



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 198 48 993 B4 2005.05.04**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **198 48 993.5**
 (22) Anmeldetag: **23.10.1998**
 (43) Offenlegungstag: **29.07.1999**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **04.05.2005**

(51) Int Cl.7: **H04L 12/56**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:
013380 26.01.1998 US

(71) Patentinhaber:
Samsung Electronics Co., Ltd., Suwon, Kyonggi, KR

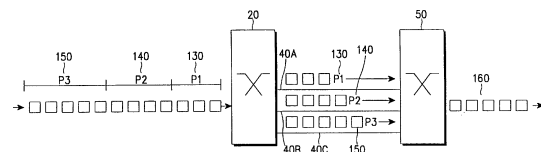
(74) Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser, 80538 München

(72) Erfinder:
Cai, Biaodong, San Ramon, Calif., US; Samudra, Pradeep Dinkar, Plano, Tex., US

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
EP 08 18 941 A2
WO 96 08 120 A1

(54) Bezeichnung: **ATM-Kommunikationsnetz, ATM-Kommunikationsschalter und Verfahren zum Lenken eines Stroms von ATM-Zellen**

(57) Hauptanspruch: Kommunikationsnetz mit asynchronem Übertragungsmodus (ATM) mit:
 einer Kommunikationsverbindung (30) hoher Bandbreite;
 einer Vielzahl von Kommunikationsverbindungen (40, 40A, 40B, 40C, 40D) niedriger Bandbreite;
 einem ersten ATM-Kommunikationsschalter (20), der mit der Kommunikationsverbindung (30) hoher Bandbreite verbunden ist, um einen Strom von ATM-Zellen (OC-3) zu empfangen, wobei der erste ATM-Kommunikationsschalter (20) umfasst:
 ein erstes Segmentations- und Neuzusammenfügungs-(SAR) – Modul (310), um die Vielzahl von ATM-Zellen zu Benutzerpaketen (P1, P2, P3) zusammenzufügen;
 eine zentrale Verarbeitungseinheit(CPU) (320), um Steuerdaten zu den Benutzerpaketen (P1, P2, P3) hinzuzufügen;
 ein erstes Anwendungsmodul (330), um den Strom von ATM-Zellen (OC-3) in eine Vielzahl von Unterströmen zu zerlegen und die Vielzahl von Unterströmen über die Vielzahl von Kommunikationsverbindungen (40, 40A, 40B, 40C, 40D) niedriger Bandbreite zu übertragen, wobei die ATM-Zellen für jedes Benutzerpaket (P1, P2, P3) über dieselbe Kommunikationsverbindung (40, 40A, 40B, 40C, 40D) niedriger Bandbreite übertragen werden, wobei das ATM-Kommunikationsnetz ferner umfasst:...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein ATM-Kommunikationsnetz (ATM: Asynchronous Transfer Mode, asynchroner Übertragungsmodus), ATM-Kommunikationsschalter sowie ein Verfahren zum Lenken eines Stroms von ATM-Zellen, wobei ein inverses Multiplexverfahren eingesetzt wird.

[0002] Historisch gesehen wurden unterschiedliche Verfahren und Protokolle für das Transportieren von Information in einem lokalen Netz (Local-Area-Network (LAN)) und einem Weitverkehrsnetz (WAN) verwendet. Durch eine große Zahl getrennt gesteuerter und konfigurierter Netze erzeugt eine solche Unterscheidung zwischen den verbundenen Netzen Probleme beim Zusammenwirken, wenn Benutzerdaten zwischen mehreren inkompatiblen Netzen transportiert werden. Somit wurde der Standard des asynchronen Übertragungsmodus (ATM) als weltweiter Standard eingeführt, um eine Austauschbarkeit von Information zwischen verbundenen Netzen unabhängig vom "Endsystem" oder dem Typ der Information zu gestatten. Unter Verwendung von ATM wird zu sendende Benutzerinformation in Zellen fester Länge aufgeteilt und zum Ziel transportiert und dort wieder zusammengesetzt. Da die Zellen eine feste Länge aufweisen, können sie in einer vorherbestimmbaren Art durch das Netz transportiert werden und ermöglichen es den verbundenen Schaltern und Transportmechanismen, eine flexible Kommunikation mit hoher Geschwindigkeit aufzubauen.

[0003] Bezieht man sich nun auf [Fig. 1](#), so ist dort ein Blockdiagramm eines ATM-Netzes **10** gezeigt, das zwei ATM-Schalter mit mehreren zwischen ihnen angeordneten T-1 Kommunikationsleitungen kleiner Bandbreite zeigt. Ein erster ATM-Schalter **20** empfängt einen Strom von ATM-Zellen über ankommende Kommunikationsverbindung **30** großer Bandbreite, wie beispielsweise eine OC-3. Obwohl es wünschenswert ist, die empfangenden Gespräche über eine andere Verbindung hoher Bandbreite zu einem zweiten ATM-Schalter **50** umzuschalten, kann es durch das Fehlen von Kommunikationsmitteln sein, daß der erste ATM-Schalter **20** andere Kommunikationsverbindungen niedriger Geschwindigkeit verwenden muß. Als ein Beispiel überträgt der erste ATM-Schalter **20** die empfangenen Zellen über mehrere T-1 Niedriggeschwindigkeitsverbindungen **40** zum zweiten ATM-Schalter **50**. T-1/E-1 Kommunikationsverbindungen wurden gemeinsam durch ein öffentliches Telefonnetz (PSTN) verwendet, um Sprache und Daten innerhalb der Vereinigten Staaten und auch weltweit zu übertragen, und sie sind in den Dienstgebieten schon gut plazierte und verfügbar. Wenn keine anderen Verbindungen verfügbar sind, unterteilt der erste ATM-Schalter **20** die empfangenen ATM Zellen und überträgt die zerlegten Zellen über eine Anzahl langsamerer T-1/E-1 Kommunikationsverbindungen zum zweiten ATM-Schalter **50**. Der zweite ATM-Schalter **50** fügt die Zellen, die er über die vielen T-1 Kommunikationsverbindungen erhalten hat, wieder zusammen und synchronisiert sie erneut. Der zweite ATM-Schalter **50** überträgt dann die wieder zusammengeführten ATM-Zellen über eine abgehende Kommunikationsverbindung hoher Bandbreite, wie eine andere OC-3 Verbindung **60**. Ein solches Verfahren des Zerlegens und des Wiederaussetzens von Zellen, die über mehrere Kommunikationsverbindungen übertragen werden, ist als inverses Multiplexverfahren bekannt.

[0004] Das Durchführen eines inversen Multiplexverfahrens in einer konventionellen Art ist jedoch uneffizient und teuer. Existierende Hardwarekomponenten jedes ATM-Schalters müssen modifiziert oder rekonfiguriert werden. Weiterhin muß ein zusätzlicher Chip oder ein Modul für das inverse Multiplexverfahren hinzugefügt werden, um die Zellen, die über eine Kommunikationsverbindung hoher Bandbreite empfangen werden, auseinanderzunehmen und die Zellen zusammensetzen, die über eine Anzahl von Kommunikationsleitungen niedrigerer Bandbreite empfangen werden. Ansonsten kann die Sequenz von Zellen innerhalb eines übertragenen Stroms geändert und die Integrität der übertragenen Daten zerstört werden. Unglücklicherweise ist die Vornahme solcher Änderungen bei den zugehörigen Hardwarekomponenten innerhalb jedes ATM-Schalters teuer und uneffizient. Beispielsweise erfordert es eine neue physikalische Unterschicht, die "Inverse Multiplexing for ATM (IMA) Transmission Convergence Unterschicht (IMA TC) genannt wird, zwischen der schon definierten TC Unterschicht und der ATM Schicht.

Stand der Technik

[0005] Die WO 96/08120 A1 offenbart ein ATM-Kommunikationssystem, bei dem inverses Multiplexen über viele Verbindungen erfolgt. Ein Kommunikationsnetz umfaßt eine Gruppe von Kommunikationsknoten, die über eine Reihe von Kommunikationsverbindungen Daten austauschen. Die Kommunikationsknoten ermöglichen Punkt zu Punkt inverse, gemultiplexte ATM-Kommunikation über N Kommunikationsverbindungen. Die Kommunikationsknoten tauschen Ströme von Kommunikationszellen über die N Kommunikationsverbindungen aus. Nach der Übertragung wird die ursprüngliche Reihenfolge der Kommunikationszellen wiederhergestellt, wobei die unterschiedlichen Verzögerungen der N Kommunikationsverbindungen kompensiert werden. Die Kommunikationsknoten übertragen Hauptrahmenfolgen über jede der N Kommunikationsverbindungen,

um die Übertragung von Kommunikationszellen über die N Kommunikationsverbindungen zu koordinieren.

[0006] Die EP 818 941 A2 lehrt eine ähnliche Gesamtstruktur. Ein einzelner einlaufender Datenstrom wird zyklisch auf M Datenverbindungen geringerer Geschwindigkeit aufgeteilt. Da die M Verbindungen unterschiedliche Übertragungsverzögerungen aufweisen, werden Steuerzellen über jede der M Verbindungen übertragen. Diese Steuerzellen enthalten Information, die es erlaubt, daß der ursprüngliche ATM-Datenstrom in der richtigen Reihenfolge wiederhergestellt wird. Um die unterschiedlichen Übertragungsverzögerungen zu kompensieren, sind ein Puffer zum Puffern von Zellen vor der Übertragung und ein zweiter Puffer zum Puffern der Zellen nach der Übertragung vorgesehen.

Aufgabenstellung

[0007] Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein ATM-Kommunikationsnetz, einen ATM-Kommunikationsschalter sowie ein Verfahren zum Lenken eines ATM-Zellenstroms für ein effizienteres und einfacheres inverses Multiplexverfahren anzugeben.

[0008] Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der Ansprüche 1, 11, 15 sowie 20 gelöst.

[0009] Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0010] Eine Implementierung eines inverses Multiplexen von ATM (IMA) gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung umfaßt einen Sender (einen ersten ATM Schalter), einen Empfänger (einen zweiten ATM Schalter), eine Vielzahl von Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite, die zwischen ihnen verbunden sind, Protokolle zwischen dem Sender und dem Empfänger, einen Lastausgleichsalgorithmus beim Sender und einen kreisförmigen Algorithmus zum neuen sequentiellen Ordnen am Empfänger. Ein Strom von ATM-Zellen wird über eine ankommende Kommunikationsverbindung hoher Bandbreite empfangen und zu zugehörigen Paketen durch eine Segmentierungs- und Wiederausammenfügungs-(SAR)-Modul, das innerhalb des ersten ATM-Schalters angeordnet ist, zusammengefügt. Eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU), die zum SAR-Modul gehört, fügt danach Steuerdaten innerhalb jedes Paketes hinzu, um die Position des Paketes bezüglich des Restes der Pakete, die vom ersten Schalter empfangen werden oder empfangen werden sollen, zu identifizieren. Die modifizierten Pakete werden dann durch ein SAR-Modul in einen Strom von ATM-Zellen zerlegt und durch den Sender über die Vielzahl der Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite gesendet. Während die vielen Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite verwendet werden, werden die ATM-Zellen, die zu einem speziellen Paket gehören, über dieselbe Kommunikationsverbindung niedriger Bandbreite übertragen.

[0011] Ein Lastausgleichsalgorithmus, der zum ersten ATM-Schalter gehört, bestimmt ausgewählt eine Kommunikationsverbindung, um die ATM-Zellen, die zum nächsten Paket gehören, zu transportieren im Versuch, die empfangene Nutzlast über der Vielzahl verfügbarer Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite gleichmäßig zu verteilen.

[0012] Der zweite ATM-Kommunikationsschalter empfängt danach die übertragenen ATM-Zellen über die Vielzahl von Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite und fügt die empfangenen ATM-Zellen wieder zu den entsprechenden Paketen zusammen. Die Pakete werden dann in ihre ursprüngliche Reihenfolge unter Verwendung der Sequenznummer, die mit jedem Paket geliefert wird, neu synchronisiert. Eine solche Neusequenzierung kann über einen zyklischen Neusequenzier-Algorithmus beim Empfänger durchgeführt werden. Die neu synchronisierten Pakete werden dann durch ein SAR-Modul, das dem zweiten ATM-Kommunikationsschalter zugehört, zusammengefügt, und über eine angeschlossene Kommunikationsverbindung hoher Bandbreite, wie eine OC-3 Kommunikationsverbindung, übertragen.

[0013] In einer Ausführungsform umfaßt der erste ATM-Kommunikationsschalter eine Vielzahl von Registern für das Speichern von Daten, die den Verkehrspegel jeder der Kommunikationsverbindungen aus der Vielzahl der Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite, darstellen. Die CPU, die dem ersten ATM-Kommunikationsschalter zugehört, wertet die Vielzahl der Register aus, um eine Kommunikationsverbindung niedriger Bandbreite mit dem geringsten Verkehrspegel auszuwählen. Die ATM-Zellen, die zum Paket gehören, das als nächstes gesendet werden soll, werden dann über die ausgewählte Kommunikationsverbindung niedriger Bandbreite übertragen.

[0014] In einer anderen Ausführungsform umfaßt der zweite ATM-Kommunikationsschalter einen Ringpuffer für das Speichern und Neusynchronisieren von Paketen, die über die Vielzahl von Kommunikationsverbindun-

gen niedriger Bandbreite übertragen werden.

[0015] In nochmals einer anderen Ausführungsform speichert die dem ersten ATM-Kommunikationsschalter zugehörige CPU eine Sitzungsnummer innerhalb jedes Pakets für das Identifizieren einer virtuellen Verbindung, die zwischen dem ersten ATM-Kommunikationsschalter und dem zweiten ATM-Kommunikationsschalter für das Transportieren solcher Zellen errichtet wurde.

Ausführungsbeispiel

[0016] Im folgenden werden bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert.

[0017] [Fig. 1](#) ist, wie oben beschrieben, ein Blockdiagramm eines herkömmlichen Netzes mit asynchronem Übertragungsmodus (ATM), das zwei ATM-Schalter mit vielen T-1 Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite, die zwischen diese geschaltet sind, zeigt;

[0018] [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm eines Benutzerpakets, das in eine Vielzahl von ATM-Zellen fester Größe zerlegt wurde;

[0019] [Fig. 3](#) ist ein Blockdiagramm eines ATM-Netzes, das zwei ATM-Schalter zeigt, die ein inverses Multiplexverfahren gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung ausführen;

[0020] [Fig. 4](#) ist ein Blockdiagramm, das wieder die Übertragung von ATM-Zellen, die über eine ankommende Kommunikationsverbindung hoher Bandbreite empfangen werden, zu einer Vielzahl von Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0021] [Fig. 5](#) ist ein Blockdiagramm eines ATM-Netzes, das die zentralen Verarbeitungseinheiten (CPUs) und die Segmentations- und Wiederausammenfügungs-(SAR)-Module, die zu den ATM-Schaltern gehören, für das Durchführen des inversen Multiplexverfahrens zeigt;

[0022] [Fig. 6](#) ist ein Blockdiagramm eines ATM-Schalters, der mit einer Vielzahl von Registern verbunden ist, um die Spur des Verkehrspegels der Vielzahl von Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite zu verfolgen;

[0023] [Fig. 7](#) ist ein Blockdiagramm eines IMA-Nachrichtenpakets mit Sitzungs- und Sequenzdaten für das Ausführen des inversen Multiplexverfahrens gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung;

[0024] [Fig. 8](#) ist ein Datendiagramm eines IMA-Nachrichtenpakets, das eine Sitzungsnummer speichert, für das Errichten einer virtuellen Verbindung zwischen einem ersten ATM-Schalter und einem zweiten ATM-Schalter;

[0025] [Fig. 9](#) ist ein Datendiagramm eines IMA-Pakets, das eine Sequenznummer für das Transportieren einer Nutzlast gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung speichert;

[0026] [Fig. 10](#) ist ein Signalsequenzdiagramm, das die Sequenz von Signalen zeigt, die zwischen zwei ATM-Schaltern übertragen werden, um eine virtuelle Verbindung zwischen ihnen zu synchronisieren; und

[0027] [Fig. 11](#) ist ein Blockdiagramm für das Darstellen eines zyklischen Puffers, der von einem empfangenden ATM-Schalter für das Neusynchronisieren von Benutzerpaketen verwendet wird, die über eine Vielzahl von Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite empfangen werden.

[0028] [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm eines Benutzerpakets **100**, das in eine Vielzahl von ATM-Zellen **110** fester Größe zerlegt wurde. Das Benutzerpaket **110**, wie ein ATM-Adaption-Layers (AAL)-5-Paket, hat eine variable Nutzlastgröße. Das AAL5-Paket **110** wird dann in eine Vielzahl von ATM-Zellen **110A-110N** aufgeteilt oder aufgespalten, wie das dargestellt ist. Die vorher beschriebene ATM-Technologie basiert auf einer Zelle der Norm Dreiundfünfzig (**53**) Bytes oder einer Oktett-(8 Bit)-Zelle. Die ersten fünf Bytes tragen Steuerinformation und werden als "Kopf" **120** der Zelle bezeichnet. Die verbleibenden achtundvierzig (48) Bytes tragen Benutzerinformation oder Nutzdaten. Somit wird eine erforderliche Anzahl von ATM-Zellen verwendet, um die Nutzdaten aufzunehmen, die vom AAL5-Paket **110** gefordert werden. Die ATM-Zellen, die zum ursprünglichen AAL5-Paket gehören, werden dann vom Ursprungsschalter zum Zielschalter übertragen. Wenn alle ATM-Zel-

len zum endgültigen Zielpunkt geliefert wurden, so fügt der Empfänger die ATM-Zellen wieder zum ursprünglichen AALS- Benutzerpaket zusammen. Die eingeschlossenen Nutzdaten werden dann verwendet, um eine Kommunikation zwischen ihnen durchzuführen.

[0029] **Fig. 3** ist ein Blockdiagramm eines ATM-Netzes, das zwei ATM-Schalter zeigt, die ein inverses Multiplexverfahren gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung durchführen. Die Idee des inversen ATM-MUX besteht darin, mehrere Übertragungsleitungen geringerer Kapazität zu verwenden, um eine Verbindung hoher Bandbreite unterzubringen. Die Software der inversen MUX dient gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung zur Handhabung des ATM-Verkehrs im AAL-Paketpegel. Zur Zeit des Verbindungsaufbaus, wenn der Verkehrslenkungsalgorithmus oder der Systemadministrator bestimmen, daß nur Kommunikationsverbindungen schmaler Bandbreite verfügbar sind, während die Bandbreite der angeforderten Verbindung größer ist als jede der verfügbaren Bandbreiten, löst der Administrator den Verbindungsaufbau einer inversen MUX aus. Bezieht man sich auf **Fig. 3**, so werden drei unterschiedliche T-1 Kommunikationsverbindungen, die jeweils eine Übertragungsrate von 1,5 Mbps aufweisen, zwischen dem ersten ATM-Schalter **20** und dem zweiten ATM-Schalter **50** verwendet, um eine angeforderte Bandbreite von 4 Mbps unterzubringen.

[0030] Es gibt mehrere Herausforderungen bei der Gestaltung einer inversen MUX. Die ATM-Hardware garantiert eine Datenintegrität, indem sie die Sequenz der ATM-Zellen, die über eine virtuelle Signalverbindung (VC) übertragen werden, nicht ändert. Durch die obige Garantie und die verbindungsorientierte Natur, trägt eine ATM-Zelle keinerlei Sequenzinformation. Somit muß der Ziel-ATM-Schalter die Zellen nicht neu synchronisieren. Wenn jedoch eine Vielzahl von ATM-Zellen, die über eine spezielle VC (wie eine OC-3) empfangen werden, aufgeteilt und über eine Vielzahl von VCs (wie beispielsweise mehrere T-1 Leitungen) übertragen wird, kann es sein, daß der empfangende Schalter die Zellen in einer falschen Reihenfolge empfängt. Da die Zellen selber keinerlei Sequenz- oder Ordnungsnummer tragen, kann der empfangende Schalter die empfangenen Zellen nicht in einer korrekten Reihenfolge neu synchronisieren und er kann die obige garantierte Datenintegrität nicht garantieren.

[0031] Gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung werden, wenn ATM-Zellen über eine Verbindung großer Bandbreite empfangen werden, Zellen in zugehörige Benutzerpakete gruppiert. Die ATM-Zellen, die zu jedem Benutzerpaket gehören, werden dann über eine spezielle Verbindung niedriger Bandbreite übertragen. Beispielsweise werden ATM-Zellen **130**, die das erste Benutzerpaket P1 darstellen, zusammen gruppiert und dann über eine Verbindung aus der Vielzahl der T-1 Kommunikationsverbindungen **40A** übertragen. Während das erste Benutzerpaket übertragen wird, fügt der ATM-Schalter dem Paket eine Sequenznummer hinzu. In ähnlicher Weise werden ATM-Zellen **140**, die dem zweiten Benutzerpaket P2 zugehören, über andere T-1 Kommunikationsverbindungen **40B** übertragen. ATM-Zellen **150**, die dem nächsten Benutzerpaket P3 zugehören, werden ebenfalls in ähnlicher Weise über die letzte T-1 Kommunikationsverbindung **40C** übertragen. Wenn die übertragenen ATM-Zellen durch den zweiten ATM-Schalter empfangen wurden, werden ATM-Zellen wieder zu ihren zugehörigen Benutzerpaketen zusammengefügt. Unter Verwendung der Sequenznummer, die innerhalb jedes empfangenen Pakets gespeichert wurde, synchronisiert der zweite ATM-Schalter **40** dann die drei Benutzerpakete wieder in ihre ursprüngliche Sequenz. Die korrekt synchronisierten Benutzerpakete werden dann in eine passende Anzahl von ATM-Zellen **160** zerlegt und über eine abgehende OC-3 Kommunikationsverbindung hoher Bandbreite übertragen.

[0032] **Fig. 4** ist ein Blockdiagramm, das weiter die Übertragung der ATM-Zellen, die von einer ankommenden Kommunikationsverbindung hoher Bandbreite empfangen werden, über eine Vielzahl von Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung zeigt. ATM-Zellen, die über eine ankommende Kommunikationsverbindung **30** hoher Bandbreite, wie einer OC-3, empfangen werden, werden durch einen Assembler **200**, der dem ersten ATM-Schalter **20** zugehört, zusammengefügt. ATM-Zellen, von denen bestimmt wurde, das sie zu einem speziellen Benutzerpaket, wie einem AAL5-Paket, gehören, werden dann durch einen Sender **220** über eine Verbindung der Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite zum zweiten ATM-Schalter **50** übertragen. Ein Empfänger **230**, der mit dem zweiten ATM-Schalter **50** verbunden ist, empfängt die übertragenen ATM-Zellen über die T-1 Leitung und gibt sie an einen Deassembler **210**. Der Deassembler **210** wartet, bis alle ATM-Zellen, die zum speziellen Benutzerpaket gehören, empfangen wurden, und sendet sie dann wieder über eine abgehende OC-3 Kommunikationsverbindung **60** hoher Bandbreite.

[0033] **Fig. 5** ist ein Blockdiagramm eines ATM-Netzes, das zentrale Verarbeitungseinheiten (CPUs) und Segmentations- und Wiederzusammenfügungs-(SAR)-Module, die den beiden ATM-Schaltern zugehören, für das Durchführen des softwaremäßigen inversen Multiplexverfahren zeigt. ATM-Zellen werden vom ersten ATM-Schalter, wie beispielsweise einem Samsung STARacer ATM-Schalter, über eine OC-3 Kommunikations-

verbindung **30** empfangen. Eine Verkehrslenkungstabelle (RT) **300** gibt die empfangenen ATM-Zellen dann an ein erstes Segmentations- und Wiederverbindungs-(SAR)-Modul oder einen Chip **300**. Ein erstes Anwendungsmodul **330**, das mit dem SAR-Modul **310** verbunden ist, fügt die Zellen dann zu einem AAL5-Paket zusammen und führt eine CRC32-Prüfung durch. Wenn das zusammengefügte Paket ein "gutes" Paket ist, unterbricht das SAR-Modul **310** dann eine damit verbundene zentrale Verarbeitungseinheit (CPU) **320** und stellt das zusammengefügte AAL5-Paket an einen ersten bezeichneten Speicherplatz **340**. Die CPU **320** fügt dann eine Sequenznummer zum plazierten Protocol-Data-User-(PDU)- oder AALS-Paket hinzu und wählt eine T1 Kommunikationsverbindung **40** aus, um das Paket zu übertragen. Während des Auswählens einer abgehenden Kommunikationsverbindung wählt die CPU eine T1-Verbindung mit der niedrigsten Verkehrsbelastung unter Verwendung eines Lastausgleichsalgorithmuses aus. Das PDU- oder AAL5-Paket mit der Sequenznummer, die darin gespeichert ist, wird dann zurück zum SAR-Modul **310** übertragen. Das SAR-Modul **310** zerlegt das Benutzerpaket in eine Anzahl von ATM-Zellen und überträgt alle zerlegten ATM-Zellen, die zum speziellen Benutzerpaket gehören, über die ausgewählte T1-Kommunikationsverbindung **40**.

[0034] In ähnlicher Weise empfängt der Empfänger **230**, der dem zweiten ATM-Schalter **50** zugehört, die ATM-Zellen, die über eine Verbindung der T-1 Kommunikationsverbindungen **40** übertragen wurden, und gibt sie an ein zweites SAR-Modul **360** aus, das damit verbunden ist. Ein zweites Anwendungsmodul **370**, das mit dem SAR-Modul **360** verbunden ist, fügt die empfangenen ATM-Zellen wieder in ein PDU- oder AAL5-Paket zusammen und plaziert dieses an eine bezeichnete Speicherstelle **380**. Ein CPU, die dem zweiten ATM-Schalter **50** zugehört, Sequenziert das empfangene AALS- oder PDU-Paket mit anderen Paketen, die über andere T-1 Kommunikationsverbindungen empfangen wurden, und überträgt sie zurück hinunter an das zweite SAR-Modul **360**. Das zweite SAR-Modul **360** zerlegt dann die AAL5-Pakete in eine Anzahl von ATM-Zellen und verwendet eine Verkehrslenkungstabelle **390**, um die Zellen über eine abgehende OC-3-Kommunikationsverbindung **60** in konventioneller Art zu übertragen.

[0035] Die obige Darstellung soll eine eindimensionale Verbindung darstellen. Somit wird der erste ATM-Schalter **20** als "Sender" und der zweite ATM-Schalter **50** als "Empfänger" bezeichnet. Bei einer bidirektionalen Verbindung oder Übertragung werden zwei Paare von Sendern und Empfängern in ähnlicher Weise verwendet.

[0036] [Fig. 6](#) ist ein Blockdiagramm eines ATM-Schalters **20**, der mit einer Vielzahl von Registern **400A–400D** verbunden ist, um die Spur des Verkehrspegels der Vielzahl von Kommunikationsverbindungen **40A–40D** niedriger Bandbreite zu verfolgen. Register, wie Speichervorrichtungen mit wahlfreiem Zugriff (RAM), **400A**, **400B** und **400C** werden durch die zugehörige CPU **320** für das Verfolgen des aktuellen Verkehrspegels, der mit den Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite **40A**, **40B**, **40C** beziehungsweise **40D** verbunden ist, aufrecht erhalten. Gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung wertet die CPU, wenn der SAR **310** die empfangenen ATM-Zellen wieder zu einem Benutzerpaket zusammenfügt und die zugehörige CPU **320** darüber informiert, die Register **400A–400D** aus, um die passende Kommunikationsverbindung niedriger Bandbreite zu bestimmen, um das Paket zu übertragen. In einer Ausführungsform wählt die CPU eine Kommunikationsverbindung aus, die zu einem Register mit dem niedrigsten Verkehrspegelwert, der darin gespeichert ist, gehört. Dies dient zur Auswahl einer T1-Verbindung, die am wenigstens benutzt wurde. Nach der Übertragung wird das zugehörige Register dann aktualisiert, um den aktuellen Verkehrspegelstatus der bestimmten T1-Kommunikationsverbindung darzustellen. In einer anderen Ausführungsform kann ein anderer Algorithmus verwendet werden, um rotierend die verfügbaren Verbindungen auszuwählen, um die Zellen gleichmäßig über den verfügbaren T-1-Kommunikationsverbindungen zu verteilen.

[0037] Für das Implementieren eines in Software ausgeführten inversen Multiplexverfahrens gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung werden auch ein Verfahren und eine Vorrichtung für das Bestimmen der T-1-Verbindungen, die für das Aufnehmen der Bandbreite, die über die ankommende OC-3 Verbindung empfangen wird, benötigt werden, benötigt. Somit müssen die beiden ATM-Schalter bestimmen, wie viele virtuelle T1-Verbindungen (VCs) benötigt werden, um die ATM-Zellen zu unterstützen, die über die OC-3 VC empfangen wurden. Um eine ursprüngliche OC-3 VC mit einer Spitzenzellenrate (PCR) von N Mbps aufzunehmen, werden M mal T1 VCs benötigt, wobei N/M kleiner als die T1 Rate ist ($N/M < T1\text{-Rate}$) und $N/(M-1)$ größer als die T1-Rate ist ($N/(M-1) > T1\text{-Rate}$). Als Ergebnis würde jede zugewiesene T1 mehr als fünfzig Prozent (50%) ihrer Bandbreite aufweisen, die durch die T1 VC belegt ist. Der niedrigere Wert zwischen ($N/M \cdot (1+10\%)$) und der T1 Rate wird dann als PCR und durchgehend haltbare Zellrate (SCR) für die ausgewählten T1 VCs zugewiesen. Kein UPC (Überwachung) ist unter den T1-Leitungen am Empfängerende implementiert.

[0038] Nach dem Zuweisen der erforderlichen Zahl von T1 VCs, werden die ankommenden ATM-Zellen gleichmäßig oder optimal über den zugewiesenen T1 Kommunikationsverbindungen unter Verwendung eines

Verteilungsalgorithmuses, wie oben beschrieben, verteilt.

[0039] Gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung gibt es zwei verschiedene Ausführungsformen für das Errichten einer virtuellen Verbindung über eine T-1 Verbindung zwischen den beiden ATM-Schaltern und dem Ausführen einer Kommunikation zwischen ihnen. Die erste Ausführungsform verwendet dasselbe Nachrichtenformat für das Errichten einer virtuellen Verbindung und für das Transportieren der Daten zwischen den beiden ATM-Schaltern. Die zweite Ausführungsform verwendet ein erstes Nachrichtenformat für das Errichten einer virtuellen Verbindung und ein zweites Nachrichtenformat für das Transportieren von Daten zwischen ihnen.

[0040] Es wird nun Bezug genommen auf [Fig. 7](#), in der ein Blockdiagramm eines formatierten IMA-Nachrichtenpaket (erstes Format) gemäß der ersten Ausführungsform, wie oben erwähnt, dargestellt ist. Während des Errichtens einer virtuellen Verbindung zwischen den beiden ATM-Schaltern und dem Übertragen der ATM-Zellen über die errichtete VC, müssen sowohl Steuerdaten als auch Datennachrichten über dieselbe T1 VC transportiert werden. Da ein Paar eines Senders und Empfängers eine erste Kommunikation in einer Richtung aufnehmen kann, wird ein Rückkanal benötigt, um die Steuernachricht vom Empfängerschalter zum Senderschalter zu befördern. Bezieht man sich auf [Fig. 7](#), so wird die IMA-Nachricht in zwei Abschnitte aufgeteilt: eine IMA-Nachrichtenkopf **460** und die Benutzernutzdaten **470**. Der Nachrichtenkopf **460** ist sechzehn (16) Oktette lang und schließt einen Protokolldiskriminator **480**, einen Nachrichtentyp **490**, eine Sitzungsnummer **500** und eine Sequenznummer **510** ein. Der Protokolldiskriminator **480** ist eine 32-Bit Ganzzahl ohne Vorzeichen (UINT). für die vorliegende Erfindung kann der Wert von Eins (0x00000001) verwendet werden, um anzuzeigen, daß die Kommunikation unter Verwendung der ersten Ausführungsform ausgeführt wird. Der Nachrichtentyp **490** ist auch eine 32-Bit UINT (was vorteilhaft für eine RISC-Maschine ist) und zeigt den Typ der Nachricht, die zwischen einem ersten Schalter und einem zweiten Schalter übertragen wird, an. Die folgenden Werte sind als Nachrichtentypen vordefiniert:

0x00000000	Reserviert;
0x00000001	Daten;
0x00000002	Neustart;
0x00000003	Neustart-Bestätigung (Neustart-Ack);
0x00000004 – 0xFFFFFFFF	Reserviert.

[0041] Die Sitzungsnummer **500** ist auch eine 32 Bit UINT und stellt die Sitzungsnummer da, die der errichteten VC zugewiesen wurde. Die Sequenznummer **510** ist eine 32-Bit UINT, die die Paketsequenz oder eine Reihenfolgennummer darstellt. Die Sequenznummer **510** existiert nur innerhalb von Datennachrichten. Die Länge der Information wird im Nachrichtenkopf nicht benötigt, da das SAR-Modul das Benutzerpaket korrekt in die erforderliche Zahl von ATM-Zellen zerlegt. Das SAR-Modul führt weiter eine CRC-32 Prüfung durch, so daß in dieser Schicht keine Bitfehlerprüfung benötigt wird.

[0042] Da die meisten RISC CPUs eine Cache-Leitung mit 16 Bytes haben, so hat eine Nachrichtenkopfgröße von sechzehn (16) Bytes eine positive Auswirkung auf die Leistung. Somit gestattet ein einziger Speicherzugriff das Lesen des gesamten Nachrichtenkopfes (16 Bytes) in den CPU-Cache ohne ein Lesen des Nachrichtenkörpers (Nutzdaten). Tatsächlich werden die Benutzerdaten oder die Nutzdaten von den Schaltern nicht berührt oder verarbeitet, und so erfordert das in Software ausgeführte inverse Multiplexverfahren nur einen kleinen Teil der CPU-Zeit.

[0043] Die Neustart, Neustart-Ack-Nachrichten und die zugehörige Sitzungsnummer werden verwendet, um eine Kommunikationsverbindung zwischen dem Sender und dem Empfänger zu verwalten. Bevor irgend ein Benutzerdatenpaket übertragen werden kann, muß eine Sitzung zwischen ihnen errichtet werden. Beispielsweise muß der Sender eine Neustart-Nachricht mit einer speziellen Sitzungsnummer senden. Der Empfänger nimmt dann die Sitzungsnummer, die durch den Sender geliefert wird, nach dem Empfangen der Neustart-Nachricht und antwortet mit einer Neustart-Ack-Nachricht. Wenn der Sender die Neustart-Ack-Nachricht empfangen hat, wurde eine Sitzung errichtet und es können Datenpakete zwischen ihnen ausgetauscht werden. Der erste Schalter überträgt dann die Daten, indem er den Nachrichtentyp auf 0x00000001 (Daten) setzt, und speichert die Nutzdaten in einen Nutzdatenabschnitt **470** der Nachricht (Datenteil).

[0044] Jede Nachricht wird also mit einer Paketsequenznummer und der zugehörigen Sitzungsnummer beziffert.

[0045] Eine Sitzung kann so lange dauern, wie das beide Parteien wollen. Eine Neustart-Nachricht, die von einer Partei gesendet wird, wird die aktuelle Sitzung beenden und eine neue Sitzung errichten. Beispielsweise

kann ein Neustart auftreten, wenn der Empfänger einige Pakete erkennt, die stark aus der Reihenfolge abweichen, oder eine große Zahl von AAL5-Paketen findet, die die CRC-Prüfungen nicht bestehen. Wenn somit der Empfänger eine Neustart-Nachricht sendet, gibt der Empfänger auf und versucht eine neue Sitzung zu errichten. Wenn alle ATM-Zellen, die zu einem speziellen Benutzerpaket gehören, übertragen wurden, so initiiert der erste ATM-Schalter einen Neustart, um eine neue VC zu errichten.

VERFAHREN FÜR DEN SENDER IM ERSTEN FORMAT:

[0046] Der Sender unterhält die folgenden Variablen und Zeitgeber, um den Status der Sitzung und der Verbindung aufrecht zu halten:

T_Seq_N: speichert die Sequenznummer der nächsten zu sendenden Datennachricht;

T_Session_N: die aktuelle Sitzungsnummer;

T_Ses_Init_Timer: ein Zeitgeber, der gesetzt wird, nachdem ein Neustartsignal gesendet wurde; und

M_Session_N: die Sitzungsnummer, die von einer Neustart oder Neustart-Ack-Nachricht vom Empfänger empfangen wurde.

[0047] Der Sender umfaßt die folgenden Zustände, um die Sitzung und die Verbindung aufrecht zu halten:

Idle: Der Sender wird gerade geschaffen und initialisiert;

Session Initiated: Ein Neustartsignal wird gesendet, aber die entsprechende Neustart-Ack wurde noch nicht empfangen; und

In Session: Eine Sitzung wurde errichtet. AAL5-Pakete des Endbenutzers können übertragen werden.

[0048] Der anfängliche Zustand eines Senders nach dem Aufbau eines softwaremäßigen inversen MUX-Verfahrens wird auf "idle" gesetzt. Ein Zustandsübergang wird durch ein "Ereignis" durchgeführt. Die meisten Ereignisse werden durch irgendwelche ankommende Nachrichten ausgelöst und gestatten es, daß ein erster Zustand in einen zweiten Zustand übergeht. Die folgende Tabelle zeigt die Zustandsmaschine für den Sender. Aus Gründen der Vereinfachung wird in jedem Zustand jedes empfangene Ereignis, das nicht in der Tabelle aufgelistet ist, als ungültig angesehen und verworfen. Der Zustand wird nicht geändert.

Tabelle 1

Zustand	Ereignis	Neuer Zustand	Aktion
Idle	Neustart wurde gesendet (eine neue T_Session_N wird gewählt)	Session Initiated	Setze den T_Ses_Init_Timer
Idle	Neustart wurde empfangen	In Session	Sende Neustart-Ack mit M_Session_N. Setze T_Session_N = M_Session_N Setze T_Seq_N = 0
Session Initiated	Neustart wurde empfangen (dies impliziert eine Kollision der Neustart-Nachrichten, d.h. der Sender und der Empfänger Senden Neustart-Nachrichten zur selben Zeit einander zu	Session Initiated	Sende Neustart mit der T_Session_N, Setze den T_Ses_Init_Timer zurück
Session Initiated	T_Ses_Init_Timer läuft ab	Session Initiated	T_Session_N:= T_Session_N + 1; Sende Neustart mit der T_Session_N; Setze den T_Ses_Init_Timer zurück
Session Initiated	Neustart-Ack wurde empfangen und M_Session_N = T_Session_N	In Session	Setze T_Seq_N = 0 Lösche T_Ses_Init_Timer
Session Initiated	Neustart-Ack wurde empfangen und M_Session_N <> T_Session_N	Session Initiated	Verwerfe die Nachricht
In Session	AAL5-Paket empfangen	In Session	Sende Datennachricht mit T_Session_N und T_Seq_N. T_Seq_N: = T_Seq_N + 1.
In Session	Neustart wurde empfangen	In Session	Sende Neustart_Ack mit T_Session_N. Setze T_Session_N:= M_Session_N, Setze T_Seq_N = 0
In Session	Neustart wurde gesendet (eine neue T_Session_N wird gewählt). (Dieses Ereignis wird durch eine Steuer- oder Verwaltungsebene verursacht	Session Initiated	Setze den T_Ses_Init_Timer

VERFAHREN FÜR DEN EMPFÄNGER IM ERSTEN FORMAT:

[0049] Der Empfängerschalter unterhält die folgenden Variablen, um seinen Status und die Verbindung aufrecht zu halten:

R_Seq_N: speichert die Sequenznummer der nächsten zu erwartenden Datennachricht;

M_Seq_N: das ist die Sequenznummer der empfangenen Datennachricht;

R_Session_N: die aktuelle Sitzungsnummer;

R_Ses_Init_Timer: ein Zeitgeber, der gesetzt wird, nachdem ein Neustartsignal gesendet wurde; und

M_Session_N: die Sitzungsnummer, die von einer Nachricht vom Empfänger empfangen wurde.

[0050] Der Empfänger umfaßt die folgenden Zustände, um seinen Status aufrecht zu halten:

Idle: Der Empfänger wird gerade geschaffen und initialisiert;

Session Initiated: Ein Neustartsignal wird gesendet, aber die entsprechende Neustart-Ack wurde noch nicht empfangen; und

In Session: Eine Sitzung wurde errichtet. AAL5-Pakete des Endbenutzers können empfangen werden.

[0051] Die folgende Tabelle zeigt die Zustandsmaschine für den Empfänger:

TABELLE 2

Zustand	Ereignis	Neuer Zustand	Aktion
Idle	Neustart wurde empfangen	In Session	Sende Neustart-Ack mit M_Session_N. Setze R_Session_N:= M_Session_N Setze R_Seq_N = 0
Session Initiated	Datennachricht empfangen und M_Session_N <> R_Session_N	Session Initiated	Verwerfe die Nachricht
Session Initiated	Datennachricht wurde empfangen und M_Session_N = R_Session_N (Dies impliziert daß die Neustart-Ack Nachricht vom Sender langsam ist oder verloren wurde, aber daß der Sender schon die Neustart-Anforderung vom Empfänger akzeptiert hat.	In Session	Lösche R_Ses_Init_Timer Setze R_Seq_N = 0 Verarbeite die Nachricht als wenn der ursprüngliche Zustand 'In Session' wäre.
Session Initiated	Neustart empfangen (Dies impliziert eine Kollision der Neustart-Nachrichten, d.h. der Sender und der Empfänger senden Neustart-Nachrichten aneinander zur gleichen Zeit. Der Empfänger muß dem Neustart des Senders folgen.)	In Session	Sende Neustart-Ack mit M_Session_N, lösche R_Ses_Init_Timer. Setze R_Session_N:=M_Session_N. Setze R_Seq_N = 0
Session Initiated	R_Ses_Init_Timer läuft ab	Session initiated	R_Session_N:=R_Sessio_N +1 Sende Neustart mit R_Session_N, Setze R_Ses_Init_Timer zurück

Session Initiated	Neustart-Ack wurde empfangen und M_Session_N = R_Session_N	In Session	Setze R_Seq_N = 0 Lösche R_Ses_Init_Timer
Session Initiated	Neustart-Ack wurde empfangen und M_Session_N <> R_Session_N	Session initiated	Verwerfe die Nachricht
In Session	Datennachricht empfangen und M_Session_N <> R_Session_N	In Session	Verwerfe die Nachricht
In Session	Datennachricht empfangen und M_Session_N = R_Session_N	In Session	Wenn M_Seq_N < R_Seq_N, (Das Paket kommt zu spät, als daß es der kreisförmige Steueralgorithmus noch handhaben kann) verwerfe Nachricht. Wenn M_Seq_N > R_Seq_N, (Das Paket kommt früher als es sein sollte. Speichere es im Puffer und warte darauf, daß andere Pakete kommen. Später, wenn andere Pakete kommen und die Sequenznummer ausgerichtet wurde, werden alle Pakete ausgesandt.) dann speichere das AAL5-Paket unter Verwendung des kreisförmigen Steueralgorithmus. Wenn M_Seq_N = R_Seq_N, verwende kreisförmigen Steueralgorithmus um zu sehen, wie viele AAL5-Pakete nun in der Sequenz liegen. Sende alle nicht in der Sequenz liegenden AAL5-Pakete an den Zielendbenutzer und aktualisiere R_Seq_N entsprechend
In Session	Neustart-Ack empfangen	In Session	Weise den kreisförmigen Steueralgorithmus an, alle gespeicherten AAL5-Pakete auszusenden. Setze den kreisförmigen Steueralgorithmus zurück. Sende Neustart-Ack mit M_Session_N. Setze R_Session_N:= M_Session_N, Setze R_Seq_N = 0
In Session	Neustart wurde gesendet (Eine neue R_Session_N wird gewählt) (Dieses Ereignis kann durch die Steuer- oder Verwaltungsebene verursacht werden. Dies kann auch auftreten, wenn der Empfänger ermittelt, daß die empfangene Datennachricht für eine lange Zeit stark außerhalb der Reihenfolge liegt.)	Session initiated	Setze R_Ses_Init_Timer

[0052] Als eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung können andere Nachrichtenformate für das Errichten einer virtuellen Verbindung zwischen den beiden ATM-Schaltern und für das Transportieren der Nutzdaten zwischen ihnen, verwendet werden. Wie oben beschrieben wurde, unterscheidet sich die zweite Ausführungsform von der ersten Ausführungsform in den folgenden Punkten: (1) sie verwendet einen außerhalb des Bandes liegenden Steuerkanal für das Übertragen von Steuerdaten; (2) sie verwendet eine sich von der Datenübertragungsphase unterscheidende Synchronisationsphase; und (3) sie verwendet eine Kodaufspaltungstechnologie, die verschiedene Nachrichtenhandhabungsvorrichtungen für unterschiedliche Phasen verwendet. Somit wird ein zugewiesener bidirektionaler Kanal zwischen einem Sender und einem Empfänger verwendet, um die Steuernachricht zu befördern. Somit befindet sich die Steuerung "außerhalb des Bandes". Die einseitig gerichtete virtuelle T1-Verbindung überträgt nur Datennachrichten. Auf diese Weise enthält eine Datennachricht nur die Sequenznummer der Nachricht und die Benutzer-Nutzdaten. Somit wird die Echtzeit-

leistung verbessert.

[0053] Es wird nun Bezug genommen auf [Fig. 8](#), die eine formatierte Steuernachricht (zweites Format) gemäß der zweiten Ausführungsform zeigt. Die Steuernachricht **550** wird für das Errichten einer virtuellen Verbindung zwischen zwei ATM-Schaltern verwendet, und umfaßt einen Protokolldiskriminator **560**, einen Nachrichtentyp **570**, eine Sitzungsnummer **580** und einen Pad **590**. Der Protokolldiskriminator **560** für das Unterscheiden des Nachrichtenformats vom Nachrichtenformat, das in [Fig. 7](#) beschrieben wurde, ist auch eine 32 Bit UINT und ihr wird der Wert 0x00000002 zugewiesen. Der Nachrichtentyp **570** ist ebenfalls eine 32-Bit UINT und wird mit den folgenden Werten definiert:

0x00000000 – 0x00000001:	reserviert;
0x00000002:	Neustart;
0x00000003:	reserviert;
0x00000004:	Neustart Anforderung;
0x00000005:	Neustart vollständig;
0x00000006:	Kanal gespült (flushed); und
0x00000007 – 0xFFFFFFFF:	reserviert.

[0054] Die Sitzungsnummer **580** ist eine 32-Bit UINT und stellt die Sitzungsnummer dar, die der errichteten virtuellen Verbindung zugewiesen wurde. Da dies eine Steuernachricht ist, so wird der Pad **590** durch den Sender insgesamt auf Null (0) gesetzt, und wird vom Empfänger ignoriert.

[0055] Es wird nun Bezug genommen auf [Fig. 9](#), die eine Datennachricht zeigt, die gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung formatiert wurde. Die Datennachricht **600** wird verwendet, um die Nutzdaten zu übertragen, nachdem eine virtuelle Sitzung unter Verwendung der oben beschriebenen Steuernachrichten errichtet wurde. Die Datennachricht **600** umfaßt eine Paketsequenznummer **610**, ein Pad **620** und Nutzdaten **630**. Die Paketsequenznummer **610** ist eine 32-Bit UINT und stellt die Sequenznummer der transportierten Nutzdaten in ähnlicher Weise dar, wie das in [Fig. 7](#) beschrieben wurde. Der Pad **620** wird mit Nullen initialisiert und vom Empfänger ignoriert. Die Nutzdaten **630** sind die AAL5-Paketdaten, die vom Quellenendbenutzer gesendet werden, und existieren nur innerhalb der Datennachricht **550**.

VERFAHREN FÜR DEN SENDER IM ZWEITEN FORMAT:

[0056] Der Sender unterhält die folgenden Variablen und Zeitgeber, um die in Software ausgeführte inverse MUX-Verfahren gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung auszuführen:

T_Seq_N: speichert die Sequenznummer der nächsten zu sendenden Datennachricht;

T_Session_N: die aktuelle Sitzungsnummer;

M_Session_N: die Sitzungsnummer, die von einer Neustart oder Kanal-Spülungs-Nachricht vom Empfänger empfangen wurde.

T_Ses_Init_Timer: ein Zeitgeber, der gesetzt wird nachdem ein Neustartsignal gesendet wurde; und

T_Flush_Timer: ein Zeitgeber, der gesetzt wird, nachdem der Sender FD-Nachrichten sendet, um die T1 VCs zu spülen.

[0057] Der Sender hält die folgenden Zustände aufrecht:

Idle: Der Sender wird gerade geschaffen und initialisiert;

Session Initiated: Ein Neustartsignal wird gesendet, aber die entsprechende Neustart-Ack wurde noch nicht empfangen;

Flush: eine Neustart-Nachricht wurde empfangen und der Sender hat schon die FD-Nachricht gesendet, um den T1 VC zu spülen. Er wartet nun auf die Kanal-Spülungs-Nachricht vom Empfänger; und

In Session: Eine Sitzung wurde errichtet. AAL5-Pakete des Endbenutzers können übertragen werden.

[0058] In ähnlicher Weise, wie das in [Fig. 7](#) beschrieben wurde, ist der Anfangszustand eines Senders, nachdem das inverse MUX-Verfahren aufgebaut wird, "idle". Ein Zustandsübergang wird durch ein Ereignis ausgelöst, wobei es sich hierbei gewöhnlicherweise um eine ankommende Nachricht handelt. Die folgende Tabelle stellt die Zustandsmaschine für den Sender dar:

TABELLE 3

Zustand	Ereignis	Neuer Zustand	Aktion
Idle	Neustart-Anforderung gesendet (eine neue T_Session_N wird gewählt)	Session Initiated	Setze den T_Ses_Init_Timer Setze T_Seq_N = 0
Session initiated	Neustart wurde empfangen und M_Session_N <> T_Session_N (Dies impliziert eine Kollision einer Neustart-Anforderung vom Sender mit einem Neustart vom Empfänger. Der Sender gibt dem Empfänger nach indem er die Sitzungsnummer des Empfängers verwendet.)	Flush	Lösche T_Ses_Init_Timer Setze T_Session_N = M_Session_N, Spüle alle T1 VCs, jeweils mit 3 FD-Nachrichten. Setze T_Flush_Timer
Session Initiated	Neustart empfangen und M_Session_N = T_Session_N	Flush	Lösche T_Ses_Init_Timer Spüle alle T1 VCs jeweils mit 3 FD-Nachrichten Setze T_Flush_Timer
Session Initiated	T_Ses_Init_Timer läuft ab	Session Initiated	Sende Neustart mit der T_Session_N; Setze den T_Ses_Init_Timer zurück
Flush	Kanal-Spülung empfangen und M_Session_N = T_Session_N	In Session	Lösche T_Flush_Timer Sende Neustart-Bearbeitungs-Nachricht. Schalte ursprüngliche Handhabungsvorrichtung auf normale Handhabungsvorrichtung um.
Flush	T_Flush_Timer läuft ab	Flush	Spüle alle T1 VCs jeweils mit 3 FD-Nachrichten. Setze T_Flush_Timer zurück

Flush	Neustart empfangen und M_Session_N = T_Session_N (Die Empfängerseite R_Ses_Init_Timer ist abgelaufen, bevor er erkennt, daß mindestens eine T1 VC gespült wurde. Der T_Flush_Timer beachtet dies. Lösche deshalb die Nachricht.)	Flush	Lösche die Nachricht
Flush	Neustart empfangen und M_Session_N <> T_Session_N (Der Empfänger will einen neuen Neustart, führe dieses aus)	Flush	Setze T_Session_N:= M_Session_N, Spüle alle T1 VCs jeweils mit 3 FD-Nachrichten Setze T_Flush_Timer
In Session	AAL5-Paket empfangen	In Session	Sende Datennachricht mit T_Session_N und T_Seq_N. T_Seq:N:= T_Seq_N + 1
In Session	Kanal gespült empfangen und M_Session_N = T_Session_N	In Session	Sende Neustart beendet
In Session	Neustart empfangen	Flush	Setze T_Session_N:= M_Session_N, Setze T_Seq_N = 0. Spüle alle T1 VCs jeweils mit 3 FD-Nachrichten. Setze T_Flush_Timer Schalte die ursprüngliche VC-Handhabungsvorrichtung auf die Neustart-Handhabungsvorrichtung um.
In Session	Neustart-Anforderung gesendet (Eine neue T_Session_N wird gewählt) (Dieses Ereignis wird durch die Steuer- oder Verwaltungsebene verursacht. Da wir allgemein einen Sender zerstören können und einen neuen Sender Schaffen können, sehe ich nicht, ob dieses Ereignis notwendig ist. Es braucht jedenfalls nicht viel Kodierung, so daß ich es hier einschließe.)	Session initiated	Setze T_Seq_N = 0 Setze den T_Ses_Init_Timer Schalte die ursprüngliche VC-Handhabungsvorrichtung auf die Neustart-Handhabungsvorrichtung um.

VERFAHREN FÜR DEN EMPFÄNGER IM ZWEITEN FORMAT:

[0059] Der Empfänger unterhält die folgenden Variablen für die zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung:

R_Seq_N: speichert die Sequenznummer der nächsten zu erwartenden Datennachricht;

M_Seq_N: ist die Sequenznummer der empfangenen Datennachricht;

R_Session_N: die aktuelle Sitzungsnummer;

R_Ses_Init_Timer: ein Zeitgeber, der gesetzt wird, nachdem ein Neustartsignal gesendet wurde;

M_Session_N: die Sitzungsnummer, die von einer Neustart-Anforderungsnachricht oder einer Neustart-Beendigungsnachricht vom Sender empfangen wurde;

Flush_Count (1 bis n): wobei N die Zahl der T1 VCs ist, die der Empfänger überwacht, ein Zähler, der die FD-Nachrichten zählt, die für eine T1 VC während des Flush-Zustandes empfangen werden; und

Data_Received (1 bis n): wobei n die Zahl der T1 VCs ist, die der Empfänger überwacht, ein Boolesche Variable, die anzeigt, ob der T1 VC ein wirkliche Datennachricht im Sitzungs-Bereit-Zustand empfangen hat.

[0060] Der Empfänger verwendet ferner die folgenden Zustände: Idle: Der Empfänger wird gerade geschaffen und initialisiert

Flush: eine Neustart-Nachricht wird gesendet und der Empfänger wartet darauf, daß alle T1 VCs gespült werden;

Session Ready: eine Sitzung wurde errichtet. AAL5-Pakete des Endbenutzers können empfangen werden.

In Session: Jede T1 VC empfängt eine Datennachricht.

[0061] Dies impliziert, daß alle FD-Nachrichten entweder am Empfänger angekommen sind, oder während der Übertragung verloren gegangen sind. Der Empfänger kann auf die normale Handhabungsvorrichtung um-

schalten.

[0062] Die folgende Tabelle stellt die Zustandsmaschine für den Empfänger dar:

TABELLE 4

Zustand	Ereignis	Neuer Zustand	Aktion
Idle	Neustart-Anforderung empfangen	Flush	Setze R_Session_N:= M_Session_N, Setze R_Seq_N = 0, Sende Neustart, Setze R_Ses_Init_Timer
Flush	FD-Nachrichten wurden von T1 VC(i), i=1 bis n empfangen	Flush oder Session Ready	Flush_Count(i) = Flush_Count(i) + 1; Wenn Flush_Count(i) >= 2 dann lösche R_Ses_Init_Timer. Wenn für alle j, Flush_Count(j) >= 2, j = 1 bis n, dann Sende Kanal Gespült Nachricht, Setze R_Ses_Ready_Timer; wechsele in den 'Session Ready' Zustand
Flush	R_Ses_Init_Timer läuft ab	Flush	Sende Neustart Setze R_Ses_Init_Timer
Flush	Neustart-Anforderung empfangen (Dies impliziert eine Kollision der Neustart-Nachricht vom Empfänger und einer Neustart-Anforderungsnachricht vom Sender, d.h. der Sender und der Empfänger senden Neustart-Anforderungs- und Neustart-Nachrichten jeweils zueinander zu selben Zeit. Der Empfänger setzt sich durch.)	Flush	Verwerfe die Nachricht
Session Ready	R_Ses_Ready_Timer läuft ab	Session Ready	Sende Kanal gespült. Setze R_Ses_Ready_Timer zurück
Session Ready	Datennachricht (nicht FD-Nachricht) auf T1 VC(i) empfangen	Session Ready oder In Session	Data_Received(i) = wahr Lösche R_Ses_Ready_Timer. Behandle die Datennachricht auf dieselbe Art wie im 'In Session' Zustand. Wenn für alle j, Data_Received(j) = wahr, dann Wechsle zum Zustand 'In Session' Schalte auf die normale Handhabungsvorrichtung für alle T1 VCs um
Session Ready	FD-Nachricht empfangen	Session Ready	Verwerfe die Nachricht

In Session	Datennachricht empfangen	In Session	Wenn $M_Seq_N < R_Seq_N$ (Das Paket kommt zu spät, als daß der kreisförmige Steueralgorithmus es noch handhaben könnte) dann verwerfe die Nachricht. Wenn $M_Seq_N > R_Seq_N$ (Das Paket kommt früher als es sollte. Speicher es im Puffer und warte auf andere ankommende Pakete. Später wenn die anderen Pakete kommen und sie Se- quenznummer ausgerichtet wird, werden alle Pakete ausgesandt.) dann spei- chere das AAL5-Paket unter Verwendung des kreisförmigen Steueralgorithmuses. Wenn $M_Seq_N = R_Seq_N$, dann verwende den kreis- förmigen Steueralgorithmus um zu sehen, wie viele AAL5-Pakete sich nun in der Sequenz befinden. Sende alle die AAL5-Pake- te, die sich nicht in der Sequenz befinden, an den Zielendbenutzer und aktua- lisiere R_Seq_N entspre- chend
In Session	Neustart-Anforderung empfangen	Flush	Weise den kreisförmigen Steueralgorithmus an, alle gespeicherten AAL5-Pakete auszusenden. Setze den kreisförmigen Steueralgo- rithmus zurück. Setze $R_Session_N :=$ $M_Session_N$, Setze $R_Seq_N = 0$ Sende Neustart Setze $R_Ses_Init_Timer$ Schalte die T1 VC Handha- bungsvorrichtung auf die Neustart-Handhabungsvor- richtung um.
In Session	Initiere einen Neustart (Dieses Ereignis kann durch die Steuer- oder Verwaltungsebene verur- sacht werden. Dies kann auch auftreten, wenn der Empfänger findet, daß die empfangene Datennachricht sich für eine lange Zeit stark außerhalb der Rei- henfolge befindet.)	Flush	Wähle eine neue $R_Session_N$ Sende Neustart-Nachricht Setze den $R_Ses_Init_Timer$ Setze $R_Seq_N := 0$ Schalte die T1 VC Handha- bungsvorrichtungen auf die Neustart-Handhabungsvor- richtungen um.

[0063] Fig. 10 ist ein Signalsequenzdiagramm, das die Sequenz von Signalen zeigt, die zwischen dem Sender und dem Empfänger übertragen werden, um eine virtuelle Verbindung zwischen ihnen zu synchronisieren. Der Sender (Tx, der erste ATM-Schalter) 220 sendet eine Neustart-Anforderungsnachricht 700 über den Steuerkanal, um einen Neustart zu initiieren und um eine virtuelle Verbindung zwischen dem Empfänger (Rx, der zweite ATM-Schalter) 230 zu errichten. Der Empfänger 230 antwortet dann mit einer Neustart-Nachricht 710. Nach dem Empfangen der Neustart-Nachricht 710 versucht der Sender 220 alle der hängenden ATM-Zellen, die sich innerhalb des ausgewählten VC befinden, durch das Senden einer Anzahl von speziellen Datennachrichten, die FD-Nachrichten genannt werden, deren Sequenznummer 0xFDFDFDFD ist und deren Nutzdaten-Teil leer ist, zu spülen. Als Beispiel sendet der Sender 220 drei (3) FD-Nachrichten 720 auf der T1 VC und initiiert einen Spülungszeitgeber (T_Flush_Timer).

[0064] Der Empfänger 230 bestimmt, nach Empfangen von mindestens zwei aufeinanderfolgenden FD-Datennachrichten 720, daß der VC gespült wurde und fertig ist, und antwortet mit einer Kanal-Spülungs-Nachricht 730 an den Sender 220. Der Sender 220 empfängt danach die Kanal-Spülungs-Nachricht 730, setzt den Spülungs-Zeitgeber zurück und sendet eine Neustart-Beendigungs-Nachricht 740 an den Empfänger 230. Der Sender betrachtet nun die Synchronisation als beendet und ist bereit, Datennachrichten zu übertragen.

[0065] Ein Problem für den Empfänger besteht darin, die Sequenz der AAL5-Pakete wieder zu finden, nachdem sie einmal von einer Vielzahl von VCs in ungeordneter Reihenfolge empfangen wurden. Die Natur der

ATM-Übertragung besteht darin, daß es ihr erlaubt ist, ein AAL5-Paket zu verlieren, aber daß es ihr nicht erlaubt ist, die Pakete in ungeordneter Reihenfolge zu empfangen. Somit muß der Empfänger erkennen, wenn ein Paket verloren wurde oder ein Bit zu spät geliefert wurde, und muß die empfangenen Pakete korrekt neu synchronisieren.

[0066] Gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung ist [Fig. 11](#) ein Blockdiagramm, das einen Ringpuffer zeigt, der von einem empfangenden ATM-Schalter verwendet wird für die Neusynchronisierung der Benutzerpakete, die über eine Vielzahl von Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite empfangen wurden.

[0067] Eine Speichervorrichtung, die als Speicherpuffer **900** bekannt ist, wird von der CPU und dem SAR-Modul, das dem empfangenden ATM-Schalter zugehört, geteilt. Der Speicherpuffer **900** speichert die IMA-Nachrichten, die über eine Vielzahl von Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite vom sendenden ATM-Schalter empfangen werden. Betrachtet man wiederum [Fig. 7](#), so besteht eine IMA-Nachricht aus sechzehn (16) Byte eines IMA-Nachrichtenkopfes und einer variablen Größe von Benutzer-Nutzdaten. In [Fig. 11](#) ist jede Aufzeichnung **910** groß genug, um die empfangene IMA-Nachricht zu speichern. Somit speichert der erste Teil **920** die empfangenen IMA-Nachrichtenkopfdaten und der zweite Teil **930** speichert die empfangenen Benutzer-Nutzdaten.

[0068] Der empfangende ATM-Schalter hält eine kreisförmige Warteschlange von Zeigern **800** aufrecht, um den Status der empfangenen Nachrichten zu verfolgen. Aus Gründen der Beschreibung wird die Markierung CQ verwendet, um die kreisförmige Warteschlange darzustellen, und CQ(l) um ein spezielles Element der kreisförmigen Warteschlange darzustellen. Ein Element von CQ ist entweder ein NIL (initialisierter Wert, der auf keinen speziellen Datensatz innerhalb des Nachrichtenpuffers **900** weist) oder ein Zeigerwert, der auf den beginnenden Teil des Benutzer-Nutzdaten-Teiles **930** eines speziellen Datensatzes **910** innerhalb des Nachrichtenpuffers **900** weist. Auf den Kopf der kreisförmigen Warteschlange wird durch eine Datenstruktur gezeigt, die zwei Komponenten umfaßt: die Head.N Variablenkomponente, die den aktuellen Wert von R_Seq_N (Sequenznummer der nächsten zu erwartenden Datennachricht) und die Head.H Variablenkomponente, die den Index zum Kopfelement der kreisförmigen Warteschlange **800** speichert. Die folgenden zusätzlichen Variablen werden weiterhin durch die kreisförmige Warteschlange verwendet:

LQ: Größe der kreisförmigen Warteschlange;

M_P: Zeiger, der zur gerade empfangenen IMA-Nachricht zeigt. Er wird vom SAR an die CPU gegeben;

User_Payload_P: Zeiger, der auf den Benutzer-Nutzdaten-Teil der IMA-Nachricht zeigt, auf die durch M_P gezeigt wird;

Severely_Out_Of_Order_Count: der Zähler, der die Zahl des Auftretens zählt, wenn ein Nachricht früher empfangen wird, als sie die kreisförmige Warteschlange handhaben kann; und

D: ein ganzzahliger Wert, der die Entfernung zwischen der tatsächlich empfangenen IMA-Nachricht und der Nachricht, die der Empfänger erwartet, darstellt.

[0069] Mit den folgenden Variablen funktionieren die kreisförmige Warteschlange **800** und der Nachrichtenpuffer **900** in der folgenden Art. Wenn eine Datennachricht durch das SAR-Modul, das dem empfangenden ATM-Schalter zugehört, zusammengefügt wird, unterbricht das SAR-Modul die CPU und gibt den M_P Zeiger, der auf die gerade empfangene IMA-Nachricht zeigt, an die CPU. Die CPU wertet den empfangenen Nachrichtentyp, der innerhalb der empfangenen Nachricht gespeichert ist, aus, und bestimmt, daß die Nachricht eine Datennachricht ist. Der User_Payload_P Zeigerwert wird dann berechnet, indem sechzehn (16) Bytes zum M_P Zeigerwert addiert werden. Der User_Payload_P Zeiger zeigt nun auf den Nutzdaten-Teil der empfangenen Nachricht. Die kreisförmige Warteschlange bestimmt dann, ob sich die empfangene Nachricht außerhalb der Sequenz befindet und ob eine Neusynchronisierung notwendig ist. Wenn die Nachricht zu früh oder zu spät empfangen wird und nicht mit der aktuellen Speicherkapazität, die mit dem Nachrichtenpuffer **900** und der kreisförmigen Warteschlange **800** verbunden ist, gehandhabt werden kann, so wird diese spezielle Nachricht verworfen. Wenn beispielsweise der Nachrichtenpuffer **900** genug Speicherplatz hat, um dreißig (30) Nachricht zu behandeln, und nach dem Empfangen der ersten Nachricht die einunddreißigste Nachricht empfangen wird, bevor irgendwelche andere Nachrichten dazwischen empfangen werden, so kann die einunddreißigste Nachricht durch die kreisförmige Warteschlange nicht aufgenommen werden und wird verworfen. Der Algorithmus für die Neusynchronisierung wird unter Verwendung der folgenden Pseudosprachbeschreibungen beschrieben:

$$D = M_Seq_N - R_Seq_N$$

Wenn $D < 0$ dann (*diese Nachricht kommt zu spät an*) Verwirf diese Nachricht und gehe zum Ausgang;

Wenn $D \geq LG$ dann (*diese Nachricht ist zu früh angekommen und die Größe der CQ kann dies Nachricht

nicht handhaben *)

Die Verbindung ist stark außerhalb ihrer Reihenfolge;

Übertragen alle Nachrichten, die innerhalb des Nachrichtenpuffers gespeichert sind, einschließlich der neu empfangenen Nachricht;

$R_Seq_N = M_Seq_N + 1;$

Alle Nachrichten mit einer Sequenznummer kleiner als M_Seq_N sollen beim Empfang verworfen werden;

Severely_Out Of Order Count um 1 erhöhen;

Gehe zum Ausgang;

Wenn $D > 0$ dann (* Nachricht kommt früher als erwartet an, aber die CD-Kapazität kann sie handhaben *)

$CG (Head.H + D) = User_Payload_P;$

Gehe zum Ausgang;

(* An diesem Punkt muß $D = 0$ sein, und die Nachricht ist die, die der Empfänger erwartet. Sende diese Nachricht zusammen mit allen anderen synchronisierten Nachrichten, die innerhalb des Nachrichtenpuffers gespeichert sind *)
Sende die Benutzer-Nutzdaten an das SAR-Modul für eine Übertragung;

Für ($I = 1; I < LQ; I ++$)

Wenn $CQ (j=(Head.H + I) \text{ Mod } LQ)$ dann Sende $CQ(j)$ an SAR-Modul und Nil an den Zeiger;

Sonst Unterbruch;

$R_Seq_N = R_Seq_N + 1;$

$Head.H = (Head.H + 1) \text{ Mod } LQ;$

Gehe zum Ausgang;

Patentansprüche

1. Kommunikationsnetz mit asynchronem Übertragungsmodus (ATM) mit:
einer Kommunikationsverbindung (**30**) hoher Bandbreite;
einer Vielzahl von Kommunikationsverbindungen (**40, 40A, 40B, 40C, 40D**) niedriger Bandbreite;
einem ersten ATM-Kommunikationsschalter (**20**), der mit der Kommunikationsverbindung (**30**) hoher Bandbreite verbunden ist, um einen Strom von ATM-Zellen (OC-3) zu empfangen, wobei der erste ATM-Kommunikationsschalter (**20**) umfasst:
ein erstes Segmentations- und Neuzusammenfügungs- (SAR) – Modul (**310**), um die Vielzahl von ATM-Zellen zu Benutzerpaketen (P1, P2, P3) zusammenzufügen;
eine zentrale Verarbeitungseinheit(CPU) (**320**), um Steuerdaten zu den Benutzerpaketen (P1, P2, P3) hinzuzufügen;
ein erstes Anwendungsmodul (**330**), um den Strom von ATM-Zellen (OC-3) in eine Vielzahl von Unterströmen zu zerlegen und die Vielzahl von Unterströmen über die Vielzahl von Kommunikationsverbindungen (**40, 40A, 40B, 40C, 40D**) niedriger Bandbreite zu übertragen, wobei die ATM-Zellen für jedes Benutzerpaket (P1, P2, P3) über dieselbe Kommunikationsverbindung (**40, 40A, 40B, 40C, 40D**) niedriger Bandbreite übertragen werden, wobei das ATM-Kommunikationsnetz ferner umfasst:
einen zweiten ATM-Kommunikationsschalter (**50**), der mit der Vielzahl von Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite verbunden ist, um die Vielzahl von Unterströmen zu empfangen, wobei der zweite ATM-Kommunikationsschalter (**50**) umfasst:
ein zweites Anwendungsmodul (**370**), um die Vielzahl von Unterströmen basierend auf den Steuerdaten in den Strom von ATM-Zellen erneut zusammenzufügen.

2. ATM-Kommunikationsnetz nach Anspruch 1, wobei die CPU (**320**) die Benutzerpakete empfängt, die durch das erste SAR-Modul (**310**) zusammengefügt wurden, wobei durch Hinzufügen der Steuerdaten zu den zusammengeführten Benutzerpaketen modifizierte Benutzerpakete erzeugt werden und das erste SAR-Modul (**310**) angewiesen wird, jedes modifizierte Benutzerpaket über eine spezielle Verbindung aus der Vielzahl der Kommunikationsverbindungen (**40, 40A, 40B, 40C, 40D**) niedriger Bandbreite zu übertragen.

3. ATM-Kommunikationsnetz nach Anspruch 2, wobei die Steuerdaten eine Sequenznummer umfassen, die die Position des entsprechenden modifizierten Benutzerpakets bezüglich der restlichen Benutzerpakete innerhalb des Stroms von ATM-Zellen (OC-3) identifiziert.

4. ATM-Kommunikationsnetz nach Anspruch 2, wobei die Steuerdaten eine Sitzungsnummer umfassen, die eine virtuelle Verbindung zwischen dem ersten ATM-Kommunikationsschalter (**20**) und dem zweiten

ATM-Kommunikationsschalter (**50**) identifiziert.

5. ATM-Kommunikationsnetz nach Anspruch 2, wobei die CPU (**320**) eine Vielzahl von modifizierten Benutzerpaketen mit einem speziellen Datenwert überträgt, um eine Kommunikationsverbindung zwischen dem ersten ATM-Kommunikationsschalter (**20**) und dem zweiten ATM-Kommunikationsschalter (**50**) zu synchronisieren.

6. ATM-Kommunikationsnetz nach Anspruch 2, wobei das erste SAR-Modul (**310**) ein modifiziertes Benutzerpaket in eine Vielzahl von ATM-Zellen (OC-3) segmentiert und diese Vielzahl von ATM-Zellen (OC-3) über eine spezielle Verbindung aus der Vielzahl der Kommunikationsverbindungen (**40, 40A, 40B, 40C, 40D**) niedriger Bandbreite überträgt.

7. ATM-Kommunikationsnetz nach Anspruch 6, wobei der zweite ATM-Kommunikationsschalter (**50**) ferner umfasst:

eine Vielzahl von Speicherregistern (**380**);

einen zyklischen Puffer, der eine Vielzahl von Speicheradressen speichern kann, wobei jede der Speicheradressen auf ein spezielles Register aus der Vielzahl der Speicherregister zeigt; und

ein zweites SAR-Modul (**360**), um die Vielzahl von ATM-Zellen erneut in ein modifiziertes Benutzerpaket zusammenzufügen, wobei die ATM-Zellen über die spezielle Verbindung aus der Vielzahl der Kommunikationsverbindungen (**40, 40A, 40B, 40C, 40D**) niedriger Bandbreite empfangen wurden und um das modifizierte Benutzerpaket innerhalb eines Registers aus der Vielzahl der Speicherregister zu speichern.

8. ATM-Kommunikationsnetz nach Anspruch 2, wobei die CPU (**320**) ferner eine Vielzahl von Registern (**400A, 400B, 400C, 400D**) umfasst, wobei jedes der Register Daten speichert, die einen Verkehrspegel darstellen, der zu einer speziellen Verbindung aus der Vielzahl der Kommunikationsverbindungen (**40, 40A, 40B, 40C, 40D**) niedriger Bandbreite gehört.

9. ATM-Kommunikationsnetz nach Anspruch 8, wobei die CPU (**320**) durch Auswerten der Vielzahl der Register eine spezielle Verbindung aus der Vielzahl der Kommunikationsverbindungen (**40, 40A, 40B, 40C, 40D**) niedriger Bandbreite auswählt, um das modifizierte Paket zu übertragen.

10. ATM-Kommunikationsnetz nach Anspruch 1, wobei der erste ATM-Kommunikationsschalter (**20**) ferner eine Verkehrlenkungstabelle (**300**) für das Weitergeben des Stroms von empfangenen ATM-Zellen an das erste SAR-Modul (**310**) umfasst.

11. ATM-Kommunikationsschalter (**20**), der mit einer Kommunikationsverbindung (**30**) hoher Bandbreite zum Empfangen eines Stroms von ATM-Zellen (OC-3) und mit einer Vielzahl von Kommunikationsverbindungen (**40, 40A, 40B, 40C, 40D**) niedriger Bandbreite verbunden ist, um die Vielzahl von ATM-Zellen zu übertragen, mit:

einer Schaltkomponente, um die Vielzahl von ATM-Zellen über die Kommunikationsverbindung hoher Bandbreite zu empfangen;

einem SAR-Modul (**310**), um die Vielzahl von ATM-Zellen in eine Vielzahl von Benutzerpaketen (P1, P2, P3) zusammenzufügen;

einer CPU (**320**), um jedes Benutzerpaket aus der Vielzahl der Benutzerpakete (P1, P2, P3) mit einer speziellen Verbindung aus der Vielzahl der Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite zu verknüpfen und um Steuerdaten zu den Benutzerpaketen (P1, P2, P3) hinzuzufügen, wobei das SAR-Modul (**310**) ferner jedes Paket aus der Vielzahl der Benutzerpakete (P1, P2, P3) in zugehörige ATM-Zellen segmentiert und die zugehörigen ATM-Zellen über die zugehörige spezielle Verbindung aus der Vielzahl der Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite überträgt; und

einem ersten Anwendungsmodul (**330**), um den Strom von ATM-Zellen (OC-3) in eine Vielzahl von Unterströmen zu zerlegen und um die Vielzahl von Unterströmen über die Vielzahl von Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite zu übertragen, mit denen die ATM-Zellen verknüpft wurden.

12. ATM-Kommunikationsschalter nach Anspruch 11, wobei die CPU (**320**) mit einer Vielzahl von Registern (**400A, 400B, 400C, 400D**) verbunden ist, wobei jedes Register aus der Vielzahl der Register Daten speichert, die einen Verkehrspegel einer entsprechenden speziellen Verbindung aus der Vielzahl der Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite darstellen.

13. ATM-Kommunikationsschalter nach Anspruch 11, wobei die CPU (**320**) Steuerdaten zu jedem Paket aus der Vielzahl der Benutzerpakete (P1, P2, P3) hinzufügt, wobei die Steuerdaten innerhalb jedes Benutzer-

pakets die Position des entsprechenden Benutzerpakets bezüglich der restlichen Benutzerpakete aus der Vielzahl von Benutzerpaketen angeben.

14. ATM-Kommunikationsschalter nach Anspruch 11, wobei der ATM-Kommunikationsschalter ferner mit einem Empfänger-ATM-Kommunikationsschalter (**50**) verbunden ist und wobei die CPU (**320**) eine Steuernachricht über eine besondere Verbindung aus der Vielzahl von Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite überträgt, um eine virtuelle Verbindung mit dem Empfänger-ATM-Kommunikationsschalter (**50**) zu initiieren.

15. ATM-Kommunikationsschalter (**50**), der mit einer Vielzahl von Kommunikationsverbindungen (**40, 40A, 40B, 40C, 40D**) niedriger Bandbreite verbunden ist, wobei jede einen Unterstrom von ATM-Zellen liefert, die in Benutzerpakete (P1, P2, P3) gruppiert sind, um eine Vielzahl von ATM-Zellen zu empfangen und wobei der ATM-Kommunikationsschalter (**50**) mit einer Kommunikationsverbindung (**60**) hoher Bandbreite verbunden ist, um einen Strom bestehend aus der Vielzahl von ATM-Zellen zu übertragen, mit:
einer Schaltkomponente um die Vielzahl von ATM-Zellen über die Vielzahl von Kommunikationsverbindungen (**40, 40A, 40B, 40C, 40D**) niedriger Bandbreite zu empfangen;
einem SAR-Modul (**360**) für das Zusammenfügen der Vielzahl von ATM-Zellen zu der Vielzahl von Benutzerpaketen (P1, P2, P3); und
einer CPU (**350**), um die empfangene Vielzahl von Benutzerpaketen (P1, P2, P3) zu synchronisieren; wobei das SAR-Modul (**360**) ferner mit der CPU (**350**) verknüpft ist und dem Zerlegen jedes Benutzerpakets aus der Vielzahl von Benutzerpaketen (P1, P2, P3) in die Vielzahl von ATM-Zellen, wobei jedes Benutzerpaket über eine der Kommunikationsverbindungen (**40, 40A, 40B, 40C, 40D**) niedriger Bandbreite empfangen wird, und der sequentiellen Übertragung der ATM-Zellen über die Kommunikationsverbindung (**60**) hoher Bandbreite dient.

16. ATM-Kommunikationsschalter nach Anspruch 15, wobei die Vielzahl der Benutzerpakete ein Paket der ATM-Adaptionsschicht **5** (AAL5) umfasst.

17. ATM-Kommunikationsschalter nach Anspruch 15, wobei die CPU (**350**) ferner einen zyklischen Puffer umfasst, um die Vielzahl von Benutzerpaketen (P1, P2, P3), die durch das SAR-Modul (**360**) zusammengefügt wurden, zu speichern und zu synchronisieren.

18. ATM-Kommunikationsschalter nach Anspruch 15, wobei jedes Paket aus der Vielzahl der Benutzerpakete (P1, P2, P3) Steuerdaten für das Synchronisieren des Benutzerpakets mit den restlichen Paketen aus der Vielzahl der Benutzerpakete umfasst, wobei die CPU (**350**) die Steuerdaten entfernt, die innerhalb jedes Pakets der Benutzerpakete gespeichert sind, die vom SAR-Modul (**360**) zusammengefügt wurden.

19. ATM-Kommunikationsschalter nach Anspruch 18, wobei die Steuerdaten eine Sequenznummer umfassen, um jedes Paket der Benutzerpakete mit den restlichen Benutzerpaketen zu synchronisieren.

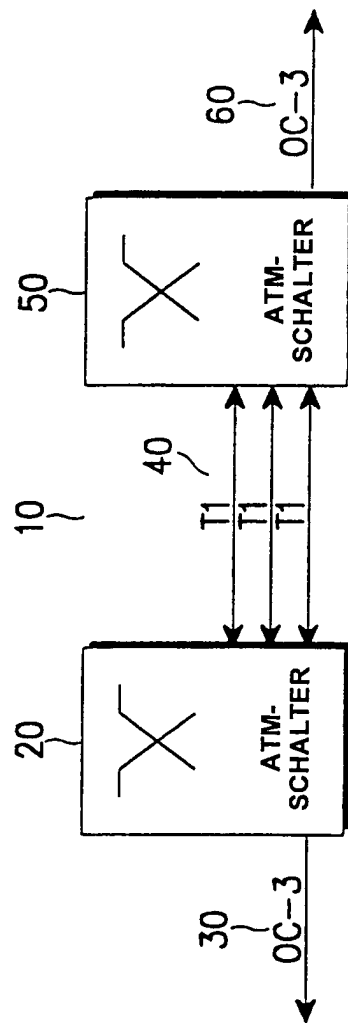
20. Verfahren zum Lenken eines Stroms von ATM-Zellen, die über eine Kommunikationsverbindung (**30**) hoher Bandbreite empfangen werden, über eine Vielzahl von Kommunikationsverbindungen (**40, 40A, 40B, 40C, 40D**) niedriger Bandbreite, mit den Schritten:
Empfangen des Stroms von ATM-Zellen über die Kommunikationsverbindung (**30**) hoher Bandbreite;
Zusammenfügen des Stroms von ATM-Zellen in eine Vielzahl von Benutzerpaketen (P1, P2, P3), wobei jedes der Benutzerpakete eine oder mehrere der empfangenen ATM-Zellen umfasst;
Hinzufügen von Steuerdaten zu jedem Benutzerpaket aus der Vielzahl von Benutzerpaketen (P1, P2, P3), um eine Vielzahl von modifizierten Benutzerpaketen zu erzeugen, wobei die Steuerdaten die Position des Benutzerpakets bezüglich der restlichen Benutzerpakete angibt,
Zerlegen jedes der Vielzahl von modifizierten Benutzerpaketen in einen entsprechenden Unterstrom von ATM-Zellen; und
Lenken jedes Unterstroms von ATM-Zellen über eine Verbindung aus der Vielzahl von Kommunikationsverbindungen (**40, 40A, 40B, 40C, 40D**) niedriger Bandbreite.

21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei die Schritte des Zusammenfügens und des Zerlegens durch ein SAR-Modul (**310, 360**) durchgeführt werden, das zu einem ATM-Verbindungsschalter (**20, 50**) gehört, der mit der Kommunikationsverbindung hoher Bandbreite und mit der Vielzahl von Kommunikationsverbindungen niedriger Bandbreite verbunden ist.

22. Verfahren nach Anspruch 20, wobei der Schritt des Hinzufügens der Steuerdaten zu jedem Paket aus

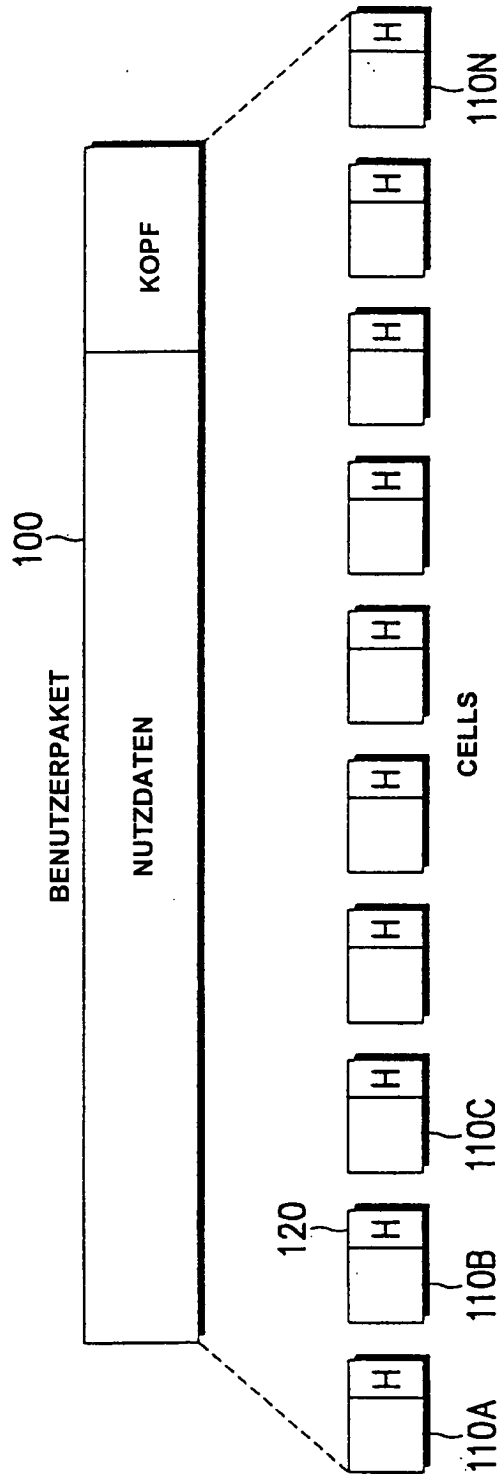
der Vielzahl der Benutzerpakete den Schritt des Hinzufügens einer Sequenznummer für jedes der Benutzerpakete umfasst.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen



STAND DER TECHNIK

FIG. 1



STAND DER TECHNIK

FIG. 2

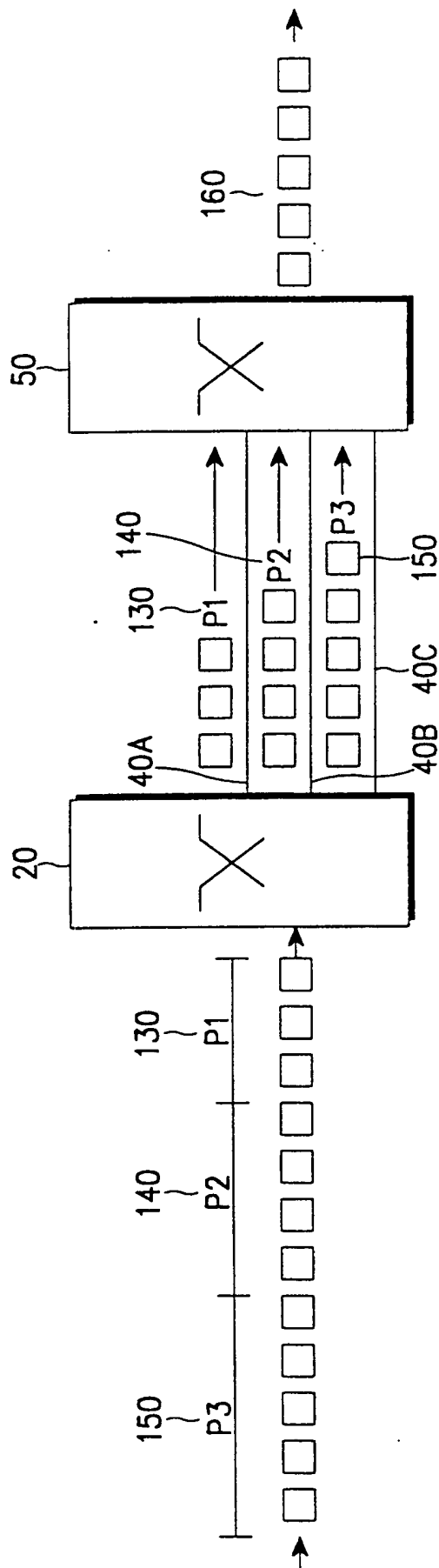


FIG. 3

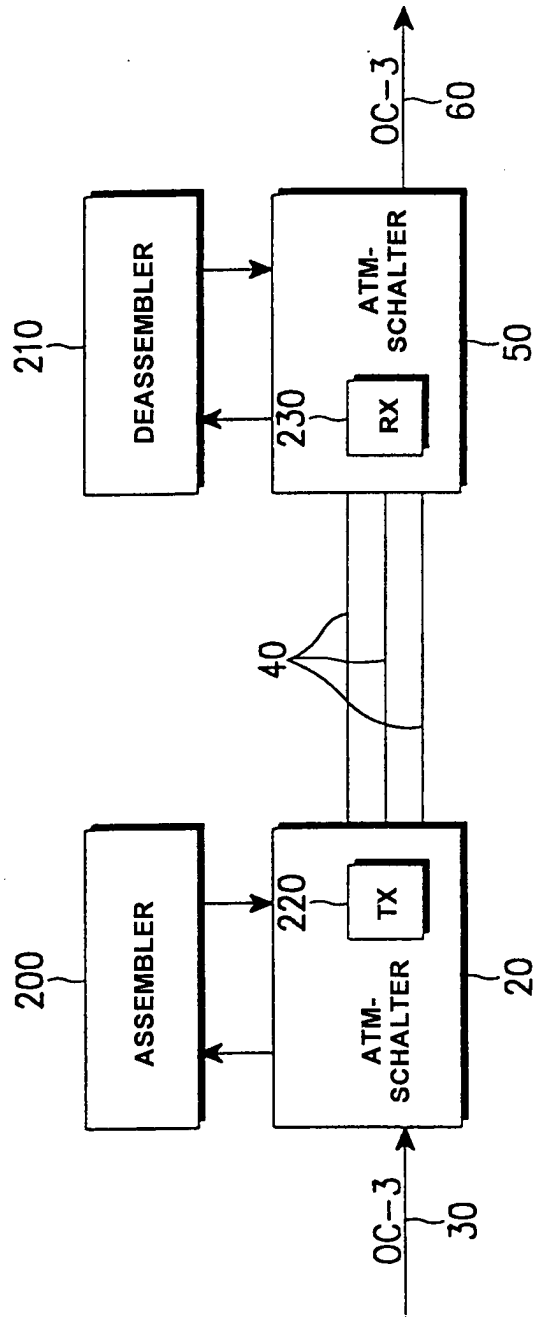


FIG. 4

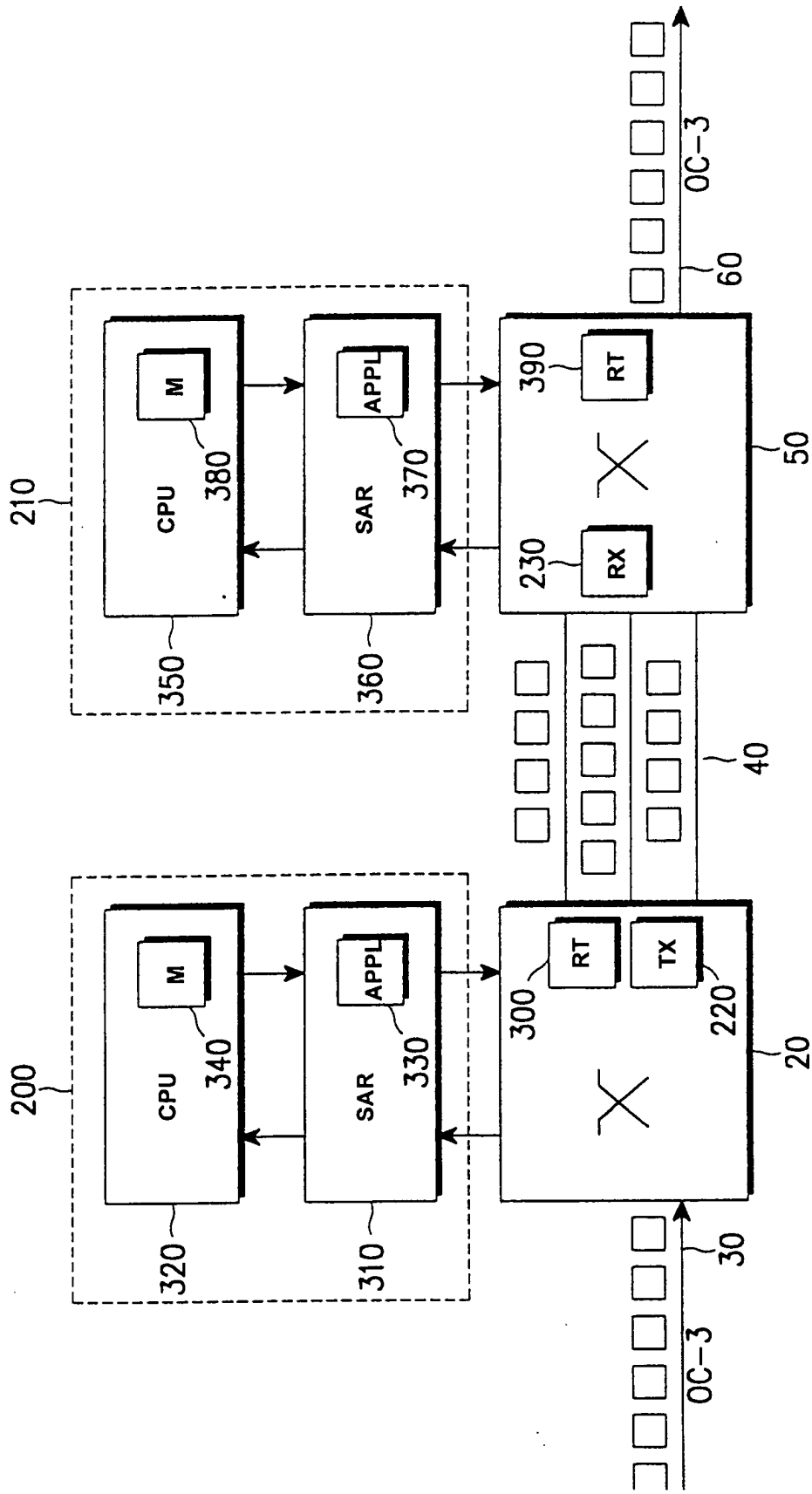


FIG. 5

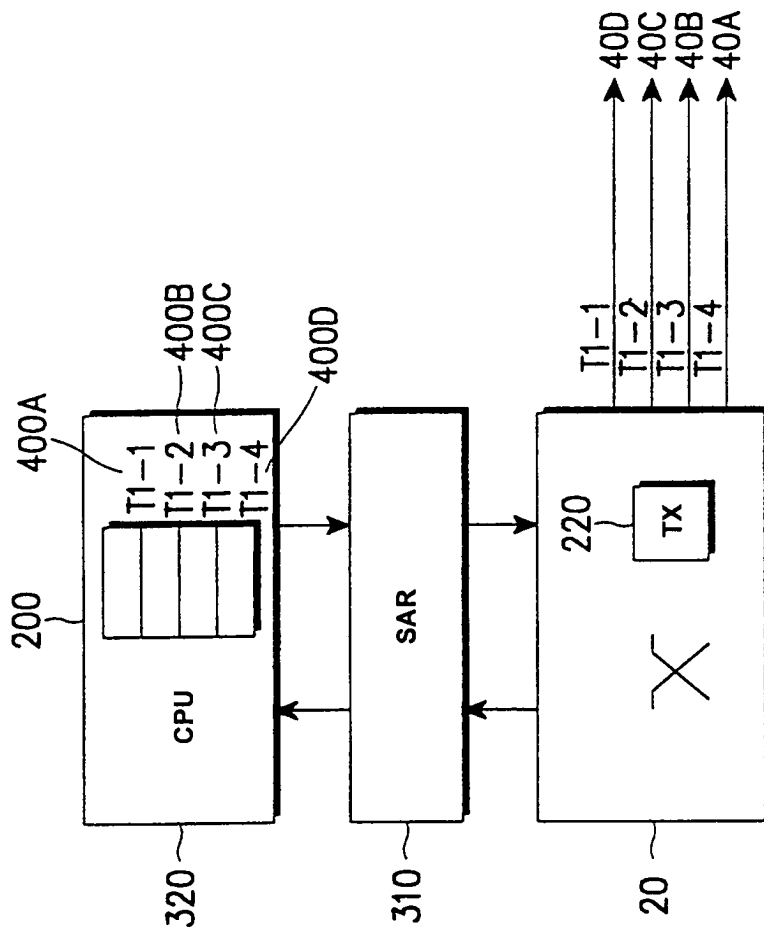


FIG. 6

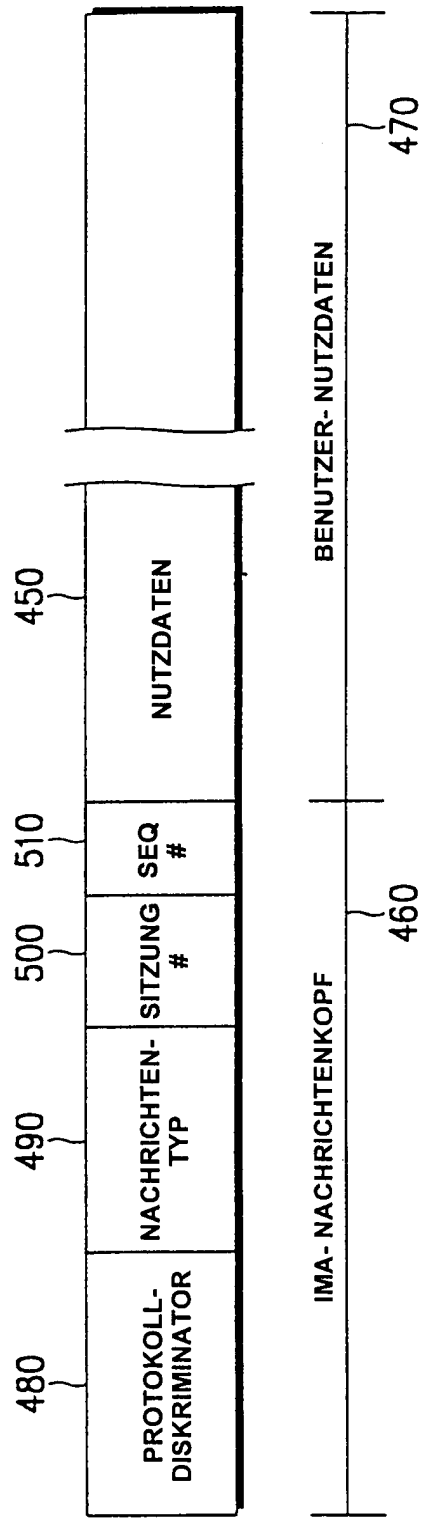


FIG. 7

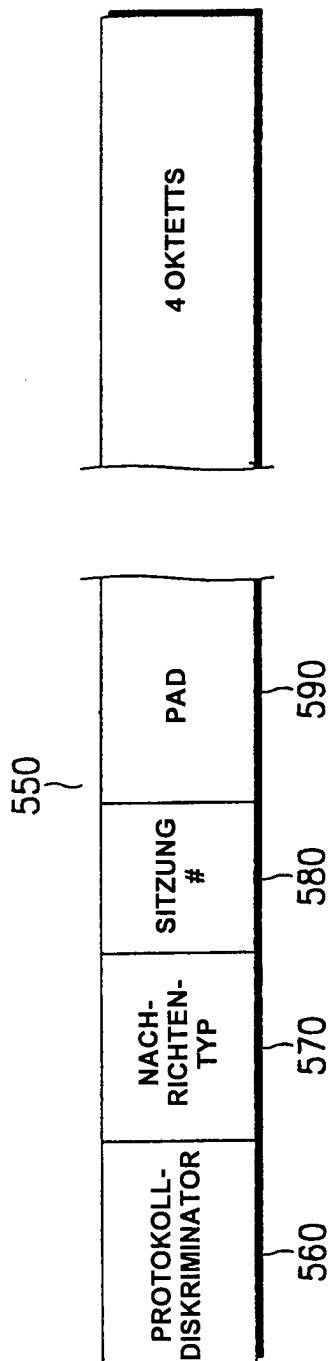


FIG. 8

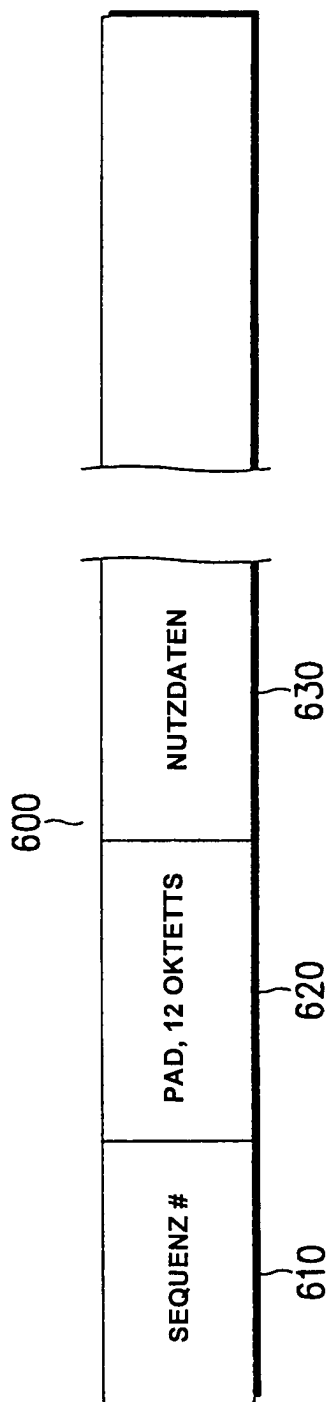


FIG. 9

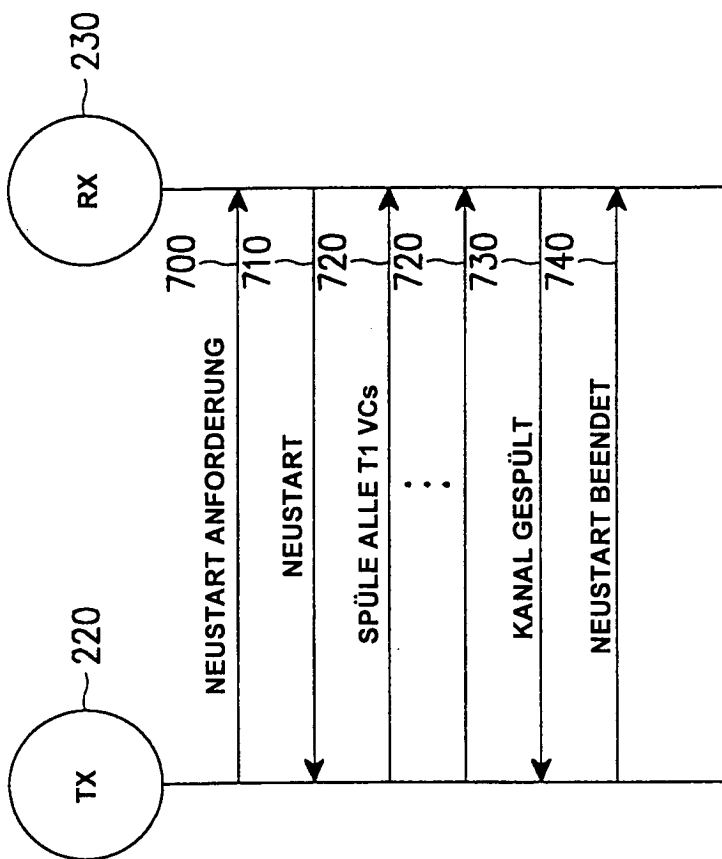


FIG. 10

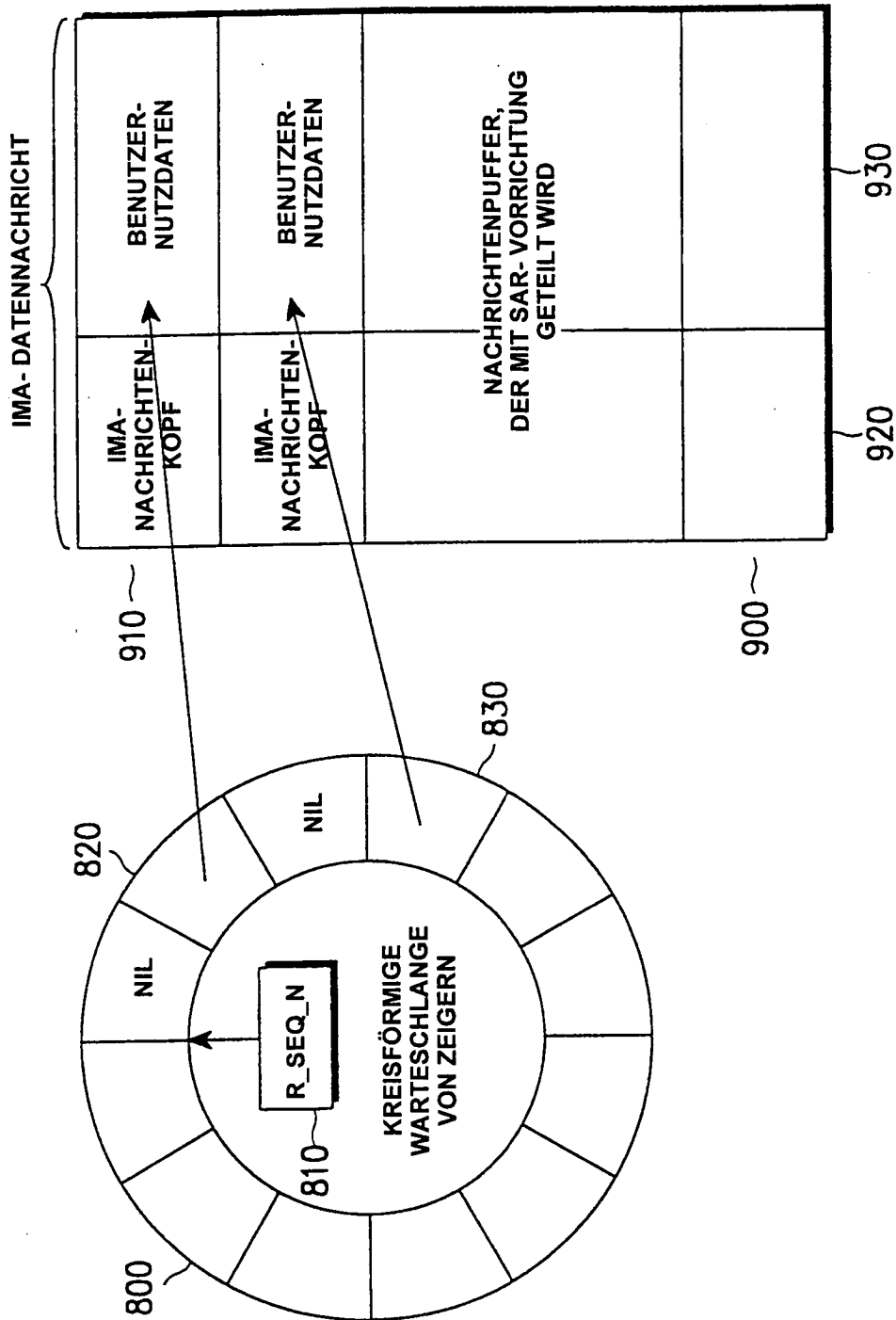


FIG. 11