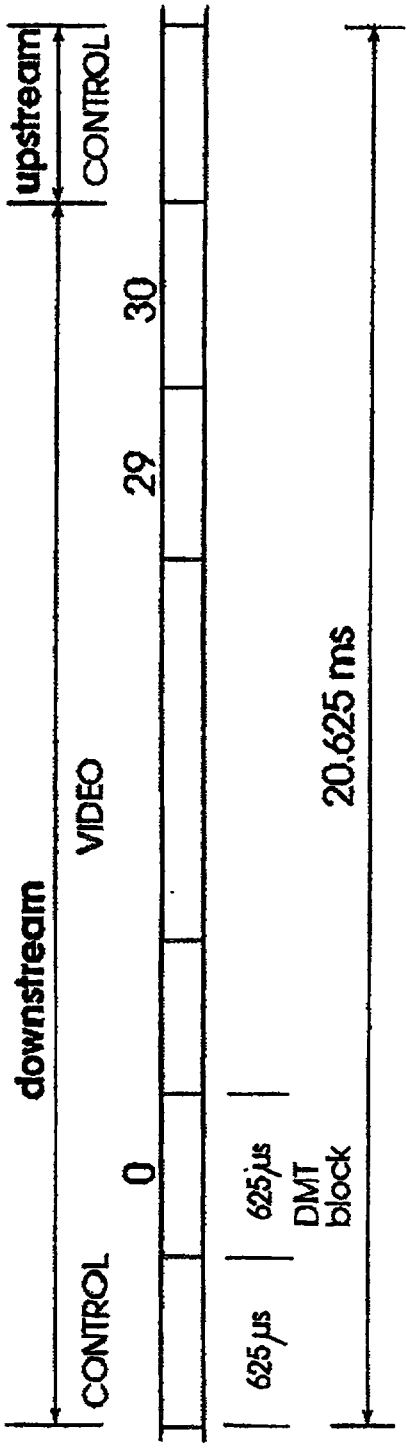

upstream
CONTROL
downstream
VIDEO
CONTROL
0
29
30
625 µs
625µs
DMT
block
20.625 ms

FIG.2