(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 26 995 T2** 2004.12.30

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 785 699 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 26 995.7**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 300 062.3**
(96) Europäischer Anmeldetag: **07.01.1997**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **23.07.1997**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **02.01.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **30.12.2004**

(51) Int Cl.[7]: **H04Q 11/04**
H04L 12/56

(30) Unionspriorität:
584935 **16.01.1996** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
AT & T Corp., New York, N.Y., US

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(72) Erfinder:
Chiussi, Fabio Massimo, Tinton Falls, New Jersey 07724, US; Kumar, Vijay Pochampalli, Freehold, New Jersey 07728, US; Kneuer, Joseph George, Fair Haven, New Jersey 07704, US

(54) Bezeichnung: **Mehrfachsende-Leitweglenkung in mehrstufigen Netzen**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bereitstellung einer Multicast-Routing-Fähigkeit in einem selbstroutenden mehrstufigen Netzwerk und insbesondere zur Bereitstellung einer verteilten Multicast-Routing-Fähigkeit.

Allgemeiner Stand der Technik

[0002] Ein Vermittlungsnetz im asynchronen Transfermodus (ATM) hat das Ziel, Zellentransport von einem Eingangsport zu einem ("Unicast") oder zu mehreren ("Multicast) Ausgangsports bereitzustellen. Die Fähigkeit, Multicast-Verbindungen abzuwickeln, ist eine wesentliche Anforderung jedes ATM-Vermittlungsarchitekturentwurfs. Bestimmte ATM-Vermittlungen verwenden Minimalbaum-Multicasting, wobei Multicast-Zellen soweit signalabwärts wie möglich in der Vermittlung dupliziert werden. Genauer gesagt wird eine einzige Kopie einer in einem Eingangsport empfangenen Multicast-Zelle an jeder Baumecke sooft dupliziert, wie groß die Anzahl mit ihm verbundener anderer Ecken oder Ausgänge ist. Das Minimalbaum-Multicasting minimiert die mittlere Warteschlangenverzögerung und die erforderliche Puffergröße der Vermittlung. Ein andauerndes Problem in ATM-Vermittlungen ist die Bereitstellung einer Minimalbaum-Multicasting-Fähigkeit, um den Stau zu vermeiden, der auftritt, wenn sich Verzögerungen in einem Ausgangsport auf den für andere Ausgangsports bestimmten Verkehr auswirken.

[0003] EP-A-0 524 350 beschreibt ein Telekommunikationssystem zum Übertragen von Zellen durch Vermittlungsknoten, die durch Übertragungsstrecken verbunden sind. Die Zellen werden unter Verwendung eines aus der Zelle zugeordneten Routing-Daten abgeleiteten Selbstrouting-Etiketts übertragen. Ein Teil der Vermittlungselemente besitzt eine Multicast-Fähigkeit, wobei eine Zelle zu mehreren Abgängen davon und dadurch zu mehreren Streckengruppen, mit denen das Vermittlungsnetz verbunden ist, transferiert werden kann.

[0004] EP-A-0 687 124 beschreibt Multicasting-Routing-Techniken in selbstroutenden mehrstufigen Netzwerken. Die Multicast-Anforderungen werden in eine oder mehrere Zwischen-Multicast-Anforderungen zerlegt, die dann in einem oder zwei Durchgängen durch das Netzwerk abgewickelt werden können. Mit dieser Multicasting-Routing-Technik werden zwei in Konflikt stehende Anforderungen behandelt. (1) Minimierung der Anzahl von Durchgängen durch das Netzwerk und (2) Minimierung der Anzahl interner Strecken. Diese Multicasting-Routing-Technik führt dazu, daß bestimmte Multicast-Anforderungen eine minimale Anzahl interner Strecken verwenden, während andere Zwischen-Multicast-Anforderungen einen einzigen Durchgang durch das Netzwerk verwenden.

Kurze Darstellung der Erfindung

[0005] Eine Vorrichtung und ein Verfahren gemäß der Erfindung werden in den unabhängigen Ansprüchen dargelegt. Bevorzugte Formen werden in den abhängigen Ansprüchen dargelegt.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0006] Es zeigen:

[0007] **Fig.** 1 eine Übersichtsbeschreibung der Funktionsweise des vorliegenden Vermittlungssystems;

[0008] **Fig.** 2 ein Blockschaltbild einer Portkarte;

[0009] **Fig.** 3 ein Blockschaltbild eines Vermittlungsmoduls;

[0010] **Fig.** 4 ein Blockschaltbild einer Vermittlungseinheit;

[0011] **Fig.** 5 das Standard-ATM-Zellenformat;

[0012] **Fig.** 6 eine Kopfteilübersetzungstabelle;

[0013] **Fig.** 7 eine Kopfteilübersetzungsnachschlagetabelle;

[0014] **Fig.** 8 ein Beispiel für Zwei-Ebenenindizierung unter Verwendung von Nachschlagetabellen;

[0015] **Fig.** 9 die Übersetzungs-, Durchsetzungs- und Kopfteilübersetzungstabellen, die bei der Implementierung der vorliegenden Erfindung verwendet werden;

[0016] **Fig.** 10 einen ABM-Speicher;

[0017] **Fig.** 11 eine mehrstufige ATM-Vermittlung, die drei Arten von Gegendruck-Mechanismen verwendet;

[0018] **Fig.** 12 ein Gegendruck-Bitmap-Format;

[0019] **Fig.** 13 ein Gegendruck-Bitmap-Format; und

[0020] **Fig.** 14 ein Flußdiagramm der Operationssequenzen der vorliegenden Erfindung.

Allgemeine Beschreibung

[0021] In der folgenden Beschreibung ist jedem Posten oder Block in jeder Figur eine Bezugskennzeichnung zugeordnet, deren erste Zahl die Figur angibt, in der dieser Posten zuerst zu finden ist (z. B. **110** befindet sich in **Fig.** 1).

[0022] Mit Bezug auf **Fig.** 1 wird eine Übersichtsbeschreibung der Funktionsweise des vorliegenden Vermittlungsknotens bereitgestellt. Die Erfindung liefert eine Technik zum Multicasting in ATM-(Asynchroner Transfermodus) oder ähnlichen Vermittlungen.

[0023] **Fig.** 1 zeigt eine repräsentative Implementierung der Erfindung in einem dreistufigen Vermittlungsknoten oder System. In diesem System werden mehrere Eingangsportkarten der Eingangsporteinheit **110** jeweils durch eine einzige interne Strecke **120** mit einer zentralen Verbindungsvermittlungseinheit (die hier auch als ein Koppelfeld bezeichnet wird) **130** verbunden, die ihrerseits durch eine einzige interne Strecke **140** mit jeder einer Vielzahl von Ausgangsportkarten der Ausgangsporteinheit **150** verbunden ist. Die Eingangsporteinheit **110** enthält beispielsweise sechs Eingangsportkarten (0–5), und die Ausgangsporteinheit **150** enthält sechs Ausgangsportkarten (0–5). Bei einer Ausführungsform teilen sich der Eingangsport 0 und der Ausgangsport 0 dieselbe Portkarte 0. Es sind sechs Portkarten gezeigt, die jeweils Verbindung mit 32 Eingängen und 32 Ausgängen bereitstellen. Jede Portkarte enthält integrierte Schaltungen für einen ATM-Schichtmanager (ALM) und einen ATM-Puffermanager (ABM). Bei einer Ausführungsform sind die Tabellen zum Nachschlagen (LUT1, LUT2), Übersetzen (TR), Durchsetzen (POL) und zur Kopfteilübersetzung (HT) sowie der Eingangszähler **903** und der Ausgangszähler **904** (alles später besprochen) Teile einer einzigen ALM-Speichereinheit. Externe Eingangsstrecken **100** und Ausgangsstrecken **160** zu den Eingangs- und Ausgangsporteinheiten sind von oben nach unten beziffert, wobei die 100er Stelle die Eingangs-(Ausgangs-)Porteinheit identifiziert und die beiden unteren Stellen die Subportposition in dieser Eingangs-(Ausgangs-)Porteinheit identifizieren. Zum Beispiel ist ein Eingangssubport 1,02 der Subport 2 der Eingangsporteinheit 1.

[0024] Mit Bezug auf **Fig.** 2 ist ein Blockschaltbild einer beispielhaften Portkarte gezeigt, die mehrere (in der Regel 30) Eingangssubportschaltungen (**210**) und Ausgangssubportschaltungen (**211**) und eine Vielzahl von Steuerlogik- und RAM-Speicherblöcken (**201**–**208**) enthält, die diese Subportschaltungen mit gemeinsamen Verbindungsschaltungen (**212** und **213**) zu und von dem Koppelfeld (**Fig.** 1 oder alternativ **Fig.** 11) verbinden. Die Steuerlogikblöcke in der vorliegenden Implementierung umfassen zwei integrierte Schaltungen, den ATM Schichtmanager (ALM) (**201** und **206**) mit seinem zugeordneten RAM-Speicher (**204**), und den ATM-Puffermanager (ABM) (**202**, **203**, **207** und **208**) mit seinem zugeordneten RAM-Speicher (**205**). Die Eingangs- und Ausgangssubports sind normalerweise für eine Versorgung mit (nicht gezeigten) Übertragungsschnittstelleneinheiten der physikalischen Schicht verbunden. Zum Zweck der Systemkonfiguration und der Verwaltung und zum Verbindungsaufbau sind sowohl der ALM als auch der ABM mit (nicht gezeigten) Mikroprozessorschnittstellen ausgestattet. Der ALM gewährleistet die Eingangsdurchsetzung virtueller Verbindungen, Routing-Nachschläge für das Koppelfeld, Ausgangsadressenübersetzungen für virtuelle Leitungen, Leistungsstatistiken und andere Funktionen, die später und in den Automatenbeschreibungen 1 und 11 des Anhangs ausführlicher beschrieben werden. Der ABM ermöglicht die Eingangs- und Ausgangspufferung, Eingangs-Multicast-Routing und Ratensteuerung für die Ausgangssubports, Staumanagement und Flußsteuerung, zusätzliche Leistungsstatistiken und andere Funktionen, die später und in den Automatenbeschreibungen 2, 3, 9 und 10 des Anhangs ausführlicher beschrieben werden.

[0025] Mit Bezug auf **Fig.** 3 ist ein Blockschaltbild eines Vermittlungsmoduls ASX, das das Koppelfeld **130** von **Fig.** 1 umfaßt, zur Verbindung von sechs Eingangsports IP0–IP5 mit sechs Ausgangsports OP0–OP5 gezeigt. Das ASX-Modul ist eine Vermittlungseinrichtung mit gemeinsam benutztem Speicher mit 6 × 6 Ports, die einen beliebigen Eingangsport zu einem oder mehreren Ausgangsports routet. Es unterstützt Ausgangswarteschlangen, Multicasting, einstufige und mehrstufige Konfigurationen. Außerdem ermöglicht es einen nichtblockierenden verlustlosen Vermittlungsknotenbetrieb. Es wird durch eine Mikroprozessorschnittstelle **301** konfiguriert. Das Vermittlungsmodul ASX enthält sechs Eingangsportschaltungen (**302**) und sechs Ausgangsportschaltungen (**303**), die mit der Zellenpuffereinheit **304** verbunden sind. Die Zellenpuffereinheit **304** ist mit einer Routing- und Arbitrierungsschaltung **305**, konfigurierbaren Verbundlisten **306**, einem Warteschlangenprozessor **307**, einem Gegendruck-Prozessor **308** und der Mikroprozessorschnittstelle **301** verbunden. Die Routing- und Arbitrierungsschaltung **305** und der Gegendruck-Prozessor **308** sind auch mit Eingangs- und Ausgangsports verbunden. In dem Zellenpuffer **304** und der Verbundliste **306** sind sechs Ausgangswarteschlangen OP0–OP5 der in **Fig.** 1 gezeigten ASX-Schaltung verankert und werden ähnlich wie die der ABM-Schaltungen der Portkarte betrieben.

[0026] Mit Bezug auf **Fig.** 11 ist ein beispielhafter Vermittlungsknoten gezeigt, der eine Eingangsporteinheit **1110**, eine dreistufige Vermittlungseinheit (Koppelfeld) **1130** und eine Ausgangsporteinheit **1150** enthält. Der in **Fig.** 11 gezeigte Vermittlungsknoten stellt ein Koppelfeld mit 18 × 18 Ports bereit. Die Eingangs- und Ausgangsporteinheiten **1110** bzw. **1150** werden unter Verwendung derselben Schaltkreise wie die Eingangs- und Ausgangsporteinheiten **110** bzw. **150** von **Fig.** 1 implementiert. Das dreistufige Koppelfeld **1130** ist so implementiert, daß es eine erste (Eingangs-)Stufe **1131** mit sechs Vermittlungsmodulen ASX, eine zweite (Koppelmatrix-)Stufe **1132** mit sechs Vermittlungsmodulen AXB und eine dritte (Ausgangs-)Stufe **1133** mit sechs Vermittlungsmodulen ASX aufweist. Jedes der sechs ASX-Module der ersten Stufe ist als ein 3-zu-6-Expander konfiguriert, der Eingangssignale von beliebigen der drei Portkarten empfangen und der auf beliebige der sechs AXB-Module der zweiten Stufe zugreifen kann. Jedes der sechs AXB-Module der zweiten Stufe ist als eine Koppelmatrix mit 6 × 6 Ports konfiguriert, die auf beliebige der sechs ASX-Module der dritten Stufe zugreifen kann. Jedes der sechs ASX-Module der dritten Stufe ist als ein 6-zu-3 Konzentrator konfiguriert, der an beliebige von drei Portkarten ausgeben kann. Die ASX-Module sind dieselben wie die zuvor mit Bezug auf **Fig.** 3 beschriebenen.

[0027] Die in **Fig.** 4 gezeigten AXB-Module sind prozessorgestützt und enthalten sechs Eingangsports **401**, die mit sechs Ausgangsports **402** und die verbundene Mikroprozessorschnittstelle **403**, dem Gegendruck-Prozessor **404** und der Routing- und Arbitrierungsschaltungen **405** verbunden sind. Der Gegendruck-Prozessor **404** und die Routing- und Arbitrierungsschaltung **405** sind außerdem über Wege **410** bzw. **420** mit den Vermittlungsmodulen der ersten Stufe **1131** und der dritten Stufe **1133** verbunden. Das AXB-Modul ist eine Koppelmatrix-Verbindungseinrichtung mit 6 × 6 Ports. Ein großer Teil der Funktionalität des AXB-Moduls ist der des ASX-Moduls ähnlich. Die einzige verwendete Pufferung befindet sich jedoch in den Eingangsporteinheiten **401** und in den Ausgangsporteinheiten **402**. Das AXB-Modul erfordert beispielsweise keine interne RAM-Speicherung.

[0028] Mittels der vorliegenden Erfindung kann eine ATM-Zelle (oder ein ähnliches Paket), die einer Multicast-Anforderung zugeordnet ist, die an einem beliebigen Eingangsport eines einstufigen (**Fig.** 1) oder mehrstufigen (**Fig.** 11) ATM-Vermittlungssystems empfangen wird, zu einer beliebigen Kombination von Ausgangsports dieser Vermittlung, so wie es durch diese Multicast-Anforderung definiert wird, dergestalt abgeliefert werden, daß die geringstmögliche Anzahl von Speicherungsstellen und Verbindungsstrecken in dieser Vermittlung verwendet wird, um in einem einzigen Durchgang durch die Vermittlung an allen der gewünschten Abgänge (Ausgangsports) anzukommen. Um diese optimale Benutzung von Betriebsmitteln zu erzielen, wird die ursprüngliche Multicast-Anforderung D, die eine Menge gewünschter Abgänge definiert, auf einen oder mehrere Teile einer expliziten Menge von Routen aufgelöst, die einen Minimalbaumweg durch die Verbindungsstrecken der Vermittlung bildet. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Repräsentation dieser optimalen Routenelemente dergestalt, daß die Steuerkomponenten des Vermittlungssystems, einschließlich seiner Speicherungssteuermechanismen und seiner Streckenzuweisungsmechanismen, diese direkt interpretieren können, um die gewünschte optimale Benutzung von Systembetriebsmitteln zu erzielen.

[0029] Das vorliegende Verfahren zum Repräsentieren jedes Teils der optimalen Route besteht darin, die Standard-ATM-Zelle (**500** von **Fig.** 5), die in das Koppelfeld eingegeben wird, zu modifizieren oder zu ergänzen, indem der Kopfteil so modifiziert wird, daß er eine explizite Ausgangsport-Bitmap (z. B. **521** von **Fig.** 5) der Strecken enthält, die von ihrer aktuellen Position aus durch eine oder mehrere Stufen des Koppelfelds zu den gewünschten Ausgangsports durchquert werden sollen. Das Muster der Ausgangsport-Bitmap, das hinzugefügt werden soll, wird aus einer Stelle einer Übersetzungstabelle (**Fig.** 9) extrahiert, die mit der Multi-

cast-Anforderung in der Regel durch Verweis auf die Adresse (VPI, VCI) einer virtuellen Leitung (VC) in dem Zellenkopfteil (**501** von **Fig.** 5) identifiziert wird. Im Fall eines mehrstufigen Koppelfelds (z. B. **Fig.** 11) kann die Ausgangsport-Bitmap den Baumweg nur durch einen Teil der Gesamtzahl von Vermittlungsstufen identifizieren. Am Ende jedes teilweisen Weges wird der bereits durchquerte Teil der Bitmap verworfen und es wird ein neuer Teil der Bitmap extrahiert (oder generiert) und angebunden, wiederum durch Verweis auf die VC-Adresse oder andere systemspezifische Verbindungsinformationen, die in der Implementierung bereitgestellt werden. Diese neue Partialwegbitmap repräsentiert nur Elemente des Subbaums vorwärts der aktuellen Koppelfeldposition in Richtung der Ausgangsportziele. Mit dieser hierarchischen oder modularen Technik der Partialwegzerlegung kann jede Bitmap-Segment- oder Subbaumdarstellung auf einer kleinen Anzahl von Bit gehalten werden, während der durchquerte Gesamtweg aus viel mehr Strecken und Ports bestehen kann, die an einem beliebigen Zeitpunkt oder Ort an die Zelle angebunden werden könnten, ohne die Speicherungs- und Übertragungseffizienz des Vermittlungsknotens oder -Systems zu kompromittieren.

[0030] In jedem Knoten des Vermittlungssystems, d. h. an jedem Punkt der Strecken- und/oder Portverbindung in der Vermittlung muß möglicherweise eine Zelle gespeichert werden, um zu warten, bis sie für einen Zugriff auf jede Vorwärtsstrecke in ihrem Weg an der Reihe ist. Bei der vorliegenden Erfindung wird eine Zelle in jedem Vermittlungsknoten einmal gespeichert, unabhängig von der Anzahl von Strecken, die sie vorwärts dieses Knotens durchqueren muß. Die Technik, um dies zu erzielen, besteht zunächst darin, daß die Zelle mit einem zusätzlichen Bezugszählwertfeld gespeichert wird, wobei dieser Bezugszählwert automatisch aus der Bitmap-Darstellung der Anzahl von Strecken vorwärts des Knotens, in dem die Zelle gespeichert wird, abgeleitet wird. Zweitens werden, während die Zelle gespeichert wird, die Informationen, die benötigt werden, um sie für eine Ablieferung an jede der Strecken, die sie vorwärts dieses Knotens durchlaufen soll, in Warteschlangen einzureihen, auch innerhalb der Zeit gespeichert, die notwendig ist, um eine Zelle von jeder der ankommenden Strecken bzw. jedem der ankommenden Ports zu versorgen. Diese gleichzeitige Speicherung der Multicast-Warteschlangeninformationen stellt sicher, daß, wenn eine Zelle Platz hat, in einen Knoten der Vermittlung einzutreten, ihre Ablieferung an alle vorwärts gelegenen Strecken und/oder Ports aus diesem Knoten in ihrem Multicast-Baum sichergestellt ist. Bei der beschriebenen Implementierung wird die gleichzeitige Speicherung von Multicast-Warteschlangeninformationen auf zwei verschiedene Weisen erzielt.

1. In den Systemelementen mit der höchsten Bandbreite richtet ein vollständig paralleler Warteschlangeneinreihungsmechanismus Einträge für alle Multicast-Ziele der Zelle gleichzeitig mit der Zelle innerhalb der Zellenversorungszeit dieser Elemente ein.
2. In den Elementen mit niedrigerer Bandbreite und insbesondere in denen mit sehr vielen Ausgängen, wird die Bitmap gleichzeitig mit der Zellenspeicherung und innerhalb der Zellenversorgungszeit in einer speziellen Multicast-Stufenwarteschlange gespeichert. Innerhalb der Zellenversorgungszeit werden dann zusätzliche Zeitschlitze bereitgestellt, sodaß eine Vielzahl von Warteschlangeneinträgen von den Multicast-Stufen- zu den Ausgangswarteschlangen gemäß der in jedem Stufenwarteschlangeneintrag gespeicherten Multicast-Ziel-Bitmap erstellt werden kann. Durch Bereitstellen einer ausreichenden Anzahl solcher zusätzlichen Zeitschlitze in jeder Zellenversorgungszeit können die Multicast-Einträge mit einer Rate vorgenommen werden, die die Rate übersteigt, mit der Zellen physikalisch das System verlassen können. Und mit einem solchen Time-Sharing der Warteschlangenhardware kann eine Gesamtökonomie der Implementierung für die Elemente niedrigerer Bandbreite erzielt werden.

Ausführliche Beschreibung

Informationen über virtuelle Verbindungen

[0031] Unter gemeinsamer Bezugnahme auf **Fig.** 9 und 10 wird der Aufbau einer virtuellen Verbindung in dem Vermittlungssystem von **Fig.** 1 beschrieben. Als Reaktion auf eine Multicast-Anforderung eines Anrufers (Schritt **1401** von **Fig.** 14) stellt das Vermittlungssystem eine Kennung einer virtuellen Multicast-Verbindung (VC) her und initialisiert eine Tabelle **900** von **Fig.** 9 für virtuelle Verbindungen (oder Übersetzung), um Informationen, die der VC jedes Anrufers zugeordnet sind, zu speichern und zu aktualisieren. Jeder VC-Tabelleneintrag besteht beispielsweise aus drei aufeinanderfolgenden Wörtern **905**–**907** und hat das in **Fig.** 9 gezeigte Format. Für eine spezifische Portkarte ist die Größe der Tabelle virtueller Verbindungen eine Funktion der maximalen Anzahl ankommender virtueller Verbindungen, für deren Unterstützung der Port ausgelegt ist.

[0032] Die Adresse **901** in der VC-Tabelle **900** wird unter Verwendung des VC_index und eines Zeigers auf die Basisspeicherstelle der Tabelle im Speicher folgendermaßen berechnet:

VC_table_address = VC_table_base + VC_index

[0033] Diese VC-Tabellenadresse **901** wird zum Speichern von dieser virtuellen Multicast-Verbindung zugeordneten Informationen verwendet, darunter:

– Die Ausgangsport-Bitmap (z. B. 36 Bit breit) **905** gibt den Ausgangsport bzw. die Ausgangsports des Vermittlungssystems an, zu dem bzw. zu denen diese Zelle geroutet werden muß. Für eine Unicast-Zelle wird nur ein einziges Bit in dem Feld auf '1' gesetzt; für eine Multicast-Zelle werden mehrere Bit auf '1' gesetzt. Die einzelnen Bit 0 bis 31 entsprechen jeweils Ausgangsports 0 bis 31 einer Ausgangskarte, während die Bit 32–35 identifizieren, welche Ausgangsteilkarte 0–15.

– Das Verzögerungsprioritätsfeld (DP) **911** liefert eine von vier Verzögerungsprioritäten (0–3) für diese virtuelle Verbindung, wobei ein Wert von 0 die niedrigste relative Latenz aufweist.

– Die Warteschlange des Routing-Felds **912** ist einem Eingangsport zugeordnet und wird von der Eingangswarteschlangenlogik dazu verwendet, eine Ausgangswarteschlange (Out0–Out5 auf der Portkarte) zu identifizieren, in der diese Zelle gespeichert werden soll. Auf der Portkarte wird die Port-Bitmap nicht zur Bestimmung der Ausgangswarteschlange verwendet.

– Queue_of_Back pressure (QB) **913** wird von der Eingangswarteschlangenlogik zur Bestimmung von Verkehrsstau in dem Koppelfeld verwendet, und um zu bestimmen, wann Multicast-Zellen zu dem Koppelfeld gesendet werden sollen.

– Connection_Tag **908** dient zum Berechnen einer Adresse (HXLU) in einer Kopfteilübersetzungsnachschlagetabelle (HTL-Tabelle) (**Fig.** 7) für die Portkarte, um ein htm_index zu erhalten. Aus dem htm_index kann eine Adresse in der Kopfteilübersetzungstabelle (HT-Tabelle) (**Fig.** 6) erhalten werden. Die HT-Tabelle ist dort, wo die abgehende oder neue VPI/VCI für jede Verbindung gespeichert wird und von wo aus darauf zugegriffen wird. Das Connection_Tag mit 16 Bit unterstützt bis zu 64 K abgehende VCs. Die HXLU-Daten, das HXLU-Format, die HT-Tabellendaten und das HT-Tabellenformat werden an einem späteren Punkt der vorliegenden Beschreibung beschrieben.

[0034] Mit hergestellter VC-Tabelle ist das Vermittlungssystem (von **Fig.** 1 oder **Fig.** 11) bereit, Standard-ATM-Zellen der angeforderten Multicast-Verbindung zu empfangen.

[0035] Im Schritt **1402** richtet das System die Nachschlagetabellen LUT1, LUT2 von **Fig.** 8, die HT-Tabelle von **Fig.** 6 und die HTL-Tabelle von **Fig.** 7 ein. Im Schritt **1403** empfängt das System die Multicast-Zellen im Standard-ATM-Format.

[0036] Mit Bezug auf **Fig.** 5 wird das Format der an Eingangsporteinheiten **110** von **Fig.** 1 empfangenen Standard-ATM-Zelle **500** beschrieben. Das ATM-Zellenformat enthält einen Standard-ATM-Kopfteil **501**, der fünf Byte (40 Bit) lang ist, und ein Nutzsignal, das 40 Byte lang ist. Der ATM-Kopfteil enthält vier Bit generischer Flußsteuerung (GFC), acht Bit der Kennung des virtuellen Weges (VPI) **502**, 16 Bit der Kennung des virtuellen Kanals (VCI) **503**, drei Bit des Nutzsignaltypanzeigers (PTI), ein Bit der Zellenverlustpriorität (CLP) und acht Bit der Kopfteilfehlersteuerung (HEC).

[0037] Die verschiedenen Schritte **1404** bis **1410** von **Fig.** 4 werden gemäß der vorliegenden Erfindung durch Automaten durchgeführt. Die konkreten Betriebsdetails dieser verschiedenen Automaten werden im Anhang der vorliegenden Beschreibung ausführlicher beschrieben. Die Funktionsweise einer einstufigen ATM-Vermittlung wird durch die Schritte **1401**–**1411** beschrieben und verwendet die Automaten 1–3 und 7–11. Der Betrieb der mehrstufigen ATM-Vermittlung umfaßt die Schritte **1401**–**1406**, **1412**, **1409**–**1411** und verwendet alle Automaten 1–11, die in dem Anhang beschrieben werden.

[0038] In dem (durch den Automaten 1 durchgeführten) Schritt **1404** wird der Kopfteil der ATM-Zelle durch die Eingangsportkarte modifiziert. Das modifizierte Format der Ausgangszelle, die (über Strecken **120** von **Fig.** 1) aus Eingangsporteinheiten **110** ausgegeben und in die Vermittlungseinheit **130** eingegeben wird, ist durch **520** gezeigt und enthält einen lokalen Kopfteil **523**, einen Kopfteil des reduzierten Standards **524** und ein Nutzsignal. Gemäß der vorliegenden Erfindung werden die VPI- und VCI-Segmente des Standard-Kopfteils **501** zum Zugreifen auf Nachschlagetabellen LUT1 und LUT2 von **Fig.** 8, die VC-(Übersetzungs-)Tabelle von **Fig.** 9, die HTL-Tabelle von **Fig.** 7 und die HT-Tabelle von **Fig.** 6 verwendet, um den lokalen Kopfteil zu erzeugen. Der beispielhafte lokale Kopfteil enthält eine Vielzahl von Segmenten, einschließlich eines Prioritätsbit (P), eines Verbindungsetiketts **522**, einer Ausgangsportmap **521**, der Warteschlange des Routing (QR), Versorgungsmerkmalsinformationen (NI, CI), Durchsetzungsinformationen (POL) und eines S-Bit. Der Kopfteil **524** des reduzierten Standards enthält die Segmente GFC, VCI, PTI und CLP des Standard-Kopfteils, die während eines Kopfteilübersetzungsprozesses erhalten werden. Die Kopfteilübersetzung wird in den folgenden Abschnitten ausführlicher beschrieben.

Kopfteilübersetzung

[0039] Der beispielhafte Vermittlungsknoten von **Fig.** 1 kann mit Standard-UNI- und NNI-Schnittstellen arbeiten. Bei einer UNI-Schnittstelle erzeugen die Fünf-Bit-Subportnummer, die acht niedrigstwertigen Bit (LSBs) der VPI **502** und die 14 LSBs der VCI **503** einen potentiellen Adressenraum von 27 Bit. Bei einer NNI-Schnittstelle dienen zusätzliche vier VPI-Bit (die GFC-Bit des Kopfteils der ATM-Zelle **500**) zur Erzeugung eines potentiellen Adressenraums von 31 Bit. Jede Portkarte bildet alle möglichen virtuellen Verbindungen auf maximal 64 K verwendbarer Adressen pro Portkarte ab.

[0040] Ein Index virtueller Verbindungen (VC_Index) dient zur Berechnung eines VC_Address in einer VC-Tabelle **900** (die auch als Übersetzungstabelle bezeichnet wird) (**Fig.** 9), um eine Ausgangsport-Bitmap **905** (die auch als Multicast-Bitmap bezeichnet wird) zu erhalten, die einer bestimmten virtuellen Verbindung zugeordnet ist. Es werden zwei Ebenen der Indizierung verwendet. Für eine UNI-Schnittstelle bildet die erste Ebene jeden Subport in einen Raum von bis zu 8 K eindeutigen VPI-Verbindungen ab. Für eine NNI-Schnittstelle bildet die erste Ebene jeden Subport in einen Raum von bis zu 64 K eindeutigen VPI-Verbindungen ab. Sowohl für UNI- als auch für NNI-Schnittstellen bildet die zweite Ebene jede VPI-Verbindung in einen Raum von bis zu 64 K virtuellen Verbindungen ab. **Fig.** 8 zeigt ein Beispiel für die Zweiebenenindizierung unter Verwendung der Nachschlagetabellen LUT1 und LUT2. Die Subportnummer **801** dient als Zugangs-LUT1_Address zum Erhalten der Zahlen VP_Base und MAX_VPI aus der Tabelle LUT1. Wenn die VPI **502** (die in der ATM-Zelle **500** empfangen wird) zwischen die Zahl_VP Base und VP_Base + MAX_VPI fällt, wird die ATM-Zelle angenommen. Andernfalls wird sie zurückgewiesen. VP_Base + VPI **502** wird als die Zugriffsadresse auf die Tabelle LUT2 (LUT2_Address) und zum Erhalten von VP_Base, MAX_VCI und VCI_Index benutzt. Die ATM-Zelle **500** wird angenommen, wenn die empfangene VPI **502** kleiner als VP_Base + MAX_VCI ist. Andernfalls wird sie zurückgewiesen.

[0041] Wie in **Fig.** 8 gezeigt, lautet die Adresse **901** der VC-Tabelle virtueller Verbindungen, die aus der Tabelle LUT2 erhalten wird, VP_Base + VC_Index, womit auf die VC-(Übersetzungs-)Tabelle **900**, die Durchsetzungstabelle **902** und die Eingangszähler **903** von **Fig.** 9 zugegriffen wird.

[0042] Mit Bezug auf **Fig.** 9 wird genauso auf die Durchsetzungstabelle **902** zugegriffen wie auf die Übersetzungstabelle **900**, und sie liefert Speicher- und Steuerinformationen für Standard-UPC-Betrieb. Das heißt, sie dient zum Markieren oder Ummarkieren der Zellen.

[0043] Die Eingangszähler **903** und die Ausgangszähler **904** dienen zum Sammeln von Statistiken bezüglich des Ergebnisses der Durchsetzung.

[0044] Die VC-Übersetzungstabelle **900** liefert unter Verwendung der VC-Tabellenadresse **901** für jede virtuelle Verbindung Zugang zu der Ausgangsport-Bitmap **905**, dem Verbindungsetikett **908**, der Verzögerungspriorität **911** und dem Routing-Warteschlangen-(QR-)Feld **912**.

[0045] Das Ausgangsport-Bitmap-Feld **905** liefert für die vorliegende beispielhafte Multicast-Verbindung eine Abbildung von dem Eingangsport **102** durch die verbindende Vermittlungseinheit **130**.

[0046] Nachdem auf den Eintrag der Übersetzungstabelle **900** für eine Multicast-Verbindung zugegriffen wurde, kann eine Kopfteilübersetzung erfolgen.

[0047] Kopfteilübersetzung dient zur Erzeugung des lokalen Kopfteils **523** und des Kopfteils **524** des reduzierten Standards für Ausgangszellen, die aus Subportwarteschlangen der Eingangsporteinheiten **110** gelesen werden. Die Kopfteilübersetzung geschieht durch Zugreifen auf die Kopfteilübersetzungs-(HT-)Tabelle **600** (siehe **Fig.** 6), die aus den folgenden Feldern besteht: P (ungerade Parität über Wort); R (reserviert); S (VP-Vermittlungs-Flag); vpi4 (Steuerbit zur Angabe, ob die GFC/VPI-Kopfteilbit ersetzt werden sollen); neues VPI_4 (die 4 höchstwertigen Bit MSB von VPI); neues VPI_8 (die 8 niedrigstwertigen Bit LSB von VPI); und neues VCI (16 Bit).

[0048] Wie bereits erwähnt, wurden während des Verbindungsaufbaus durch den Mikroprozessor für jede abgehende VC neue VPI- und VCI-Werte **601** in der Kopfteilübersetzungs-(HT-)Tabelle von **Fig.** 6 gespeichert. Das als "vpi4-Bit" bezeichnete mit den neuen VPI/VCI-Werten gespeicherte Steuerbit bestimmt, wie die 4 MSBs der neuen VPI behandelt werden sollen. Diese Werte dienen zusammen mit dem VP-Vermittlungs-Flag S und dem ATM-Kopfteil **501** zur Erzeugung des neuen modifizierten Kopfteils (lokaler **523** und Kopfteil **524** des reduzierten Standards) für die Ausgangszelle **520** von **Fig.** 5.

[0049] Die PTI- und CLP-Bit werden aus dem ATM-Kopfteil **501** gelesen und in den Kopfteil **524** des reduzierten Standards der Ausgangszelle **520** eingefügt. Das S-Bit bestimmt, ob die ursprüngliche VCI (die in dem ATM-Kopfteil **501** gespeichert wurde) oder die neue VCI (die in der HT-Tabelle **600** gespeichert wurde) in den abgehenden Kopfteil **524** des reduzierten Standards eingefügt werden soll. Das vpi4-Bit bestimmt, ob das (in dem ATM-Kopfteil **501** gespeicherte) GFC-Feld oder die neue VPI (4 MSB-Bit der in der HT-Tabelle **600** gespeicherten neuen VPI) in das Feld **515** des Kopfteils **524** des reduzierten Standards eingefügt wird. Die übrigen Bit der neuen VPI (8 LSB-Bit der in der HT-Tabelle **600** gespeicherten neuen VPI) werden ebenfalls in das Feld **525** des Kopfteils **524** des reduzierten Standards eingefügt.

[0050] Um die modifizierten Kopfteilsegmente **523** und **524** zu erzeugen, muß über einen Zweiebenennachschlag auf den entsprechenden Eintrag der HT-Tabelle **600** zugegriffen werden. Das Verbindungsetikett des Worts **907** der VC-Tabelle **900** dient als ein Index in die Kopfteilübersetzungs-Nachschlage-(HTL-)Tabelle von **Fig.** 7. Die Adresse eines Worts in der HTL-Tabelle (hxlu) wird aus folgendem gefunden:

hxlu_address = hxlu_base + Verbindungsetikett.

[0051] Das hxlu_address der HTL-Tabelle speichert einen Index (htm_index **701**), der auf htt_address in der HT-Tabelle **600** (**Fig.** 6) zeigt, das dem Verbindungsetikett zugeordnet ist. Das htt_address dient zum Erhalten der neuen VPI- und VCI-Werte sowie der S- und vpi4-Bit für eine gegebene Ausgangszelle, die in dem lokalen Kopfteil **523** und dem Kopfteil **524** des reduzierten Standards gespeichert sind.

[0052] Die Adresse eines Worts in der HT-Tabelle **600** wird aus folgendem gefunden:

htt_address = htt_base + htm_index + htm_offset.

[0053] Für eine Unicast-Zelle wird das htm_offset (das hier auch als Multicast-Adressenoffset bezeichnet wird) als gleich Null definiert. Für eine Multicast-Verbindung werden mehrere Kopfteile (einer für jeden Multicast-Ausgangsport) in aufeinanderfolgenden Speicherstellen gespeichert. Für jede Ausgangsportverbindung der Multicast-Verbindung wird das entsprechende htm_offset verwendet. Das htm_offset dient zum Adressieren jedes der Multicast-Kopfteile.

[0054] Um 64 K Ausgangs-VCs zu unterstützen, sind 64 K Speicherwörter für die HTL-Tabelle **700** erforderlich.

[0055] Das Format der Zelle, die (über die Strecken **140** von **Fig.** 1) aus der Vermittlung **130** ausgegeben und in die Ausgangsporteinheiten **150** eingegeben wird, ist in **Fig.** 5 als **540** gezeigt. Das Format der Zelle **540** enthält einen modifizierten lokalen Kopfteil **542** (wobei das Ausgangsportmapsegment durch eine Ausgangsport-Gegendruck-Map ersetzt wurde), den Kopfteil des reduzierten Standards und das Nutzsignal.

[0056] Das Format der Zelle, die aus den Ausgangsporteinheiten **150** ausgegeben wird, ist in **Fig.** 5 durch **560** gezeigt. Die Zelle **560** ist die durch **500** gezeigte Standard-ATM-Zelle, mit der Ausnahme, daß sie ein neues VPI-Segment aufweist und ein neues VCI-Segment aufweisen kann oder nicht.

[0057] Gemäß der offengelegten Ausführungsform werden alle Tabellen von **Fig.** 6, 7, 8 und 9 in einem ALM-Speicher der integrierten ALM-Schaltung einer Portkarte gespeichert.

Multicast-Verbindungsverarbeitung

[0058] Das folgende Beispiel beschreibt die in der Eingangsporteinheit **110**, in der Vermittlungseinheit **130** und in der Ausgangsporteinheit **150** bereitgestellte Multicast-Verbindungsverarbeitung.

[0059] Als ein Verarbeitungsbeispiel betrachte man eine Zelle, die an dem Eingangsport **102** (d. h. Subport 1,02), in Zuordnung mit einer Multicast-Verbindungsanforderung zur Ablieferung an Ausgangsports **101** (d. h. Subport 1 oder Portkarte 1, Ausgangsport 01), **104**, **203**, **204** und **402**. Die Ablieferung der Multicast-Zellen erfolgt durch eine zwischen dem Eingangsport **102** und den angeforderten Ausgangsports hergestellte virtuelle Verbindung (VC). Wie bereits besprochen, stellt das Vermittlungssystem von **Fig.** 1 in den Schritten **1401** und **1402**, wenn die Multicast-Verbindung zuerst hergestellt wird, als Reaktion auf die Multicast-Anforderung des Anrufers die Tabellen LUT1, LUT2, VC, HTL und HT, einschließlich der Einträge, wie zum Beispiel eine Ausgangsportbitmap PBM, Warteschlangenzahl QN, Verzögerungspriorität DLP und Verbindungsetikett her und assoziiert VPI- und VCI-Kennungen mit allen während der Multicast-Verbindung gesendeten Zellen. In Schritt

1403 werden die Kennungen VPI und VCI dann als Teil des Kopfteils jeder ATM-Zelle (siehe **500** von **Fig.** 5), die durch den Anrufer während dieser Multicast-Verbindung gesendet wird, aufgenommen. Durch die Kennungen VPI und VCI kann der Eingangsport **102** im Schritt **1404** den modifizierten Kopfteil **523** und **524** erzeugen. Die in dem modifizierten Kopfteil **523** und **524** identifizierte Ausgangsport-Bitmap **521** ermöglicht dem Vermittlungsknoten, die gewünschte virtuelle Verbindung zwischen dem Eingangsport **102** und den identifizierten Ausgangsports herzustellen.

[0060] Bei dem vorliegenden Beispiel würde die Ausgangsport-Bitmap für den Ausgangsport **101** (d. h. Ausgangskarte 1, Ausgangsport 01) eine '1 in Bit 1 und nur '0 en in den Bit 0, 2–31 in der Ausgangsport-Bitmap **905** der VC-Tabelle **900** von **Fig.** 9 aufweisen, und die Bit 32–35 der Ausgangsport-Bitmap **905** würden binär auf "0001" codiert, um die Ausgangskarte 1 zu repräsentieren.

[0061] Die ATM-Zelle **500** wird durch in einer Portkarte befindliche Schaltkreise des ATM-Schichtmanagers (ALM) und des ATM-Puffermanagers (ABM) verarbeitet. Bei dem vorliegenden Beispiel würde, da die ATM-Zellen an dem Eingangsport **102** ankommen, der ALM1 und ABM1 der Portkarte 1 die ATM-Zellen verarbeiten.

[0062] Für die vorliegende beispielhafte Multicast-Anforderung soll jede ATM-Zelle durch die verbindende Vermittlungseinheit **130** an die Ausgangsportkarten 1, 2 und 4 mit einem repräsentativen Nutzsignalbitmuster "1101" abgeliefert werden.

Eingangswarteschlangentechnik

[0063] In dem (durch den Automaten 2 durchgeführten) Schritt **1405** werden die Zellen, wenn sie aus Eingangssubports (z. B. Eingangsport **102**) in die Portkarte 1 eingegeben werden, in dem ABM-Speicher (**Fig.** 10) gespeichert. Der ABM-Speicher (**Fig.** 10) enthält zwei getrennte Speicherabschnitte zum Speichern von einer Zelle zugeordneten Informationen: den Zeigerspeicher **1010** und den Zellenspeicher **1020**. Jeder ist in Bereiche unterteilt, die Eingangsabschnitten **1011**, **1021** und Ausgangsabschnitten **1012**, **1025** entsprechen. Die Speicherungsadresse für die Zellen wird aus einer Verbundliste **1001** verfügbarer Speicheradressen (d. h. einer Freiliste) erhalten. Die Verbundliste **1001**, die zellenweise angeordnet ist, dient zum Zugreifen auf Zellenpuffer in dem Eingangsabschnitt **1021** des Zellenspeichers **1020**.

[0064] Auf wohlbekannte Weise wird ein Indizierungsschema verwendet, um jede Zelle auf der Verbundliste **1001** zu verfolgen. Ein Index ist keine physikalische Speicheradresse, sondern ein Offsett in eine Tabelle. Diese Indizes werden verkettet, um eine Verbundliste zu bilden, wobei jeder Index ein Zeiger auf den nächsten Eintrag in der Verbundliste ist. Die Zeiger werden in dem Warteschlangenzeigerabschnitt der Verbundliste **1001** zugeteilt und gespeichert. Es besteht eine eindeutige Korrespondenz zwischen den Zeigern in dem Eingangsverbundlistenspeicher **1001** und den in dem Zellenpuffer **1023** gespeicherten Zellen. Das heißt, daß das Kopfregister einer gegebenen Liste den Index der in dem Zellenspeicher gespeicherten Zelle speichert.

[0065] Die Eingangsport-Bitmap (Wort **521** des lokalen Kopfteils **523**) wird in dem Eingangsport-Bitmapabschnitt **1003** des Zeigerspeichers **1010** gespeichert.

[0066] Zellen, die die Eingangsportkarte verlassen und für das Koppelfeld **1130** bestimmt sind, werden aus dem Zellenspeicher **1020** gelesen und aus einer Eingangsverbundliste **1001** herausgenommen bzw. ausgereiht. In jedem Zeitschlitz wird eine ankommende Zelle in dem Zellenspeicher **1020** gespeichert und eine Zelle aus dem Speicher wird zu dem Koppelfeld **1130** gesendet.

[0067] Um eine Zelle auszureihen, (der durch den Automaten 3 durchgeführte) Schritt **1406**, wird sie aus einer Eingangswarteschlange **1001** entfernt und zu dem Koppelfeld **1130** gesendet (einmal pro Zeitschlitz gemäß einem Leseauswahlalgorithmus). Gemäß dem vorliegenden Leseauswahlalgorithmus, der im Anhang als der als Automat 3 beschriebene Automat beschrieben wird, werden Warteschlangen im Reigenverfahren besucht. Wenn eine Warteschlange leer ist oder wenn alle Verzögerungsprioritäten (Pr0–Pr3) in einer Warteschlange die Gegendruck-Eigenschaft (ausführlich im Automaten 3 beschrieben) aufweisen, dann verliert diese Warteschlange ihre Gelegenheit und wird durch die Auswahllogik übersprungen.

[0068] Nachdem der (durch den Automaten 3 durchgeführte) Schritt **1406** eine Zelle ausgegeben hat, wird diese Zelle wie in dem (durch den Automaten 7 durchgeführten) Schritt **1407** beschrieben durch das Koppelfeld verarbeitet. Wenn eine einstufige Einzeleinrichtung implementiert wird, ist die Funktionsweise dieser Einrichtung (Schritte **1407** und **1408**) im wesentlichen der für die (in einem späteren Abschnitt beschriebenen) Automaten 7 und 8 beschriebenen ähnlich. Der signifikante Unterschied besteht darin, daß Warteschlangen-Ge-

gendruck, statt indirekt durch den (als Teil der Automaten 5, 6 und 7 beschriebenen) Koppelmatrix-???-Prozeß direkt der Ausgangsportkarte signalisiert wird.

[0069] Da die Routing-Bitmap bereits das Routing durch die verbindende Vermittlungseinheit **1130** abdeckt, ist keine VC-zu-Routing-Map-Nachschlagefunktion erforderlich. Die Operationen in der verbindenden Vermittlungseinheit **1130** sind relativ unkompliziert und sind der zuvor beschriebenen Funktionsweise des ABM-Schaltungsspeichers von **Fig.** 10 ähnlich.

[0070] In dem (durch den Automaten **8** durchgeführten) Schritt **1408** wird in beliebigen der Vielzahl von Ausgangswarteschlangen (Out0–Out5) der verbindenden Vermittlungseinheit **1130**, der die fragliche Zelle zugewiesen wurde, nachdem alle anderen Einträge vor dieser fraglichen Zelle versorgt wurden, die Multicast-Zelle aus dem Zellenpuffer **1023** der Eingangsporteinheit extrahiert, der gespeicherte Bezugszählwert wird um eins erniedrigt und die Zelle wird über die dieser Warteschlange zugeordnete Strecke **1140** an die Ausgangsporteinheiten **1150** abgeliefert, wie in **Fig.** 10 gezeigt. Wenn die Erniedrigungsoperation des Bezugszählwerts in einem Nullwert resultiert, zeigt dies an, daß alle Warteschlangeneinträge für diese Zelle versorgt wurden, und der zugeordnete Zellenpuffer in der verbindenden Vermittlungseinheit wird als frei markiert.

[0071] Bei dem Implementierungsbeispiel von **Fig.** 10 erstreckt sich die anfängliche Routing-Bitmap nur durch die Eingangsport- und Verbindungsvermittlungsstufen **1130**. Beim Eingang in die Ausgangsporteinheit muß deshalb ein zweiter Bezug auf die VC-zu-Map-Nachschlageschaltung dieser Einheit (d. h. die Tabellen LUT1, LUT2 und TR) erfolgen.

Ausgangswarteschlangentechnik

[0072] Der folgende Abschnitt gibt eine Übersicht über die Ausgangswarteschlangentechnik auf der Ausgangsportkarte.

[0073] In dem (durch den Automaten 9 durchgeführten) Schritt **1409** werden Zellen, die in die Ausgangsportkarte aus dem Koppelfeld **1130** eintreten, in dem Ausgangsabschnitt des Zellenspeichers (z. B. **1025** von **Fig.** 10) gespeichert, bis sie übertragen werden können. Die Ausgangszellen sind zu 32 Ausgangssubportwarteschlangen mit vier Prioritäts-Verbundlisten pro Warteschlange organisiert. Jede Verbundliste entspricht einer verschiedenen Verzögerungspriorität.

[0074] Die Warteschlangennummer QN und die Verzögerungspriorität DLP aus der Tabelle **900** virtueller Verbindungen (VC) (**Fig.** 9) identifizieren eine von Ausgangswarteschlangen und eine von vier Listen für eine gegebene Zelle und dienen zum Einreihen der Zelle in Warteschlangen auf der entsprechenden Ausgangsverbundliste **1004**.

[0075] Für jede der Listen werden die folgenden Werte geführt:

Kopf	Zeiger auf die erste Zelle der Liste
Ende	Zeiger auf die letzte Zelle der Liste

[0076] Zum Verfolgen jeder Zelle auf einer Liste wird ein Verfahren der indirekten Zeiger verwendet. Kleine Blöcke von Indexwerten, die als Indexpaare (IP) bezeichnet werden, werden verkettet, um eine Verbundliste **551** zu bilden. Jedes IP enthält zwei Felder:

Zellenindex	Index auf das erste Wort der Zellendaten
Nächster Index	Zeiger auf den nächsten Eintrag in der Verbundliste

[0077] Die IPs werden getrennt von dem Zellenpuffer **1023** zugeteilt und in dem Ausgangs-IP-Speicher **1051** gespeichert. Das heißt, daß der Kopf einer gegebenen Liste auf ein IP zeigt: ein Index gibt die Speicherstelle der Zelle an, und der andere Index die Speicherstelle des nächsten IP. Dies erfordert zwei Freilisten: eine für die IPs (IP-Freiliste) und eine für die Zellen (Ausgangsfreiliste).

[0078] Die Ausgangswarteschlangentechnik der Ausgangsportkarte verwendet den Ausgangszeigerspeicher **1012** und den Ausgangszelgenspeicher **1025** von **Fig.** 10.

[0079] Der Ausgangszeigerspeicher **1012** enthält die folgenden Daten für die Ausgangsseite:
- IP-Freiliste (in dem Ausgangs-IP-Speicher **1051** gespeichert)
- Ausgangsfreiliste und Multicast-Listen (in dem Ausgangsverbundlistenspeicher **1004** gespeichert)

– Ausgangslisten (32 Warteschlangen × 4 = 128 Subportlisten; in dem Ausgangs-IP-Speicher **1051** gespeichert)
– Ausgangs-Kopfteilübersetzungsoffsets (in der Ausgangskopfteilübersetzungsoffsettabelle **1052** gespeichert)
– Subport-Bitmaps (eine pro ankommende Verbindung; in der Ausgangs-Subport-Bitmap **1053** gespeichert)
– Subport-Multicast-Bitmaps/-Multicastzähler (einer pro Ausgangszelle, die in dem Zellenspeicher gespeichert ist; in dem Subport-Multicast-Bitmaps-Bereich **1054** gespeichert)
– Reigeneinteilung (in **1005** gespeichert)

[0080] Der Ausgangsindexpaar-IP-Speicher **1051** enthält eine IP-Freiliste und alle aktiven Warteschlangeneinträge für die verschiedenen Ausgangs-Subports. Die Indexpaar-IP-Freiliste ist eine Verbundliste von Indexpaaren (Zellenindex und Verbundzeiger) in **1051** des Zeigerspeichers **1010**, der definiert ist, Ausgangs-IPs zu speichern. Die Liste besteht aus Kopf- und Enderegister, die auf den ersten und den letzten Eintrag in der Liste zeigen. Ein Ausgangs-IP besteht aus zwei Wörtern, wobei das erste Wort der Zellenindex und das zweite der nächste Index ist. Das Zellenindexfeld beträgt 15 Bit, genug zum Adressieren von bis zu 32 K Ausgangszellen in dem Zellenspeicher **1020**. Die erste freie Adresse wird aus dem Wert des in dem Kopfregister der Ausgangs-IP-Freiliste gespeicherten nächsten Index gefunden. Aus der Freiliste entnommene und mit den verschiedenen Subportausgangswarteschlangen verknüpfte IPs werden mit dem Zellenindex der gespeicherten Zelle in dem Ausgangszellenspeicher **1025** modifiziert. Somit können sich mehrere Einträge auf verschiedenen Subport-Warteschlangen alle auf dieselbe Zellenspeicherungsstelle beziehen.

[0081] Der Ausgangs-Verbundlistenspeicher **1004** enthält sowohl die Ausgangsfreiliste als auch die Multicast-Stufenverbundlisten. Die Ausgangsfreiliste ist eine Verbundliste freier Blöcke in dem Zeigerspeicher, die sowohl von Unicast als auch Multicast-Zellen verwendet wird. Die Freiliste besteht aus Kopf- und Enderegistern, die auf den ersten und den letzten Eintrag in der Liste zeigen. Ein Multicast-Stufenverbundlisteneintrag besteht aus einem Wort: dem Nächstindexzeiger. Der Nächstindexzeiger reicht aus, um bis zu 32 K Multicast-Zellen in dem Zellenspeicher zu adressieren. Jede Multicast-Liste (eine für jede Priorität) besteht aus Kopf- und Enderegister, die auf die erste und die letzte Zelle in der Liste zeigen.

[0082] Wenn die Multicast-Warteschlange eine Zelle auf eine Subport-Warteschlange (z. B. Sub0) verknüpft, wird das der Subport-Warteschlange zugeordnete Offset in **1052** gespeichert. Der Offset wird während der Kopfteilübersetzung benutzt, um den Kopfteilübersetzungseintrag für den bestimmten Zweig des Multicast zu finden. In dem Ausgangs-IP-Speicher **1052** befindet sich ein Kopfteilübersetzungsoffset für jedes Zellenindexpaar (IP).

[0083] Die Subport-Bitmap **1054** besteht aus 32 Bit, wobei jedes Bit einem Subport auf einer Ausgangsportkarte entspricht. Jede ankommende VC-Verbindung weist ein zugeordnetes Verbindungsetikett und eine zugeordnete Subport-Bitmap **1054** auf. Die Subport-Bitmap **1054** wird zum Zeitpunkt des Aufbaus einer VC-Verbindung durch den Portkarten-Mikroprozessor geschrieben. Es wird auf sie zugegriffen, nachdem eine Zelle von dem Koppelfeld **1130** ankommt, um die Ausgangs-Subport-Warteschlange zu bestimmen, in die die empfangene Zelle geschrieben wird. Die Subport-Bitmap für eine spezifische Verbindung wird in **1054** unter Verwendung der der Verbindung entsprechenden Verbindungsetikettendaten gefunden. Für eine Unicast-Zelle wird nur ein Bit der Subport-Bitmap **1054** gesetzt und die Zelle wird an die entsprechende Subportliste angehängt. Das Subport-Multicast wird in einem späteren Abschnitt besprochen.

[0084] In dem (durch den Automaten 10 durchgeführten) Schritt **1410** wird, wenn eine Multicast-Zelle an den Kopf einer Multicast-Liste kommt, die Subport-Multicast-Bitmap **1054** abgerufen, um zu bestimmen, für welchen Ort Kopien der Zelle bestimmt sind. Jede Multicast-Zelle in dem Zellenspeicher **1020** weist eine zugeordnete Subport-Multicast-Bitmap **1054** auf, die in dem Zeigerspeicher **1005** gespeichert ist. Nachdem die Subport-Multicast-Bitmap durch den Eintrag am Kopf der Multicast-Warteschlange gelesen wurde, wird an ihrer Stelle ein Multicast-Adressenoffset gespeichert. Jede Ausgangszelle in dem Zellenspeicher ist einem eindeutigen 5-Bit-(32-Zähl-)Multicast-Zähler **1055** zugeordnet, der bestimmt, wieviele Kopien der Zelle erzeugt werden sollen. Der Multicast-Zählwert wird auf '1' initialisiert, wenn eine Unicast-Zelle von dem Koppelfeld empfangen und in den Zellenspeicher geschrieben wird. Wenn eine Multicast-Zelle aus dem Koppelfeld empfangen wird, wird der Multicast-Zähler erst dann initialisiert, nachdem die Subport-Multicast-Bitmap durch die Multicast-Warteschlange gelesen und gescannt wurde. Der Multicast-Zähler **1055** für eine gegebene Zelle wird jedesmal, wenn eine Zelle aus einer Subport-Warteschlange gelesen wird, erniedrigt. Wenn der Multicast-Zählwert gleich 0 ist, wird die Multicast-Zellenspeicherstelle in die Ausgangsfreiliste überführt. Die nächste Multicast-Zelle in der Verbundliste **1004** kommt an den Kopf der Multicast-Liste.

[0085] Die Reigeneinteilung besteht aus einer variablen Anzahl von Einträgen, die in **1005** in dem Zeigerspeicher **1010** gespeichert werden. Es wird ein Eintrag pro Zeitschlitz gelesen.

[0086] Während jedes Zeitschlitzes wird eine Zelle aus einer Subport-Warteschlange entfernt und zu dem Ausgangssubport **1160** gesendet. Der Leseauswahlalgorithmus ist dem der zuvor besprochenen Eingangsseite ähnlich. Anstatt die Warteschlangen in strikter Reihenfolge zu versorgen, werden die Warteschlangen jedoch unter Verwendung eines gewichteten Reigenschemas **1005** variabler Länge versorgt. Jeder Eintrag in der Tabelle spezifiziert die Subportnummer zum Lesen dieses Zeitschlitzes, sowie einen Wert "kein Zellenlesen".

[0087] Die Subport-Ausgangsrate wird durch die Frequenz bestimmt, mit der ein bestimmter Subport in der Einteilung erscheint. Eine beispielhafte Einteilungslänge (L) von **461** ermöglicht Datenraten von 1,5 Mbps bis 622 Mbps in Schritten von 1,5 Mbps. Wenn N als die Anzahl von Einträgen, die sich auf eine bestimmte Subportwarteschlange beziehen, verwendet wird, und L als die Gesamteinteilungslänge, werden die möglichen Raten folgendermaßen berechnet:

Rate = (N/L) × 622,08 Mbs (1 N L)

[0088] Die Verzögerungsprioritäten werden in den Subport-Warteschlangen genauso wie in der Eingangsseite unter Verwendung von zuvor beschriebenen gewichteten Reigeneinteilungen mit 16 Einträgen versorgt.

[0089] Das Datenformat einer Ausgangszelle aus einem Subport, so wie es durch **560** gezeigt ist, ist dasselbe wie das der Eingangszelle, mit der Ausnahme, daß die VPI neu ist und die VCI neu sein kann oder auch nicht.

[0090] Die Subport-Multicast-Operationen laufen folgendermaßen ab:

[0091] Für jede aus dem Koppelfeld **130** empfangene Zelle wird das Verbindungsetikett verwendet, um auf die in dem Zeigerspeicher **510** gespeicherte Subport-Bitmap zuzugreifen. Wenn mehr als ein Bit in der Subport-Bitmap auf '1' gesetzt ist, dann ist die empfangene Zelle eine Multicast-Zelle. Die Zelle wird vorübergehend auf einer speziellen Multicast-Warteschlange gespeichert, bis sie sequenziell auf verschachtelter Basis mit etwaigen Unicast-Zellen anderer virtueller Verbindungen zu allen ordnungsgemäßen Subport-Warteschlangen transferiert wird.

[0092] Zum Beispiel wird angenommen, daß der Warteschlangenprozessor genug Fähigkeit hat, um in jedem Zeitschlitz zwei Zellen in Warteschlangen einzureihen und eine Zelle auszureihen. Wenn etwaige Zellen auf der Multicast-Warteschlange warten, dann wird eine der eingereihten Zellen der Multicast-Warteschlange entnommen und zu der richtigen Subport-Warteschlange gesendet. Unter voller Belastung, wenn in jedem Zeitschlitz eine neue Unicast-Zelle ankommt, führt dies zu Multicast-Zellen, die 1 : 1 mit Unicast-Zellen auf einer bestimmten Subportliste verschachtelt sind. Wenn eine leere Zelle aus dem Koppelfeld empfangen wird, kann sie natürlich durch eine der Multicast-Zellen ersetzt werden. Eine gegebene Zelle bleibt am Kopf der Multicast-Warteschlange, bis sie zu jedem der Subports geschrieben wird, für die sie bestimmt ist, so wie es in der Subport-Bitmap spezifiziert wird. Da eine Multicast-Zelle in bis zu 32 Subport-Warteschlangen geschrieben werden kann, kann es 32 verschiedene Ausgangs-IPs für die Zelle geben, die alle denselben Wert in ihren jeweiligen cell_index-Feldern enthalten, d. h. die alle auf dieselbe Zelle in dem Zellenspeicher zeigen. Wenn die Zelle in jede der Subport-Warteschlangen geschrieben wird, wird sie vom Kopf der Multicast-Liste entfernt und das Kopfregister der Multicast-Liste wird aktualisiert.

[0093] Für die vorliegende beispielhafte Multicast-Anforderung ergibt die Ausgangsporteinheit oben rechts in **Fig.** 10 eine Bitmap-Darstellung für die Ports **101** und **104**, etwa "1001". Es soll dieser Fall angenommen werden, um die zweite Implementierung zu beschreiben, nämlich die für Elemente mit geringerer Leistungsfähigkeit, wie in dem obigen Abschnitt 2 beschrieben. Wie bei der ursprünglichen Übersetzung (in der Eingangsporteinheit) bewirkt die Anwesenheit eines gültigen Routing-Map-Eintrags, daß die Zelle an einer freien Stelle in dem Zellenpuffer der Ausgangsporteinheit gespeichert wird, aber in diesem Fall ohne die Multicast-Routing-Bitmap und mit einem Bezugszählwert gleich der Anzahl von '1'en in der Multicast-Bitmap.

[0094] Gleichzeitig mit der Speicherung der Zelle wird ein Eintrag, der die Multicast-Routing-Bitmap und einen Zeiger auf den Zellenspeicherungspuffer enthält, in die Multicast-Stufenwarteschlange der Ausgangsporteinheit eingetragen. Diese Stufenwarteschlange wäre in der Regel ebenfalls eine FIFO-Warteschlange. Während Multicast-Einträge an den Kopf der Stufenwarteschlange kommen, verteilt die Logik der Ausgangsporteinheit diese einzeln auf die Endausgangswarteschlangen (Leitungen **101** und **104** in dem Beispiel), jeweils mit einer

Kopie des Zeigers auf den Zellenspeicherungspuffer. Indem eine ausreichend hohe Versorgungsrate am Ausgang der Multicast-Stufenwarteschlange bereitgestellt wird, kann eine Kopie der Steuerlogik alle Kopien des Multicasts mit einer größeren Rate als die Ablieferungsraten an die Endausgangsports versorgen. Ein Beschleunigungsfaktor von nur zwei ist ausreichend, um dieses Ziel für Zelleneingaben in beliebiger Kombination von Multicast-Anforderungen, die überhaupt durch die Endausgangsports abgeliefert werden können, zu erreichen.

[0095] Während vorherige eingereihte Einträge an den Ausgangsports versorgt werden, werden schließlich die beiden Kopien (bei **101** und **104** in dem Beispiel) emittiert und der Zellenpufferbezugszählwert wird erniedrigt, und wie oben wird, wenn der Zellenpufferbezugszählwert Null erreicht, der Zellenpuffer als frei markiert.

[0096] Mit Gegendruck wird ein verlustloser Betrieb des Koppelfelds (d. h. der Vermittlungseinheiten **130** und **1130**) sichergestellt und verhindert, daß ein beliebiger Ausgangsport aufgrund eines Überlastzustands einen übermäßigen Anteil des Zellenspeichers einnimmt. Gegendruck wird selektiv auf jede Verzögerungspriorität jeder Warteschlange angewandt. Während jedes Zeitschlitzes wird die maximale Anzahl von einer beliebigen Warteschlangenliste zugeteilten Speicherstellen dynamisch aktualisiert. Wenn die Größe einer beliebigen Liste diese berechnete Schwelle übersteigt, wird ein Gegendruckstatusbit, das dieser Warteschlangenliste entspricht, gesetzt. Kollektiv werden die Statusbit als die Gegendruck-Bitmap bezeichnet. Der Gegendruckstatus für jede Warteschlangenliste gibt an, ob eine Zelle von einer bestimmten Warteschlangenliste zu der nächsten Stufe des Koppelfelds oder Ausgangsports übertragen werden soll oder nicht. Gegendruck-Bitmaps liefern Staurückmeldung von der Ausgangsseite der Ausgangsportkarte **1130** an die Module **1133** der dritten Stufe; den Modulen **1133** der dritten Stufe an die Koppelmatrixmodule **1132** der zweiten Stufe; den Modulen **1132** der zweiten Stufe an die Module **1131** der ersten Stufe; den Modulen **1131** der ersten Stufe an die Eingangsseite der Ausgangsportkarte **1110**.

[0097] Im Schritt **1411**, der durch den Automaten 11 durchgeführt wird, werden Ausgangszellenkopfteile auf der Basis des Verbindungsetiketts und des Ausgangsoffsets wie in den Tabellen 6 und 7 beschrieben übersetzt.

Mehrstufen-Vermittlungseinheitenkonfiguration

[0098] Mit Bezug auf **Fig.** 11 werden die drei Arten von Gegendruckmechanismen beschrieben, die in der Konfiguration der mehrstufigen Vermittlungseinheit **1150** verwendet werden. Diese Gegendruckmechanismen stellen nicht tatsächliche physikalische Konnektivitätswege, sondern logische Wege dar. Zum Beispiel besteht keine eigentliche physikalische Verbindung von einem Modul der ersten Stufe zu der Eingangsseite einer Portkarte.

Dritte Stufe zu zweiter Stufe

[0099] Die Verhinderung des Pufferüberlaufs auf der dritten Stufe, der durch die zweite Stufe verursacht wird, wird in zwei Teilen bewirkt. Während des ersten Teils werden Gegendruckinformationen aus den Modulen **1133** der dritten Stufe zu jedem Koppelmatrixmodul **1132** der zweiten Stufe transferiert. Während des zweiten Teils kommuniziert die zweite Stufe mit den Modulen **1131** der ersten Stufe, wie in einem späteren Abschnitt besprochen wird.

[0100] In jedem Zeitschlitz prüft jedes Modul **1133** der dritten Stufe, welche QR.-Zähler (Queue of Record) die aktuelle dynamische Schwelle überstiegen haben. Die Bit, die Listen entsprechen, die die gegebene Schwelle überstiegen haben, werden in einer Gegendruck-Bitmap gesetzt. Die Gegendruck-Bitmap aus jedem Modul **1133** wird direkt durch eigene Wege zu jedem Koppelmatrixmodul **1132** übermittelt. Man betrachte das Koppelfeld **1130** mit 18 × 18 Ports. Das Gegendruck-Bitmap-Format für Module, die dafür konfiguriert sind, drei Ausgangsports zu unterstützen, ist in **Fig.** 12 gezeigt. Daher überträgt jedes Ausgangsmodul 12 Informationsbit zu jedem Koppelmatrixmodul **1132** von **Fig.** 11. Folglich empfängt jede Koppelmatrix eine vollständige Gegendruck-Bitmap, entsprechend bis zu 18 Ausgangsports einmal pro Zeitschlitz.

Zweite Stufe zu erster Stufe

[0101] Wieder mit Bezug auf **Fig.** 11 wird der Gegendruck der Module **1132** der zweiten Stufe auf die Module **1131** der ersten Stufe gesetzt, um Pufferüberlauf auf den Modulen **1133** der dritten Stufe zu verhindern oder um Ausgangsleitungsstau auf einem Koppelmatrixmodul **1132** zu vermeiden. Die Rückmeldung von zweiter zu erster Stufe wird über einen eigenen Weg übermittelt. Die zweite Stufe liefert die folgende Rückmeldung an die

Module der ersten Stufe: Annahme; Puffer voll in dem Modul der dritten Stufe; Ausgangsleitung auf dem Modul der zweiten Stufe nicht verfügbar.

Erste Stufe zu Eingangsseite der Portkarte

[0102] Gegendruck aus den Modulen **1131** der ersten Stufe auf die Eingangsportkarten **1110** wird gesetzt, um Pufferüberlauf auf den Modulen **1131** der ersten Stufe des Koppelfelds **1130** zu verhindern. Die Anwendung von Gegendruck hängt davon ab, ob die Größe einer Verbundliste (AL-Zähler) eine berechnete Schwelle übersteigt. Der Eingangseite der Leitungskarten, die direkt mit dem gegebenen Modul der Eingangsstufe verbunden sind, wird Rückmeldung übermittelt.

[0103] Die Gegendruckzeichengabe erfolgt in zwei Teilen. Erstens wird die Gegendruck-Bitmap aus einem Modul der ersten Stufe zu dem entsprechenden Modul der dritten Stufe (außer Band) übertragen. Jedes Modul der Eingangsstufe führt eine Gegendruck-Bitmap für die 18 Warteschlangen, die es behandelt, wie in **Fig.** 13 gezeigt. Es dauert zwei Zeitschlitze, um Gegendruck-Bitmaps, die jeder Ebene von der Eingangsstufe zu der Ausgangsstufe entsprechen, zu transferieren. Bei Einebenenkoppelfeldern übermittelt jedes Modul **1131** der ersten Stufe Gegendruckinformationen über einen eigenen Weg an ein Modul **1133** der dritten Stufe.

[0104] Das Ausgangsstufenmodul eines Koppelfelds mit 18 × 18 Ports nimmt die Gegendruck-Maps von jeder Ebene und multiplext die Informationen auf die Port-Bitmap abgehender ATM-Zellen. Das Ausgangsmodul gibt sequenziell alle zwei Zeitschlitze Bitmaps aus, die den Ports 0–8 und 9–17 entsprechen. Daher wird alle zwei Zeitschlitze eine vollständige 72-Bit-Bitmap transferiert. Wenn die Bitmap, die den Ports 0–8 entspricht, zu einer abgehenden ATM-Zelle übertragen wird, wird das Gegendruck-Map-SYNC-Bit auf '1' gesetzt; andernfalls wird das Bit auf '0' gesetzt.

[0105] Falls keine Zelle für eine gegebene Portkarte bestimmt ist, wird eine leere Zelle erzeugt, um die Gegendruck-Bitmap zu dieser Portkarte zu führen.

Ausgangsseite der Portkarte zu dritter Stufe

[0106] Jede Ausgangsportkarte führt ihrem entsprechenden Modul **1133** der dritten Stufe des Koppelfelds **1130** außerdem im Band über Zellen, die von der Eingangsseite der Portkarte **1110** zu dem Koppelfeld übertragen werden, vier Bit Gegendruckstatus (eines für jede Verzögerungspriorität) zu. Die vier Informationsbit werden seriell im Verlauf von vier Zeitschlitzen, beginnend mit der Verzögerungspriorität 0 und endend mit der Verzögerungspriorität 3 übertragen. Ein Ausgangsgegendruck-Sync-Bit (3) begleitet die Informationen. Es wird auf '1' gesetzt, wenn die Verzögerungspriorität '0' gesendet wird. Andernfalls wird es auf '0' gesetzt. Module der ersten Stufe entfernen die beiden Bit Gegendruckinformationen aus ankommenden ATM-Zellen und übermitteln diese Informationen zusammen mit der Ausgangsseite der ersten Stufe des Ausgangsportkartengegendruckstatus über einen eigenen Weg zu den entsprechenden Modulen **1133** der dritten Stufe. Falls bei einer Eingangsportkarte keine Zellen auf dieses Koppelfeld abgezielt sind, erzeugt der ABM eine leere Zelle, um die Verzögerungsprioritätsgegendruckinformationen zu dem Koppelfeld zu führen. Wenn ein Gegendruckbit für eine gegebene Verzögerungspriorität und einen gegebenen Ausgangsport gesetzt ist, hört das gegebene Modul **1133** der dritten Stufe auf, zu diesem Ausgangsport zu übertragende Zellen auszuwählen.

[0107] Gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird eine Hochleistungs-Implementierungsalternative, die zuvor im Abschnitt 1 der allgemeinen Beschreibung erwähnt wurde, beschrieben. Die Multicast-Zelle mit ihrer angehängten Routing-Bitmap erscheint auf dem Eingangsbus zu der spezifischen Zeit (ein oder mehrere Taktintervalle, nicht unbedingt zusammenhängend), die für die Versorgung der Verbindungsstrecke von ihrer Eingangsporteinheit eingeteilt ist. Während dieser reservierten Zeit wird die Zelle in eine freie Speicherstelle in dem Zellenpuffer der verbindenden Vermittlungseinheit ohne ihre Multicast-Routing-Bitmap aber mit einem Bezugszählwert der Anzahl von in dieser Bitmap gesetzten Bit kopiert. Gleichzeitig mit dem Kopiervorgang werden die Bit der Bitmap verwendet, um parallelwarteschlangentechnische Operationen in den Warteschlangen einzuleiten, die durch die Bitmap identifiziert werden und den internen Strecken und Ausgangsporteinheiten zugeordnet sind, an die die Zelle letztendlich abgeliefert wird. Indem somit parallele Hardware und ein gleichzeitiger Betrieb bereitgestellt wird, können die Taktgeschwindigkeiten der Elemente des Systems mit dem höchsten Durchsatz reduziert werden.

Ausführungsbeispiel der Erfindung

[0108] Eine veranschaulichende spezifischere Implementierung der Multicast-Routing-Techniken der vorlie-

genden Erfindung wird in dem angefügten Anhang dargestellt. Der Anhang beschreibt die Operationssequenzen (in einem Pseudocodeformat auf hoher Ebene) für jeden von elf Verarbeitungsautomaten, die zusammen die Funktionen der vorliegenden Erfindung durchführen. Für die Zwecke der vorliegenden Beschreibung wird ein Automat als eine Steuerung definiert, die in einer wohldefinierten Programmsequenz von einem Eingang zu einem Ausgang läuft. Ein Automat wird als ein wohlbekannter Automat implementiert, der Zustandsregister und kombinatorische Logik verwendet. Wenn Daten in Puffern für verschiedene Zeitdauern gespeichert werden, dienen die Puffer als Ausgänge und dann als Eingänge für Automaten, und die „Sequencers" auf jeder Seite werden am einfachsten als separate Automaten aufgefaßt.

[0109] Bevor die Betriebssequenzen für jeden der Automaten beschrieben wird, werden einige allgemeine Aussagen, die alle beschriebenen Automaten betreffen, gemacht. Die Betriebssequenzen verwenden wohlbekannte Programmsteueranweisungen auf hoher Ebene (z. B. if, then, else usw.). Kommentaren, die bestimmte Funktionen oder Anwendungen der Programmanweisungen erläutern, wird "//" vorangestellt, z. B. // dies ist ein Kommentar.

[0110] Die Funktionsweise der verschiedenen Automaten und der Datenfluß zwischen diesen Automaten wird unter besonderer Bezugnahme auf die mehrstufige ATM-Vermittlungsausführungsform beschrieben, die in **Fig.** 11 zusammen mit **Fig.** 1, 3, 4 und anderen gezeigt ist.

[0111] Automat 1 beschreibt die Betriebssequenz für ALM-Eingangsoperationen (für ALM 0–ALM 17 der Eingangsporteinheit **1110** von **Fig.** 11), die in allen Eingangssubports durchgeführt wird.

[0112] Automat 2 beschreibt die Betriebssequenz für das ABM-Eingangspuffereinfügen (für ABM 0–ABM 17 der Eingangsporteinheit **1110** von **Fig.** 11) für jede aus einem ALM empfangene Zelle.

[0113] Automat 3 beschreibt die Betriebssequenz für das ABM-Eingangspufferentladen (für ABM 0–ABM 17 der Eingangsporteinheit **1110** von **Fig.** 11), während jeder Zellenperiode.

[0114] Automat 4 beschreibt die Betriebssequenz für das ASX-Vermittlungseingangspuffereinfügen der ersten Stufe (für jedes ASX-Eingangsmodul 0–5 von **Fig.** 11, mit gemeinsamer Bezugnahme auf **Fig.** 3) für jeden Eingangsport.

[0115] Automat 5 beschreibt die Betriebssequenz für das ASX-Vermittlungsausgangspufferentladen der ersten Stufe (für jedes ASX von **Fig.** 11, mit gemeinsamer Bezugnahme auf **Fig.** 3) für alle parallelen Warteschlangenlisten (über ihre jeweiligen vier Prioritätsniveaus hinweg).

[0116] Automat 6 beschreibt die Betriebssequenz für AXB-Koppelmatrixvermittlungseinrichtung der Mittelstufe (für jede AXB-Koppelmatrix 0–5 von **Fig.** 11, mit gemeinsamem Bezug auf **Fig.** 4) für jeden Eingangsport zyklisch von einem "zufälligen" Startpunkt und in einer "zufälligen" Reihenfolge von diesem Punkt aus.

[0117] Automat 7 beschreibt die Betriebssequenz für das ASX-Vermittlungseingangspuffereinfügen der dritten Stufe (für jedes ASX-Ausgangsmodul 0–5 von **Fig.** 11, mit gemeinsamem Bezug auf **Fig.** 3) für jeden Eingangsport zu einem ASX.

[0118] Automat 8 beschreibt die Betriebssequenz für das ASX-Vermittlungsausgangspufferentladen der dritten Stufe (für jedes ASX-Ausgangsmodul 0–5 von **Fig.** 11, mit gemeinsamem Bezug auf **Fig.** 3) für jeden Ausgangsport eines ASX.

[0119] Automat 9 beschreibt die Betriebssequenz für das ABM-Ausgangspuffereinfügen (für ABM 0–ABM 17 der Ausgangsporteinheit **1150** von **Fig.** 11, mit gemeinsamem Bezug auf **Fig.** 3) für jede von einem ASX-Ausgangsmodul empfangene Zelle.

[0120] Automat 10 beschreibt die Betriebssequenz für das ABM-Ausgangspufferentladen (für ABM 0–ABM 17 der Ausgangsporteinheit **1150** von **Fig.** 11, mit gemeinsamem Bezug auf **Fig.** 3) für jeden Ausgangssubport in einer Reigensequenz.

[0121] Automat 11 beschreibt die Betriebssequenz für ALM-Ausgang (für ABM 0–ABM 17 der Ausgangsporteinheit **1150** von **Fig.** 11, mit gemeinsamem Bezug auf **Fig.** 3) für jede aus dem zugeordneten ABM verfügbare Zelle.

[0122] Das beschriebene veranschaulicht lediglich die Anwendung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung. Fachleute können andere Anordnungen und Verfahren implementieren ohne vom Schutzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

Anhang

[0123] Die folgende Betriebssequenz (bzw. Flußdiagramm) beschreibt die Funktionsweise der einzelnen Verarbeitungs-"MACHINEs" einer mehrstufigen ATM-Vermittlung (**Fig.** 11) gemäß der vorliegenden Erfindung. Eine MACHINE ist eine Steuerung, die in einer wohldefinierten Programmsequenz von einem Eingang zu einem Ausgang läuft. Wenn Dinge in Puffern für variable Zeitdauern gespeichert werden, dienen die Puffer als Ausgänge und dann Eingänge, und die "sequencers" auf jeder Seite des Puffers werden am einfachsten als separate MACHINEs aufgefaßt. Die folgende Beschreibung partitioniert das Implementierungsbeispiel in elf verschiedene MACHINEs, die mit 1 bis 11 beziffert werden.

[0124] In den folgenden Flußdiagrammen wird Kommentaren "//" vorangestellt, also:
// dies ist ein Kommentar.

[0125] Schlüsselwörter, wie etwa "FOR" und "IF" werden in fetten Großbuchstaben geschrieben.

[0126] Dinge, die einzigartig für die vorliegende Erfindung sind, werden durch Kursivschrift hervorgehoben.

[0127] Wichtige logische oder numerische Systemwerte sind fett oder fettkursiv geschrieben.

[0128] Zwei Blockschaltbilder (**Fig.** 1 und **Fig.** 2) zeigen beispielhaft zusätzlich zur **Fig.** 11 die Datenflußbeziehung zwischen den Automaten (machines).

```
MACHINE: 1.-ALM-Eingang (201)

     FOR
```

Alle Eingangssubports (210)

DO

IF

Port hat verfügbare Zelle

THEN

Die Zelle in den ALM einlesen

// Die nächsten Operationen decken die auf VC basierenden ***Nachschlagetabellen-(LUT-)****Funktionen bei Eingang* ab.

Die Kennung VP/VC für virtuelle Leitungen ist der Bezugsindex für alle ATM-Schicht-Steuerfunktionen. In dem folgenden Schritt verwendet die Bezugsimplementierung eine Doppelindirektion der VC-Kennung und VP-Kennung über ***LUT1*** (801) *und* ***LUT2*** (802) *zur Indizierung der VC-Tabelle* (900), *obwohl auch andere Techniken, wie zum Beispiel "hashing" genauso anwendbar sind.*

Index durch LUT1 und LUT2 in den VC-Tabelleneintrag für die Zelle.

Aus der VC-Tabelle folgendes erhalten: eine ***Ausgangsportbitmap*** (905) *für Ziele durch das Koppelfeld, ein eindeutiges* ***Verbindungsetikett*** (908)), *die* ***Verzögerungspriorität*** (911)), *eine* ***Warteschlange der Routing****-Nummer* (912)) *und eine* ***Warteschlange der Gegendruck****-Zahl* (913), *und alles in dem mit der Zelle zu führenden lokalen Kopfteil einfügen*

Standard-Verkehrs-"Durchsetzung" (902)

durchführen, wobei die Zelle je nach Option für die VC verworfen oder geflagt wird

IF

Die Zelle für eine Multicast-VC-Leitung bestimmt ist.

THEN

*Den Wert der **Warteschlange des Gegendrucks** in der **VC-Tabelle** zur Verwendung durch die nächste Zelle dieser VC aktualisieren*

END IF

END IF

DONE

END MACHINE

MACHINE: 2.-ABM-Eingangspuffereinfügung (202)

FOR

Jede Zelle aus dem ALM auf der *Basis der **Warteschlange des Routing** (912) und der **Verzögerungspriorität** (911) die Pufferliste (1001) identifizieren, zu der die Zelle eingereiht werden soll*

// Es gibt vielfältige Schwellenklassen und -methoden, die unter Standardempfehlungen und -implementierungen anwendbar sind. Die vorliegende Erfindung implementiert die dynamische Schwellentechnik (vgl. die gleichzeitig anhängige und eigene US-Patentanmeldung laufende Nr. 08/318007,

registriert am 4.10.1994 von A.K. Choudhury und E.L. Hahne mit dem Titel „Dynamic Queue Length Thresholds In A Shared Memory ATM Switch") für die Zellenakzeptanz unter verschiedenen Werten der Zellenverlustpriorität (CLP), die durch die Quelle gesetzt und möglicherweise durch Durchsetzung aktualisiert wird, sowie für Entscheidungen bezüglich teilweiser Paketverwerfung (PPD) und der Stauverwaltung für frühe Paketverwerfung (EPD).

Ein neuartiges Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß dynamische Schwellentechnik auf mehrere programmierbare Schwellen für die verschiedenen Prioritätsklassen und Arten von Entscheidungen (z.B. CLP, PPD, EPD) erweitert wurde. Diese mehrfach dynamische Schwellentechnik wird im allgemeinen für andere Punkte der Schwellenentscheidung angewandt, die in den folgenden Abschnitten der vorliegenden Beschreibung beschrieben werden.

In diesem Fall ist für die Anwendung ***ABM-Eingangspuffereinfügen*** *die Version des dynamischen Schwellenschemas durch die folgende Funktion gekennzeichnet:*

$$T = \alpha(B - \beta \sum \text{queuelength})$$

wobei α, β und B programmierbare Parameter sind, die für jede der Prioritätsklassen und Arten von Entscheidungen verschieden sein können. Der Parameter α wird in der Regel mit einem Wert von 2^n implementiert, obwohl dies für die Erfindung nicht wesentlich ist. Ohne Begrenzung der Allgemeingültigkeit kann β auf Werte 0 und

1 beschränkt werden, wobei der Wert 0 statischer Schwellentechnik entspricht. Die Summe von ***Queuelength*** *ist die Summe aller Zellen in ABM-Eingangswarteschlangen. Der Parameter B ist die effektive Puffergröße, die von der tatsächlichen Puffergröße verschieden sein kann. Bei der Bezugsimplementierung wird das Ergebnis der Berechnung auf die nächst kleinere ganze Zahl abgeschnitten.*

Für die Einzelheiten der Operation der vorliegenden Erfindungen ist es jedoch nur notwendig, zu identifizieren, daß an jedem Punkt eine Schwellenentscheidung getroffen wird.

DO

IF

Die Pufferliste über der Verwerfschwelle liegt

THEN

Zelle verwerfen

ELSE

IF

Die Zelle akzeptabel ist, aber über einer Stauschwelle liegt

THEN

// *Die Bereitstellung dieses Merkmals an diesem Punkt ist für Vollständigkeit der*

Staumanagementimplementierung, die in sukzessiven Stufen der Architektur bereitgestellt wird, wichtig. Die vorliegende Erfindung umfaßt Techniken zur Unterstützung von Kalkulationen der expliziten Rate (ER) ***in der Versorgung der verfügbaren Bitrate (ABR)****. Dazu gehört Pro-VC-Meldung der Portwarteschlangenbelegung für alle normalen Zellen und der Gesamtpufferbelegung für Zellen des Betriebsmittelmanagement (RM).*

Gespeicherte Zelle mit einem lokalen Stauflag (CI in 523) markieren.

END IF

// Im Fall der Eingangsportpuffer wird jedes Prioritätsniveau jeder Warteschlange in zwei Subwarteschlangen-Verbundlisten unterteilt, eine für Unicast und die andere für Multicast, um das nachfolgend beschriebene ***"Multicast-Gegendruck-Bypass"*** *zu unterstützen. Das folgende beschreibt die speziellen Maßnahmen, die an diese Subwarteschlangenliste angefügt werden sollen.*

Die spezifischen Techniken für ***Multicast-Gegendruck-Bypass*** *sind ein Merkmal der vorliegenden Erfindung für verbesserte Multicast-Leistung, sind aber nicht für ihren Gesamtbetrieb entweder bei Unicast- oder Multicast-Anwendungen wesentlich. Im folgenden wird angemerkt, wo eine Vereinfachung möglich ist. Insbesondere umfaßt das Schema die Kalkulation der* ***Warteschlange des Gegendrucks*** *in dem ALM (oben beschrieben), und auch dies kann entfernt werden.*

Der gesamte unmittelbar folgende Abschnitt bis zum Ende der ***ABM-Eingangspuffereinfüge-MACHINE*** *könnte durch eine einfache Warteschlangenliste für die angegebene* ***Warteschlange des Routing*** *und Priorität ohne Bezugnahme auf die verschiedenen* ***Zellentypen****-Variablen ersetzt werden.*

*Setze das Flag "****Aktueller Zellentyp****" je nach Fall als* ***Unicast*** *oder* ***Multicast***

"Letzter verknüpfter Zellentyp" *für das Subwarteschlangenlistenpaar abrufen. Werte können folgendermaßen lauten:*

Null

Unicast *oder*

Multicast

IF

Der ***letzte verknüpfte Zellentyp Null*** *ist*

THEN

// Beide Subwarteschlangenlisten müssen leer gewesen sein.

*Setze das Flag "****nächsten zu versorgenden Listentyp****" auf den Wert* ***aktueller Zellentyp.***

ELSE

Den ***nächsten verknüpften Zellentyp*** *für die Zelle am Ende der Liste des* ***letzten verknüpften Zellentyps*** *mit* ***aktuellem Zellentyp*** *markieren.*

END IF

IF

Die Subwarteschlangenliste ***aktueller Zellentyp*** *leer ist*

THEN

Verknüpfe die Zelle an den Kopf der Liste ***aktueller Zellentyp*** *und markiere ihren* ***nächsten verknüpften Zellentyp*** *als* ***Null***

ELSE

Verknüpfe die neue Zelle an das Ende der Subwarteschlangenliste ***aktueller Zellentyp*** *und markiere ihren zugeordneten* ***nächsten verknüpften Zellentyp*** *als* ***Null***

END IF

Für das Listenpaar das Flag ***letzter verknüpfter Zellentyp*** *mit* ***aktuellem Zellentyp*** *markieren*

END IF

DONE

END MACHINE

MACHINE: 3.-ABM-Eingangspufferentladen (203)

*// Der ABM empfängt die Eingangs-****Gegendruck-Bitmap*** *(541,), wobei der Gegendruckstatus für alle Zentralkoppelfeldausgänge auf allen Prioritäten angegeben wird. Die ABM erhalten dieses Muster aus dem Koppelfeld über Overhead in dem*

Ausgangszellenstrom (spezifisch durch Wiederverwendung des Ausgangsport-Bitmap-Felds (521).) Dies ist für die hier beschriebene Bezugsimplementierung relevant, aber keine erforderliche Implementierung.

Während jeder Zellenperiode die lokale ***Gegendruck-Bitmap****, die aus dem Koppelfeld empfangen wird, aktualisieren*

FOR

Alle Warteschlangen

DO

*// Bilden der spezifischen Werte "****Warteschlange kann versorgt werden****" für jede Warteschlange*

Zu Anfang ***Warteschlange kann versorgt werden*** *als falsch setzen*

FOR

Alle Prioritäten

DO

If

// Anmerkung: Ohne Multicast-Bypass würde die folgende Prüfung an einer einzigen Warteschlange ohne Bezug auf ***Warteschlange des Gegendrucks*** *implementiert.*[1]

---

[1] Für die hier beschriebene Methode **Warteschlange des Gegendrucks** werden mindestens zwei Alternativen betrachtet:

I. Logische **OR**-Verknüpfung der Gegendruckbit für alle in der

*Die **Unicast-Liste** (Einträge in 1001) ist nicht leer auf dieser Priorität*

AND

*das Gegendruckbit für die Priorität ist **OFF***

OR

*Die **Multicast-Liste** (Einträge in 1001) ist nicht leer auf dieser Priorität*

AND

*das Gegendruckbit für diese Priorität für die **Warteschlange des Gegendrucks** der Kopfzelle (913) ist **OFF***

THEN

*Setze **"Warteschlange kann versorgt werden"** als **true***

Multicast-Map für die Zelle indentifizierten Ausgangsports nehmen. Dies ist offensichtlich stärker einschränkend als die Methode **Warteschlange des Gegendrucks**.

II. Betrachtung des Gegendruckstatus nur an der Warteschlange des Routing, aber mit der Anforderung, daß das Zentralkoppelfeld diesen Gegendruck an den Multicast-Zielen konditioniert. Es wird spezifisch eine Implementierung in dem Koppelfeld betrachtet, bei der eine Zelle, die für Multicasting zu mehreren Ausgangsports eingereiht ist, gegen die Gegendruckschwelle der Warteschlange des Routing gezählt wird, solange sie sich immer noch im Speicher befindet und auf die Ablieferung durch einen beliebigen ihrer Zielports wartet.

END IF

DONE

DONE

// *Die vorliegende Erfindung verfeinert weiterhin den Reigen durch gewichtete Prioritätseinteilung, um eine* ***Priorität versorgt zu werden*** *gemäß einem Auswahlalgorithmus des* ***gewichteten Reigens*** *auszuwählen. Eine solche Vorgehensweise ist nicht neuartig für die vorliegende Erfindung oder wesentlich für die Ansprüche, sondern ist ein Element der Bezugsimplementierung.*

Wählen der ***zu versorgenden Warteschlange*** *(unabhängig von der Priorität) durch* ***Reigen****-Arbitrierung zirkulär von (ausschließlich) der* ***letzten versorgten Position*** *bis zur ersten Position, an der der Wert* ***Warteschlange kann versorgt werden true*** *ist*

Sichern der neu ausgewählten Position der ***zu versorgenden Warteschlange*** *als die letzte in der nächsten Runde zu verwendende versorgte Position*

Verwendung des gewichteten Reigens (oder einer beliebigen anderen Prioritätsrichtlinie) zur Auswahl der ***zu versorgenden Priorität***

Jedesmal, wenn der Wert ***letzte versorgte Position*** *zirkulär über die höchste Portnummer "umläuft" wird die* ***aktuelle Gewichtungsposition*** *zirkulär erhöht (nur Reigenprioritätsversorgung)*

// *Dies ist der erfundene Algorithmus für* ***Multicast-Gegendruck-Bypass***

Die aus den obigen Einreihungs- und Warteschlangen-Auswahlentwicklungen abzurufenden Schlüsselsteuerwerte lauten:

1. ***zu versorgende Warteschlange***
2. ***zu versorgende Priorität***

Die folgenden Steuerwerte sind spezifisch für die Kombination der ***zu versorgenden Warteschlange*** *und der* ***zu versorgenden Priorität***

3. ***Unicast-Warteschlange kann auf dieser Priorität versorgt werden***
4. ***Multicast-Warteschlange kann auf dieser Priorität versorgt werden***
5. ***Nächster zu versorgender Listentyp***

Auf der Basis der oben beschriebenen Warteschlangenauswahlprozedur ist man sicher, daß an diesem Punkt eine auf dieser ***Warteschlange*** *und* ***Priorität*** *zu versorgende Zelle verfügbar ist.*

In der folgenden Beschreibung einer Bezugsimplementierung wird Unicast als zum Umgehen eines Gegendruck-Multicast fähig beschrieben, und gestatten außerdem einem Multicast ohne Gegendruck (weil seine aktuelle ***Warteschlange des Gegendrucks*** *von seiner* ***Warteschlange des Routing*** *verschieden ist), ein Gegendruck-Multicast zu umgehen. Dies ist eine Implementierungsentscheidung, die erfindungsgemäße Technik würde aber auch eine asymmetrische Anwendung der Umgehung ermöglichen, um Unicast zu bevorzugen (oder umgekehrt).*

ANMERKUNG: *In Systemen, die keinerlei Form von* ***Multicast-Bypass*** *implementieren, würden die*

*folgenden Operationen bis zum Ende der **ABM-Pufferentlade-MACHINE** auf Operationen an einer einzigen Warteschlange reduziert.*

IF

Der nächste zu versorgende Listentyp** (Unicast oder Multicast) **kann auf dieser Priorität versorgt werden

THEN

// Dies ist der normale (nicht umgangene) Fall.

*Die **aus dem Puffer zu sendende Zelle** auf die Zelle am Kopf der Subwarteschlange des **nächsten zu versorgenden Listentyps** setzen und sie aus dieser Liste entknüpfen*

*Setze den **angezeigten zu versorgenden nächsten Listentyp** auf den **nächsten verknüpften Zellentyp** der gewählten Zelle (möglicherweise Null)*

ELSE

// Dies ist der Bypass-Fall

*Setze die **zu sendende Zelle aus dem Puffer** auf die Zelle am Kopf der Subwarteschlange gegenüber dem **nächsten zu versorgenden Listentyp** und entknüpfe sie aus dieser Liste*

*Halten des **angezeigten nächsten zu versorgenden Listentyps** als den umgangenen **nächsten zu versorgenden Listentyp***

END IF

// Hier ist eine spezielle Prüfung notwendig, weil die angegebene Warteschlange während einer früheren Umgehung entleert worden sein könnte

IF

*Die **Warteschlange des angegebenen nächsten zu versorgenden Listentyps leer** ist*

THEN

*// **Spezialfall:** die angegebene Liste wurde durch Bypass entleert.*

*Setze den **nächsten zu versorgenden Listentyp** auf die Subwarteschlange gegenüber der **angegebenen nächsten zu versorgenden Liste***

END IF

*Senden der **aus dem Puffer zu sendenden Zelle**, einschließlich ihres lokalen Kopfteils, durch den Ausgangsport zu dem Koppelfeld*

END MACHINE

// Bei dieser Bezugsimplementierung wird ein zentrales Koppelfeld mit drei Stufen in einer Speicher-Raum-Speicher-(MSM-)Konfiguration beschrieben

MACHINE: 4.-Vermittlungs-(ASX-)Eingangspuffereinfügen der ersten Stufe (304-308)

// Dieses Flußdiagramm ähnelt dem des ABM-Puffers, führt bei der Bezugsimplementierung für Multicast-Verbindungen jedoch eine gleichzeitige Verknüpfung mehrerer Warteschlangeneinträge durch. Letzteres ist in der Bezugsimplementierung wesentlich, damit ASX mit

den mehreren von ihm versorgten Eingangsport-einheiten Schritt halten kann.

FOR

Jeden Eingangsport (302)

DO

IF

Eine Zelle aus diesem Eingangsport anwesend ist

THEN

// Die Gegendruckdisziplin in dem Abschnitt ***ALM-Eingangspuffer entladen*** *garantiert, daß immer ein freier Puffer vorhanden sein wird*

Speichern der Zelle in dem ***gemeinsam benutzten Einzelkopiezellenpuffer*** *(304)*

Bezugszählwert für gespeicherte Zelle auf 0 markieren

Zielregister der dritten Stufe *löschen*

FOR

Jedes Bit der ***Ausgangsportbitmap***

DO

IF

Dieses Bit on ist

THEN

*Setze das Bit des **Zielregisters der dritten Stufe** für die parallele Warteschlangengruppe (306 und 307), die dieses Ziel der dritten Stufe versorgt*

END IF

DONE

FOR

*Jede Gruppe der **parallelen Warteschlangenlisten***

DO

*// Nun alle notwendigen Verknüpfungen in den **parallelen Warteschlangenlisten** für die in dem **gemeinsam benutzten Einzelkopiezellenpuffer** gespeicherte Zelle herstellen*

*Die **parallelen Warteschlangenlisten** sind in Gruppen angeordnet, (eine Gruppe pro **(ASX-)Einrichtung** der **Ausgangs-(dritten)Stufe** und wobei jede Gruppe eine Verbundliste auf jeder der vier Versorgungsprioritäten für jeden der Ausgangsports des entsprechenden ASX der dritten Stufe enthält*

*Die Operationen der folgenden **FOR**-Schleife erfolgen gleichzeitig*

IF

*Genau ein Bit des **Zielregisters der***

***dritten Stufe**, das dieser Gruppe entspricht gesetzt ist*

THEN

Einen neuen Eintrag mit der diesem Bit entsprechenden Warteschlangenliste verknüpfen

ELSE IF

*Mehr als ein Bit des dieser Gruppe entsprechenden **Zielregisters der dritten Stufe** gesetzt ist*

THEN

*Wählen, gemäß dem Feld **Warteschlange des Routing** in dem lokalen Kopfteil, genau eines der für diese Gruppe gesetzten Bit und Verknüpfen eines neuen Eintrags mit dieser Warteschlangenliste*

END IF

IF

Wenn ein neuer Eintrag in dieser Gruppe vorgenommen wurde

THEN

*Erhöhen des **Bezugszählwerts** der gespeicherten Zelle um eins*

IF

Die Länge der Warteschlangenliste,

mit der die Zelle verknüpft wurde, die ***Gegendruckschwelle*** *übersteigt*

// *In diesem Fall ist für die Anwendung* ***ASX-Eingangspuffereinfügen*** *die Version des dynamischen Schwellenschemas durch die folgende Funktion gekennzeichnet:*

$T = \alpha(B-(\text{numinputs}\cdot\text{latency})+1-\beta\Sigma\text{queuelength})$

wobei α, β, B *und queuelength wie unter* ***MACHINE: 2, ABM-Eingangspuffereinfügen*** *beschrieben definiert sind. Die Werte* ***numinputs*** *und* ***latencey*** *sind die Gesamtzahl von Eingängen zu dem* ***ASX*** *bzw. die maximale Zeit in Zellentransferintervallen für den Transfer aller Stauinformationen aus dem* ***ASX*** *zu den Gegendrucksteuerfunktionen in den verbundenen* ***ABMs****. Solange B niemals größer als die tatsächliche Anzahl von Zellenspeicherstellen in dem* ***ASX*** *gesetzt wird, stellt diese Vorkehrung sicher, daß auch dann keine Zellen verloren gehen, wenn alle verbundenen* ***ABMs*** *Zellen zwischen dem Zeitpunkt des Übersteigens dieser Schwelle und dem Abschluß der resultierenden Gegendruckanzeige bei maximaler Latenz transferieren.*

THEN

Setzen des Gegendruckbit in der entsprechenden Warteschlange und der Priorität in der ***Gegendruck-Bitmap***

END IF

END IF

```
        DONE
      END IF
    DONE
END MACHINE
```

MACHINE: 5.-Vermittlungs-(ASX-)Ausgangspufferentladen der ersten Stufe (304-308)

// *Beim Ausgangssignal muß das ASX der ersten Stufe eine Menge von Verbindungen durch jedes der Koppelmatrix-ASBs der Mittelstufe aushandeln. Für die vorliegende Bezugsimplementierung wird eine Technik der gleichzeitigen Gebote und Abfertigungen beschrieben, obwohl andere Techniken genauso möglich sind, wie zum Beispiel sequenzielle Suche, vgl. Fabio M. Chiussi, "Design, Performance and Implementation of a Three-Stage Banyan-Based Architekture with Input and Output Buffers for Large Fast Packet Switches", Diplomarbeit, Stanford University, July 1993.*

Beide Techniken haben den Vorteil einer "Beschleunigung" zwischen den externen Eingangs-Ausgangs-Ports der Endstufe und den Verbindungen durch die Koppelmatrizen der Mittelstufe. Bei der Bezugsimplementierung wird dies durch eine größere Anzahl von Verbindungen in Richtung der Koppelmatrizen als in Richtung der Eingangs-Ausgangs-Ports erzielt, obwohl die Beschleunigung auch durch Betreiben der Verbindungen der Mittelstufe mit höherer Transferrate als bei den externen Eingangs-Ausgangs-Ports erhalten werden könnte.

Zwei wichtige Parameter der nachfolgenden Beschreibung sind N_{ports}*, die Anzahl von Ports (303) von jeder* ***ASX-Einrichtung der ersten***

Stufe *in Richtung der Koppelmatrizen der Mittelstufe (15 nn), und* N_{max}, *die maximale Anzahl von Einträgen aus einer beliebigen einzelnen Warteschlange, die während eines einzigen parallelen Transferzyklus zu den Koppelmatrizen der Mittelstufe transferiert werden können.*

FOR

Alle ***parallele Warteschlangenlisten*** *(306 und 307) über ihre vier Prioritäten*

DO

Bilden des prioritätsabhängigen Werts ***"Warteschlange kann versorgt werden":***

IF

Mindestens eine Zelle auf einer beliebigen Priorität für diese Warteschlange verknüpft ist

THEN

Dieser Wert ***Warteschlange kann versorgt werden*** *ist* ***true***

ELSE

Der Wert ***Warteschlange kann versorgt werden*** ***false*** *ist*

END IF

DONE

// Es folgt ein beispielhaftes Randomisierungs-

schema zur Auswahl der Warteschlangeneinträge, für die bei einer Implementierung mit gleichzeitiger Abfertigung "geboten" werden soll. Es wird eine doppelte "Reigen"-Listenstruktur angenommen, zusammen mit einer Prioritätsgewichtung, wie oben für die Einheit ***Eingangs-ABM-Pufferentladen*** *beschrieben, also ein "gewichtetes Reigenverfahren". Offensichtlich sind andere Strategien möglich.*

FOR

Jede Gruppe der einem Modul der dritten Stufe zugeordneten ***parallelen Warteschlangenlisten****, beginnen an einer (pseudo-)zufälligen Position und fahren zirkulär fort, bis diese Schleife gebrochen ist*

DO

An der nächsten Reigenposition in dieser Gruppe (die einem expliziten Ausgangsport des Moduls der dritten Stufe zugeordnet ist)

IF

Der Wert ***Warteschlange kann versorgt werden true*** *ist*

THEN

Die Zelle aus dieser Warteschlange mit einer durch die implementierte Prioritätsregel angegebenen Priorität aufnehmen

END IF

IF

Wenn nun N_{ports} *Gebote registriert wurden*

OR

N_{max} *Gebote für alle nichtleeren Warteschlangen registriert wurden*

OR

Alle Warteschlangen leer sind

THEN

***BREAK** der Suchschleife*

END IF

DONE

// Nun die Gebote den Koppelmatrizen der Mittelstufe vorlegen

Die Gebote und Antworten können durch beliebige Mittel zwischen den Einrichtungen übermittelt werden. Bei der Bezugsimplementierung werden eigene verdrahtete Wege bereitgestellt, obwohl sie genausogut an einer beliebigen Stelle, an der ein Hauptzellentransferweg verfügbar sein könnte, in die Hauptzellentransferwege gemultiplext werden könnten.

FOR

Jede der Koppelmatrizen der Reihe nach

*// In dem Blockschaltbild von FIG. 15 ist die Anzahl von **AXB**s als gleich der Anzahl von Ports der ersten Stufe zur Mitte (15 nn) gezeigt, obwohl es auch möglich ist, daß eine Vielzahl von Ports von jedem **ASX** der ersten Stufe zu*

*jedem **AXB** vorliegt.*

DO

FOR

Jedes gewählte Gebot der Reihe nach

DO

Das Gebot der nächsten sukzessiven Koppelmatrix vorlegen

Die Koppelmatrix antwortet auf jedes Gebot mit einem der folgenden Werte:

gewährt
blockiert durch Ausgangsstau
blockiert durch Gegendruck aus der Zielwarteschlange der dritten Stufe

DONE

FOR

Jedes gewährte Gebot

DO

IF

*In dieser Gebotsmenge irgendein früheres Gebot aus derselben Warteschlange **durch Ausgangsstau blockiert** wurde*

THEN

Ersetzen dieses Eintrags mit dem frühesten solchen Gebot, das nicht bereits bereits durch

eine frühere Ersetzung abgedeckt wurde

// Man beachte, daß, da die Ersetzung in dasselbe Ziel erfolgt, der Weg garantiert klar sein wird. Außerdem beachte, daß ein Wert $N_{max}=2$ garantiert, daß keine frühere Ersetzung aufgetreten sein kann.

END IF

Done

Done

FOR

Für jedes übrige Gebot

DO

Senden der dem Warteschlangeneintrag zugeordneten Zelle zu der Koppelmatrix der Mittelstufe und Erniedrigen des ***Bezugszählwerts*** *der Zellenspeicherstelle.*

IF

Der Bezugszählwert nun 0 ist

THEN

Zurückgeben der Zellenspeicherstelle an den Frei-Pool (306-307)

END IF

Entknüpfen des Warteschlangeneintrags aus dieser Liste und Erniedrigen des Belegungszählwerts für diese Liste

IF

Die Länge dieser Warteschlangenliste nun unter der ***Gegendruck-Schwelle*** *liegt*

THEN

Löschen des Gegendruck-Bit bei der entsprechenden Warteschlange und Priorität in der ***Gegendruck-Bitmap*** *(die zu allen Porteinheiten gesendet werden soll, die in dieses ASX eingeben)*

END IF

DONE

END MACHINE

// Die ***Koppelmatrixvermittlungseinrichtung*** *(AXB) von FIG. 4 ist wesentlich einfacher als das* ***ASX*** *und wird als ein einziger Automat repräsentiert.*

MACHINE: 6.-Koppelmatrix-Vermittlung der Mittelstufe (AXB)

// Die folgenden Operationen erfolgen in jedem Gebotszyklus. Bei der Bezugsimplementierung erfolgen sie parallel (404 und 405)

FOR

Jeden Eingangsport (401) zyklisch von einem "zufälligen" Startpunkt und in "zufälliger" Reihenfolge von diesem Punkt

DO

IF

Ein Gebot an diesem Eingang vorliegt

THEN

IF

Der angegebene Ausgangsport (402) nicht durch ein früheres Gebot des aktuellen Zyklus genommen wurde

THEN

*Dieses Gebot an das **ASX** der dritten Stufe weiterleiten*

*Zurückgeben der Antwort von dem **ASX** der dritten Stufe, entweder **gewährt** oder **blockiert durch Gegendruck aus der Zielwarteschlange der dritten Stufe.***

ELSE

***Blockiert durch Ausgangsstau** zurückgeben*

END IF

END IF

DONE

// Es wird den ASXs der ersten Stufe "vertraut", korrekt auf den oben beschriebenen Gebot-Antwort-Austausch zu antworten

*Die durch die **ASXs** der ersten Stufe präsentierten Zellen weiterleiten*

END MACHINE

MACHINE: 7.- Vermittlungs-(ASX-)Eingangspuffereinfügen der dritten Stufe (304-308)

*// Diese Einrichtung ist mit der **ASX**-Einrichtung in der ersten Stufe des Koppelfelds identisch und es werden nur anwendungsspezifische Unterschiede in bezug auf die obige Beschreibung der Einrichtungen der ersten Stufe beschrieben*

FOR

Jeden Eingangsport (302)

DO

IF

Eine Zelle von diesem Eingangsport vorliegt

THEN

*Zuerst die Zelle an einer beliebigen freien Speicherstelle in dem **gemeinsam benutzten Einzelkopiezellenpuffer** (304) speichern*

*Den **Bezugszählwert** für die gespeicherte Zelle als 0 markieren*

FOR

Jedes Ausgangsziel

DO

*Anfängliches Löschen ihres Bit in dem **Zielregister der dritten Stufe***

DONE

FOR

Jedes Bit der ***Ausgangsportbitmap***

DO

IF

Dieses Bit on ist

THEN

Setzen des Bit des ***Zielregisters der dritten Stufe****, das der* ***parallelen Warteschlangengruppe*** *(306 und 307) für das zugeordnete* ***Ausgangsmodul*** *entspricht (In dem Vermittlungs-****ASX*** *der dritten Stufe wird nur ein Multicast-Bit auf jede* ***parallele Warteschlangengruppe*** *abbilden)*

END IF

DONE

// *Nun alle notwendigen Verknüpfungen in den* ***parallelen Warteschlangenlisten*** *für die in dem* ***gemeinsam benutzten Einzelkopiezellenpuffer*** *gespeicherte Zelle durchführen.*

Anwendungsänderung: *In den* ***parallelen Warteschlangenlisten*** *ist jede "Gruppe" dem Koppelfeldausgangsport zugeordnet, der identisch einer der physikalischen Ausgangsports dieses ASX ist. Somit enthält jede "Gruppe" nur ein Element, entsprechend*

diesem physikalischen Port, obwohl immer noch aufgrund von Multicast zu mehreren solchen Ports mehrere gleichzeitige Verknüpfungen auftreten können.

FOR

Jede Gruppe ***der parallelen Warteschlangen-listen***

DO

IF

Das eine Bit des ***Zielregisters der dritten Stufe****, das dieser Gruppe entspricht, gesetzt ist*

THEN

Verknüpfen eines neuen Eintrags mit der Warteschlangenliste, die diesem Bit entspricht, auf der Priorität, die in dem lokalen Kopfteil der Zelle angegeben wird

END IF

IF

Wenn ein neuer Eintrag in dieser Gruppe vorgenommen wurde

THEN

Den neuen Eintrag auf die gespeicherte Zelle zeigen lassen und den ***Bezugszählwert*** *der Zelle um eins erhöhen*

IF

Die Länge der Warteschlangenliste die ***Gegendruckschwelle*** *übersteigt*

THEN

*Setze das Gegendruckbit bei der entsprechenden Warteschlange und Prioritäts-****Gegendruck-Bitmap*** *(308) (als Antwort auf Gebote aus dem* ***AXB*** *der Mittelstufe zu verwenden)*

END IF

END IF

DONE

END IF

DONE

END MACHINE

MACHINE: 8.-Vermittlungs-(ASX-)Ausgangspufferentladen der dritten Stufe (304-308)

// ***ANWENDUNGSÄNDERUNG:*** *Für die physikalischen Ausgänge des* ***ASX****, die direkte Ausgänge des Koppelfelds sind, sind keine Gebote notwendig.*

Der Fluß aus jedem physikalischen Ausgang unterliegt jedoch Ausgangsgegendruck aus der Ausgangsporteinheit, wie unten angegeben.

FOR

Jeden physikalischen Ausgangsport

DO

Setzen des Werts von ***Daten können für diesen Port gesendet werden*** *auf* ***false***

FOR

Jede Versorgungspriorität

DO

IF

Daten auf dieser Priorität für diesen Port vorliegen

AND

Kein globaler Gegendruck auf dieser Priorität durch den an diesen Port angebundenen ***Ausgangsport-ABM*** *gesetzt ist*

THEN

Setzen des Werts von ***Daten können für diesen Port gesendet werden*** *auf* ***true***

END IF

DONE

IF

Für diesen Port ***Daten gesendet werden können***

THEN

Wählen der Zelle aus dieser Warteschlange

auf der durch die implementierte Prioritätsregel angegebenen Priorität

Erniedrigen des ***Bezugszählwerts*** *der zugeordneten Zellenspeicherstelle*

END IF

IF

Der Bezugszählwert nun 0 ist

THEN

Zurückgeben der Zellenspeicherstelle an den Frei-Pool

END IF

Entknüpfen des Warteschlangeneintrags von der Warteschlangenliste und Erniedrigen ihres Belegungszählwerts

IF

Die Länge der Warteschlangenliste, von der die Zelle entknüpft wurde, nun unter der ***Gegendruckschwelle*** *liegt*

THEN

Löschen des Gegendruckbit bei der entsprechenden Warteschlange und Priorität in der ***Gegendruck-Bitmap*** *(als Antwort auf Gebote aus dem* ***AXB*** *der Mittelstufe zu verwenden)*

END IF

DONE

END MACHINE

MACHINE: 9.-ABM-Ausgangspuffereinfügen (208)

// *Die folgende Beschreibung einer Bezugsimplementierung ist vollständig und arbeitsfähig. Die reale Implementierung ist jedoch etwas komplexer, um eine gewünschte Zunahme der Speicher- und Verarbeitungseffizienz zu erzielen.*

Die beschriebenen Operationen erfolgen einmal pro Zellenperiode des Haupteingangs von dem Koppelfeld.

IF

Eine Zelle an dem Eingang von dem Koppelfeld vorliegt

THEN

// "Staging" einer Zelle für eine mögliche Multicast-Einreihung

*Speichern der Zelle an einer freien Speicherstelle des Ausgangspuffer-RAM (10 nn) mit einem Bezugszählwert (1055) von **0***

// Die Zelle wird zuerst gespeichert, obwohl sie später zurückgewiesen werden kann (siehe unten).

*Unter Verwendung des in dem lokalen Kopfteil der Zelle enthaltenen **Verbindungsetiketts** (522), Erhalten der lokalen **Subportausgangsbitmap** (1053) aus der **Steuerung** (1010)*

Einreihen des Zeigers auf die gespeicherte Zelle (1004), der ***Subportausgangsbitmap*** *(1054) und eines Werts des* ***Multicastadressenoffset*** *von* ***0*** *in einer temporären* ***Multicast-Staging-Warteschlange***

END IF

// *Unstaging der Multicast-Zellen (möglicherweise mit Grad 1, d.h. Unicast) und Verknüpfen dieser mit den Subport-Versorgungswarteschlangen.*

FOR

Zwei Wiederholungen pro Zellenperiode

// Dieser 2:1-Geschwindigkeitsvorteil hält die Belegung der temporären ***Multicast-Staging-Warteschlange*** *minimiert*

DO

IF

Ein Eintrag am Kopf der ***Multicast-Staging-Warteschlange*** *vorliegt*

THEN

Setzen der ***Ausgangsportnummer*** *gleich dem Stellenwert des äußersten linken Bit der* ***Subportausgangsbitmap***

IF

Die Ausgangswarteschlangenliste für ***Ausgangsportnummer*** *auf der in dem lokalen Kopfteil der Zelle angegebenen Priorität*

*nicht ihre **Stauschwelle** übersteigt*

THEN

Erhöhen des Bezugszählwerts der Zellenspeicherstelle (1055)

*Erstellen eines neuen Eintrags in der angegebenen Prioritätsliste der **Ausgangsportnummer** mit einem Zeiger auf die Zellenspeicherstelle (1051) und mit dem aktuellen Wert des **Multicast-Adressenoffset** (1052), das auch als Ausgangskopfübersetzungsoffset bezeichnet wird*

IF

*Die Gesamtwarteschlangenbelegung auf der in dem lokalen Kopfteil der Zelle angegebenen Priorität tatsächlich die globale **Stauschwelle** des **Ausgangsgegendrucks** übersteigt*

THEN

// Dies ist der Fall, bei dem Ausgangsgegendruck global auf das ASX der dritten Stufe angewandt werden kann.

***Ausgangsgegendruck** auf der Priorität der Zelle dem ASX der dritten Stufe, das diese Ausgangsporteinheit versorgt, signalisieren*

END IF

END IF

Multicastadressenoffset *um 1 erhöhen*

Löschen des äußersten linken Bit der ***Subportausgangsbitmap***

IF

Alle Bit der ***Subportausgangsbitmap*** *nun gelöscht sind*

// Multicast-Staging für diese Zelle ist abgeschlossen.

THEN

Entknüpfen des abgeschlossenen Eintrags aus der ***Multicast-Staging-Warteschlange***

IF

Der Bezugszählwert für die Zellenspeicherstelle Null ist

// Die Zelle wurde wegen Stau an allen ihrer Ziele zurückgewiesen.

THEN

Zurückgeben der Zellenspeicherstelle an den Frei-Pool (1004)

END IF

END IF

END IF

DONE

END MACHINE

MACHINE: 10.-ABM-Ausgangspufferentladen (207)

// *Bei der Bezugsimplementierung wird Ratensteuerung des Pufferentladens in die verschiedenen Ausgangssubports (212) proportional zu ihren Streckenraten vorgesehen. Dies ermöglicht eine sehr leichte Implementierung, die unten skizziert wird, ist aber für das Konzept der Erfindung nicht wesentlich.*

FOR

Jeden Ausgangssubport in einer Reigensequenz (möglicherweise proportional zu der Subportrate)

DO

IF

Eine Zelle auf einer beliebigen Priorität für diesen Subport vorhanden ist (1051)

THEN

Wählen der zu versorgenden Zelle aus dieser Warteschlange auf der durch die implementierte Prioritätsregel angegebenen Priorität.

Entknüpfen des Zellenspeicherzeigers (1051) aus der gewählten Subportausgangswarteschlangenliste

*Erniedrigen des **Bezugszählwerts** (1055) der Zellenspeicherstelle um **1***

IF

*Der Bezugszählwert **0** ist*

THEN

IF

*Die Gesamtwarteschlangenbelegung auf der in dem lokalen Kopfteil der Zelle angegebenen Priorität **nicht** die globale **Stauschwelle** des **Ausgangsgegendrucks** übersteigt*

THEN

*Dem ASX der dritten Stufe, das diese Ausgangsporteinheit versorgt, eine Freigabe des **Ausgangsgegendrucks** auf der Priorität der Zelle signalisieren*

END IF

Zurückgeben der Zellenspeicherstelle an den Frei-Pool (1004)

END IF

Erhöhen der Prioritätsgewichtungssequenzposition für diesen Subport

// Aufgrund möglicherweise verschiedener Raten pro Subport werden die Prioritätsgewichtungssequenzen unabhängig pro Subport erhöht.

END IF

DONE

END MACHINE

MACHINE: 11.-ALM-Ausgang (206)

IF

Eine Zelle von dem ABM verfügbar ist

THEN

Verwenden des aus dem lokalen Kopfteil der Zelle (542) enthaltenen ***Verbindungsetiketts*** *(522) und des* ***Multicastadressenoffsets*** *(1052) aus dem Ausgangswarteschlangenlisteneintrag zur Referenzierung (700) der Ausgangs-****VC-Tabelle*** *(600) für diese Zelle und dieses Ziel*

Bereitstellen der VC-Übersetzung zur Ausgabe (601), Entfernen des lokalen Kopfteils und Abliefern der Zelle an den Ausgangssubport (212).

END IF

END MACHINE

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Multicasting einer Eingangszelle, die an einem einer Vielzahl von Eingangsports, die durch ein selbstroutendes mehrstufiges Netzwerk mit einem oder mehreren einer Vielzahl von Ausgangsports verbindbar sind, empfangen wird, umfassend:
ein Mittel zum Empfangen (**1110**), an einem der Eingangsports einer ersten Stufe (**1131**) des Netzwerks, einer Eingangszelle, die ein Datennutzsignal und Informationen enthält, die eine Menge von Ausgangsports des Netzwerks identifizieren, an die die Eingangszelle ausgegeben werden soll;
ein Mittel zum Bestimmen (**304**–**308**) der Anzahl von ersten Ausgangsports (Out0–Out5) der ersten Stufe des Netzwerks, an die eine Einzelkopie der Eingangszelle ausgegeben werden soll, damit die Eingangszelle alle identifizierten Ausgangsports erreichen kann; und
ein Mittel zum Routen (**305**) der Einzelkopie der Eingangszelle zu der bestimmten Anzahl von ersten Ausgangsports (**303**) der ersten Stufe des Netzwerks,
dadurch gekennzeichnet, daß
für beliebige der identifizierten Menge von Ausgangsports das Bestimmungsmittel so angeordnet ist, daß es die Mindestanzahl der ersten Ausgangsports der ersten Stufe des Netzwerks bestimmt, an die eine Einzelkopie der Eingangszelle ausgegeben werden soll, damit die Eingangszelle alle Ausgangsports der identifizierten Menge von Ausgangsports in einem einzigen Durchgang durch das Netzwerk erreichen kann.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1 mit einer zweiten Stufe des Netzwerks, die mit den ersten Ausgangsports der ersten Stufe verbunden ist und unter Verwendung derselben Mittel wie bei der ersten Stufe implementiert wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Identifizierungsinformationen ein Bitmapsegment zum Identifizieren der Ausgangsports enthalten.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei das Netzwerk mindestens zwei kaskadierte Stufen enthält, wobei jede Stufe unter Verwendung derselben Mittel wie bei der ersten Stufe implementiert wird, das Bitmapsegment von der ersten Stufe zum Identifizieren der Mindestanzahl von ersten Ausgangsports verwendet wird und ein Teil des Bitmapsegments von einer zweiten Stufe zum Identifizieren des einen bzw. der mehreren Ausgangsports der zweiten Stufe, die die Eingangszelle empfangen sollen, verwendet wird.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei das Netzwerk mindestens zwei kaskadierte Stufen enthält, wobei jede Stufe unter Verwendung derselben Mittel wie bei der ersten Stufe implementiert wird, eine erste Teilmenge des Bitmapsegments von der ersten Stufe zum Identifizieren der Mindestanzahl von ersten Ausgangsports verwendet wird und eine zweite Teilmenge des Bitmapsegments von einer zweiten Stufe zum Identifizieren des einen bzw. der mehreren Ausgangsports der zweiten Stufe, die die Eingangszelle empfangen sollen, verwendet wird.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Identifizierungsinformationen ein Bitmapsegment zum Identifizieren der Ausgangsports und ein Steuersegment enthalten, wobei das Netzwerk mindestens zwei Stufen enthält und wobei das Bitmapsegment von der ersten Stufe zum Identifizieren der Mindestanzahl von ersten Ausgangsports verwendet wird und wobei unter Verwendung des Steuersegments ein zweites Bitmapsegment erzeugt wird, wobei das zweite Bitmapsegment von der zweiten Stufe zum Identifizieren der Ausgangsports der zweiten Stufe verwendet wird.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei die zweite Stufe mehrere Sektionen enthält, wobei das Steuersegment ein Verbindungsetikett ist, das die Ausgangsports jeder Sektion der zweiten Stufe eindeutig identifiziert.

8. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei entweder die erste oder die zweite Stufe oder beide ein mehrstufiges Netzwerk sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, die weiterhin folgendes enthält:
ein Mittel zum Speichern des Datennutzsignals in einem verfügbaren Zellenpuffer, der sich in einer oder mehreren der Stufen des Netzwerks befindet, und
eine Vielzahl von Verbundlistenausgangswarteschlangen, und zwar mindestens eine für jeden der Ausgangsports.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei eine oder mehrere der Stufen des Netzwerks folgendes enthalten:
ein Mittel zum Speichern des Datennutzsignals in einem verfügbaren Zellenpuffer;
eine Vielzahl von Verbundlistenausgangswarteschlangen, und zwar mindestens eine für jeden der Ausgangsports;
einen Referenzzähler, der jedem Zellenpuffer zugeordnet ist, zum Speichern einer Zahl, die gleich der Anzahl von Ports ist, an die diese Eingangszelle ausgegeben werden soll;
ein Mittel zum Interpretieren des Bitmapsegments zum Identifizieren der Ausgangsports, an die das Datennutzsignal abgeliefert werden soll, und zum Erstellen eines Eintrags in eine oder mehrere Verbundlistenausgangswarteschlangen;
ein Mittel zum Senden, zu jedem der identifizierten Ausgangsports, einer Kopie des Datennutzsignals gemäß einer Sequenz, die durch die Einträge in der entsprechenden Verbundlistenausgangswarteschlange bestimmt wird; und
ein Mittel zum Löschen, in jeder der Verbundlistenausgangswarteschlangen, eines Eintrags daraus, wenn das Nutzsignal an einen identifizierten Ausgangsport ausgegeben wird, und zum Erniedrigen des Referenzzählers um eins und zum Verfügbarmachen des Zellenpuffers, wenn der Referenzzähler gleich null ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei sich der Zellenpuffer und die Verbundlistenausgangswarteschlange in demselben Speicher befinden.

12. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei sich die Verbundlistenausgangswarteschlangen jedes der Ausgangsports in demselben Speicher befinden.

13. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei jedem Ausgangsport ein separater Speicher fest zugeordnet ist und wobei Einträge in die Verbundlistenausgangswarteschlangen gleichzeitig durchgeführt werden.

14. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei das Bitmapsegment in einer separaten Warteschlange abgelegt wird und die Einträge mit einer Rate durchgeführt werden, die mindestens gleich einer Eingangszellenempfangsrate ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei Einträge in den Verbundlistenausgangswarteschlangen mit einer Rate erfolgen, die gleich der Eingangszellenempfangsrate, multipliziert mit der Anzahl von Ausgangsports, ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei mindestens ein Ausgangsport eine Vielzahl von Verbundlistenausgangswarteschlangen enthält und wobei die Verarbeitung jeder der Einzelverbundlistenausgangswarteschlangen für den mindestens einen Ausgangsport unabhängig ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Verarbeitung auf Priorität basiert, die durch in der Eingangszelle enthaltene Kopfdaten bestimmt wird.

18. Vorrichtung nach Anspruch 1, weiterhin mit einer separaten Verbundlistenausgangswarteschlange für eine empfangene Unicast-Eingangszelle und einer separaten Verbundlistenausgangswarteschlange für eine empfangene Multicast-Eingangszelle.

19. Verfahren zum Multicasting einer Eingangszelle, die an einem einer Vielzahl von Eingangsports, die durch ein mehrstufiges Netzwerk mit einem oder mehreren einer Vielzahl von Ausgangsports verbindbar sind, empfangen wird, mit den folgenden Schritten:
(a) Empfangen (**1110**), an einem der Eingangsports einer ersten Stufe (**1131**) des Netzwerks, einer Eingangszelle, die ein Datennutzsignal und Informationen enthält, die eine Menge von Ausgangsports des Netzwerks identifizieren, an die die Eingangszelle ausgegeben werden soll;
(b) Bestimmen (**304**–**308**) der Anzahl von ersten Ausgangsports (Out 0–Out 5) der ersten Stufe des Netzwerks, an die eine Einzelkopie der Eingangszelle ausgegeben werden soll, damit die Eingangszelle alle identifizierten Ausgangsports erreichen kann; und
(c) Routen (**303**) der Einzelkopie der Eingangszelle zu der bestimmten Anzahl von ersten Ausgangsports (**305**) der ersten Stufe des Netzwerks, wobei das Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, daß
für beliebige der identifizierten Menge von Ausgangsports der Bestimmungsschritt die Mindestanzahl der ersten Ausgangsports der ersten Stufe des Netzwerks bestimmt, an die eine Einzelkopie der Eingangszelle ausgegeben werden soll, damit die Eingangszelle alle Ausgangsports der identifizierten Menge von Ausgangsports in einem einzigen Durchgang durch das Netzwerk erreichen kann.

20. Verfahren nach Anspruch 19, weiterhin mit dem folgenden Schritt:
Wiederholen der Schritte (b) und (c) für eine zweite Stufe des Netzwerks.

21. Verfahren nach Anspruch 19, weiterhin mit dem folgenden Schritt:
Wiederholen der Schritte (b) und (c) für alle nachfolgenden Stufen des Netzwerks.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

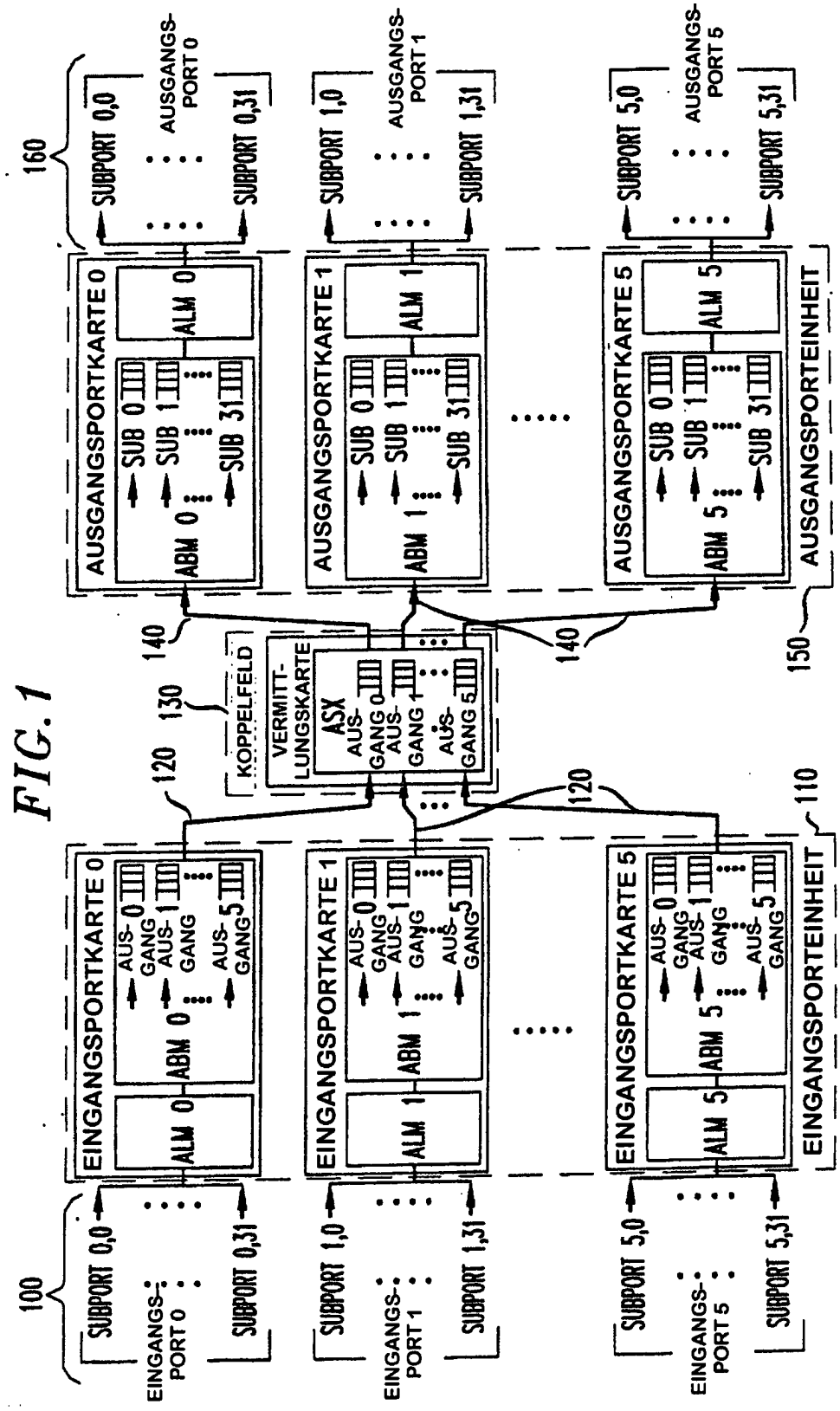


FIG.2

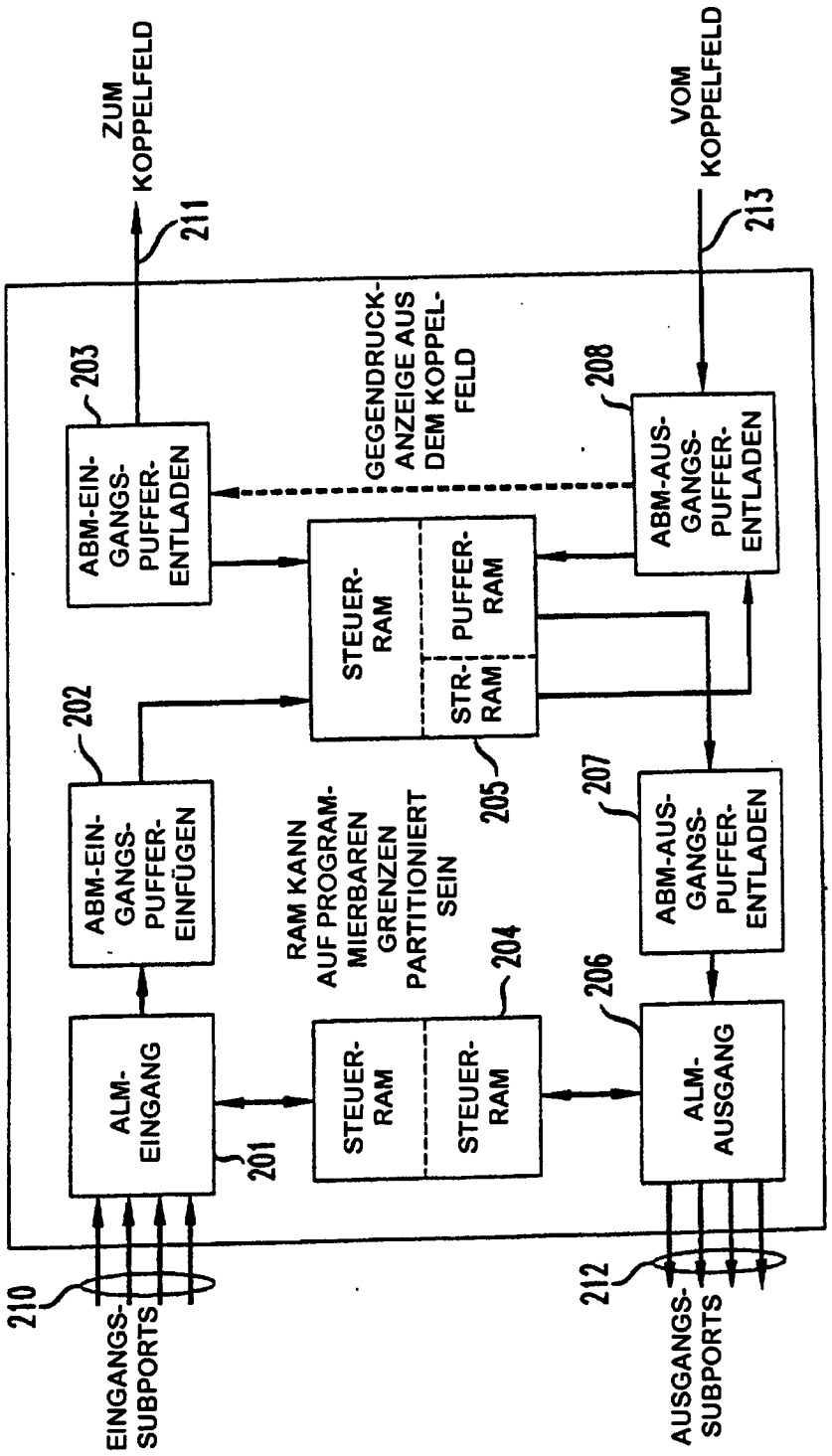

ZUM KOPPELFELD
211
VOM KOPPELFELD
213
203
ABM-EIN-GANGS-PUFFER-ENTLADEN
GEGENDRUCK-ANZEIGE AUS DEM KOPPEL-FELD
208
ABM-AUS-GANGS-PUFFER-ENTLADEN
STEUER-RAM
PUFFER-RAM
STR-RAM
205
202
ABM-EIN-GANGS-PUFFER-EINFÜGEN
RAM KANN AUF PROGRAM-MIERBAREN GRENZEN PARTITIONIERT SEIN
207
ABM-AUS-GANGS-PUFFER-ENTLADEN
204
206
ALM-EINGANG
STEUER-RAM
STEUER-RAM
ALM-AUSGANG
201
210
212
EINGANGS-SUBPORTS
AUSGANGS-SUBPORTS

FIG.3

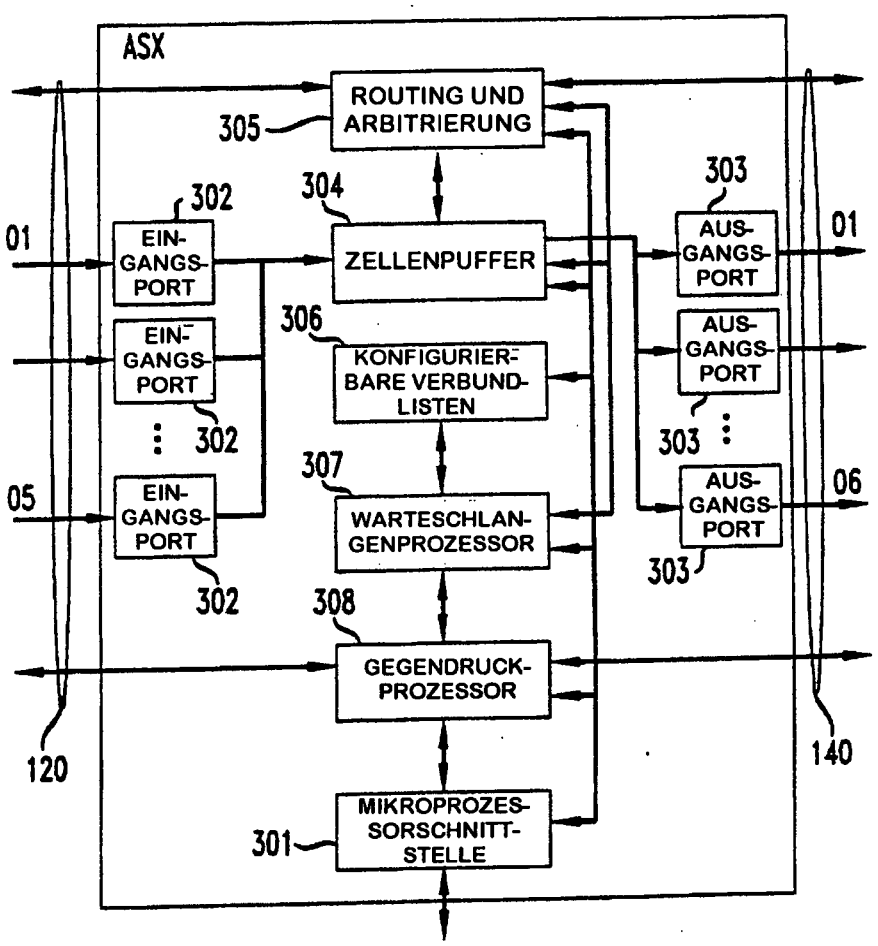

ASX
ROUTING UND ARBITRIERUNG
305
304
ZELLENPUFFER
306
KONFIGURIER-BARE VERBUND-LISTEN
307
WARTESCHLAN-GENPROZESSOR
308
GEGENDRUCK-PROZESSOR
MIKROPROZES-SORSCHNITT-STELLE
301
302
EIN-GANGS-PORT
01
05
120
303
AUS-GANGS-PORT
01
06
140

FIG. 4

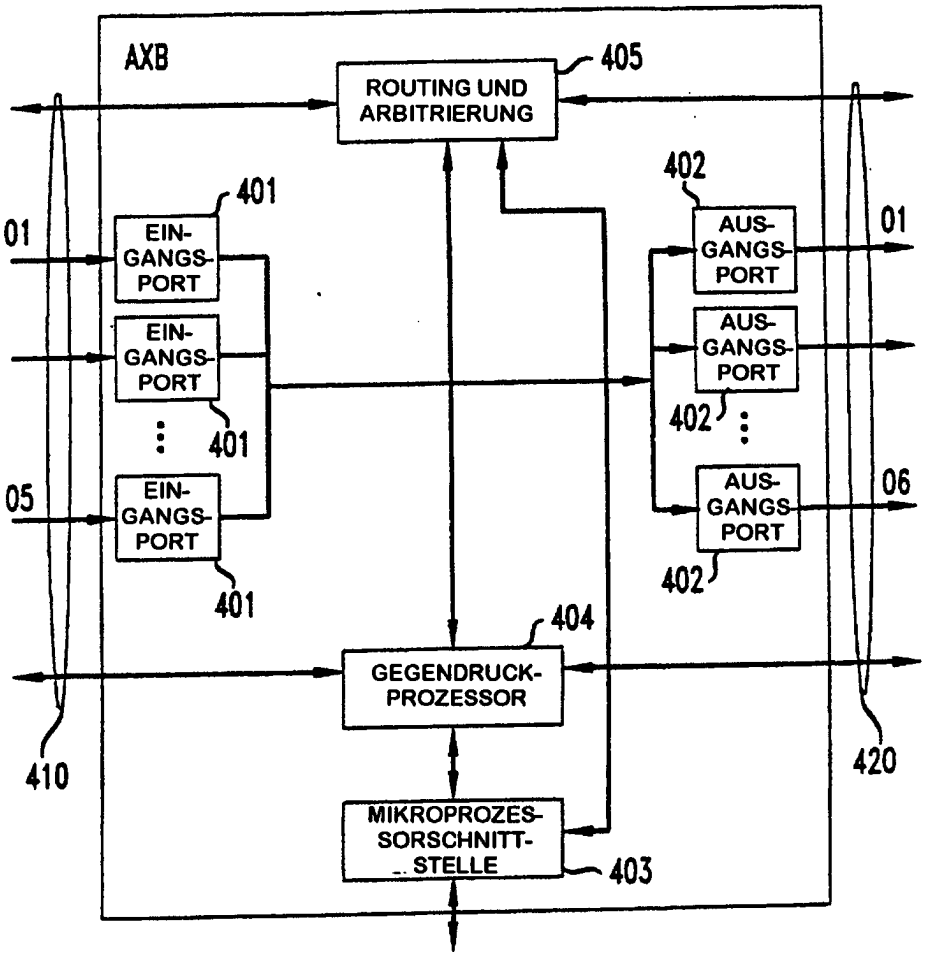

AXB
ROUTING UND ARBITRIERUNG
405
401
EIN-GANGS-PORT
01
05
402
AUS-GANGS-PORT
06
404
GEGENDRUCK-PROZESSOR
MIKROPROZES-SORSCHNITT-STELLE
403
410
420

FIG.5

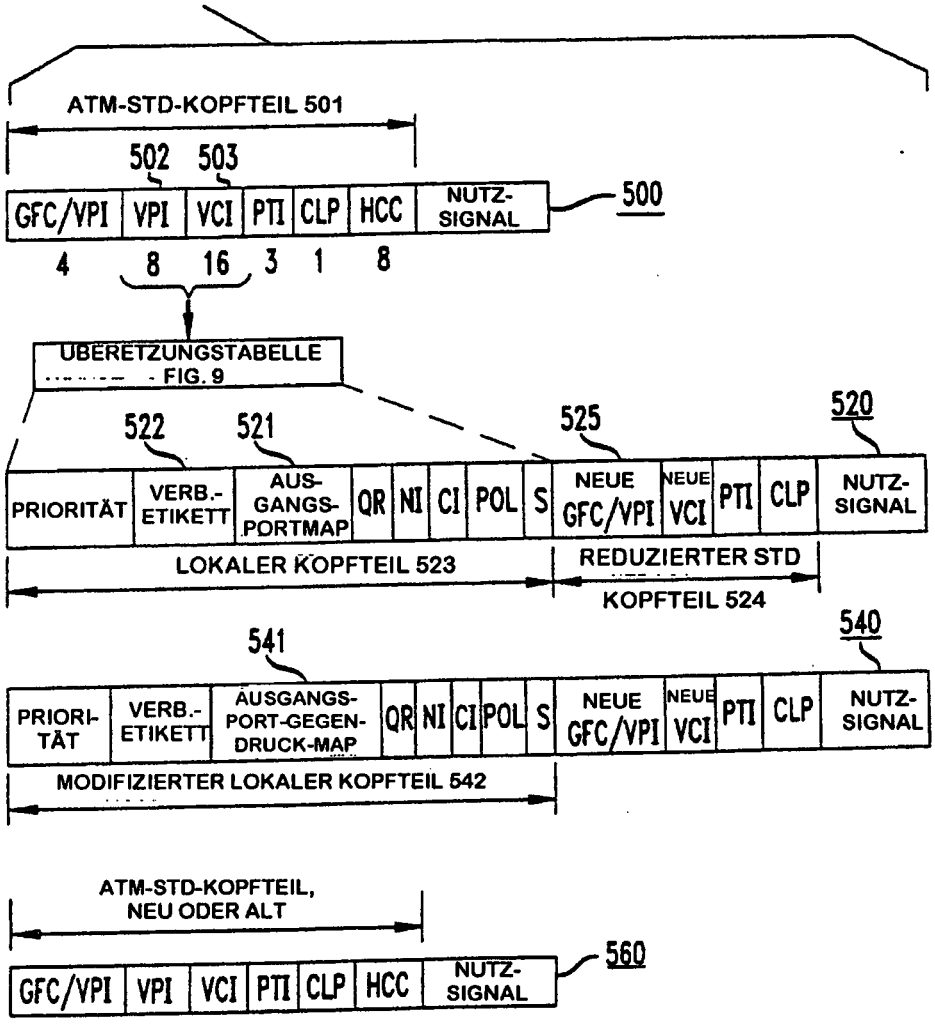

ATM-STD-KOPFTEIL 501
502
503
GFC/VPI
VPI
VCI
PTI
CLP
HCC
NUTZ-SIGNAL
500
4
8
16
3
1
8
ÜBERETZUNGSTABELLE
FIG. 9
520
522
521
525
PRIORITÄT
VERB.-ETIKETT
AUS-GANGS-PORTMAP
QR
NI
CI
POL
S
NEUE GFC/VPI
NEUE VCI
PTI
CLP
NUTZ-SIGNAL
LOKALER KOPFTEIL 523
REDUZIERTER STD
KOPFTEIL 524
540
541
PRIORI-TÄT
VERB.-ETIKETT
AUSGANGS-PORT-GEGEN-DRUCK-MAP
MODIFIZIERTER LOKALER KOPFTEIL 542
ATM-STD-KOPFTEIL, NEU ODER ALT
560

FIG. 6

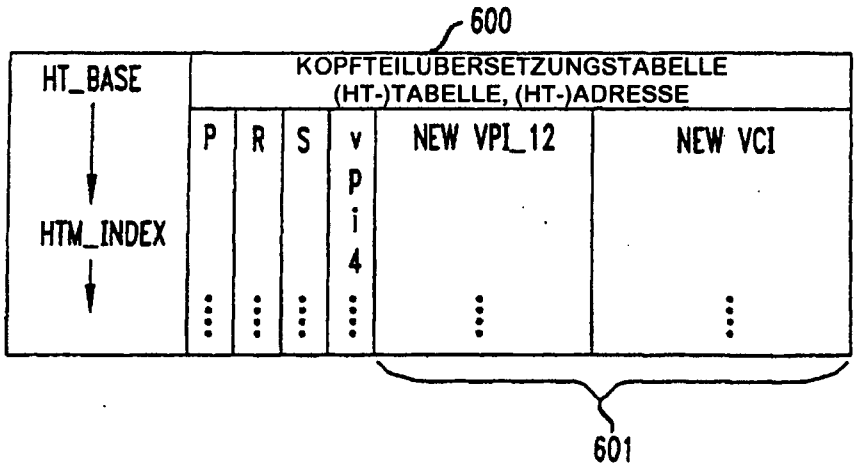

600
HT_BASE
HTM_INDEX
KOPFTEILÜBERSETZUNGSTABELLE
(HT-)TABELLE, (HT-)ADRESSE
P
R
S
v
P
i
4
NEW VPI_12
NEW VCI
601

FIG. 7

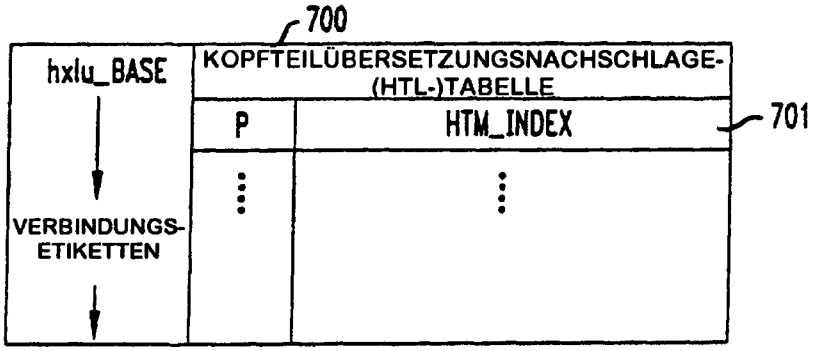

700
hxlu_BASE
VERBINDUNGS-
ETIKETTEN
KOPFTEILÜBERSETZUNGSNACHSCHLAGE-
(HTL-)TABELLE
P
HTM_INDEX
701

FIG.8

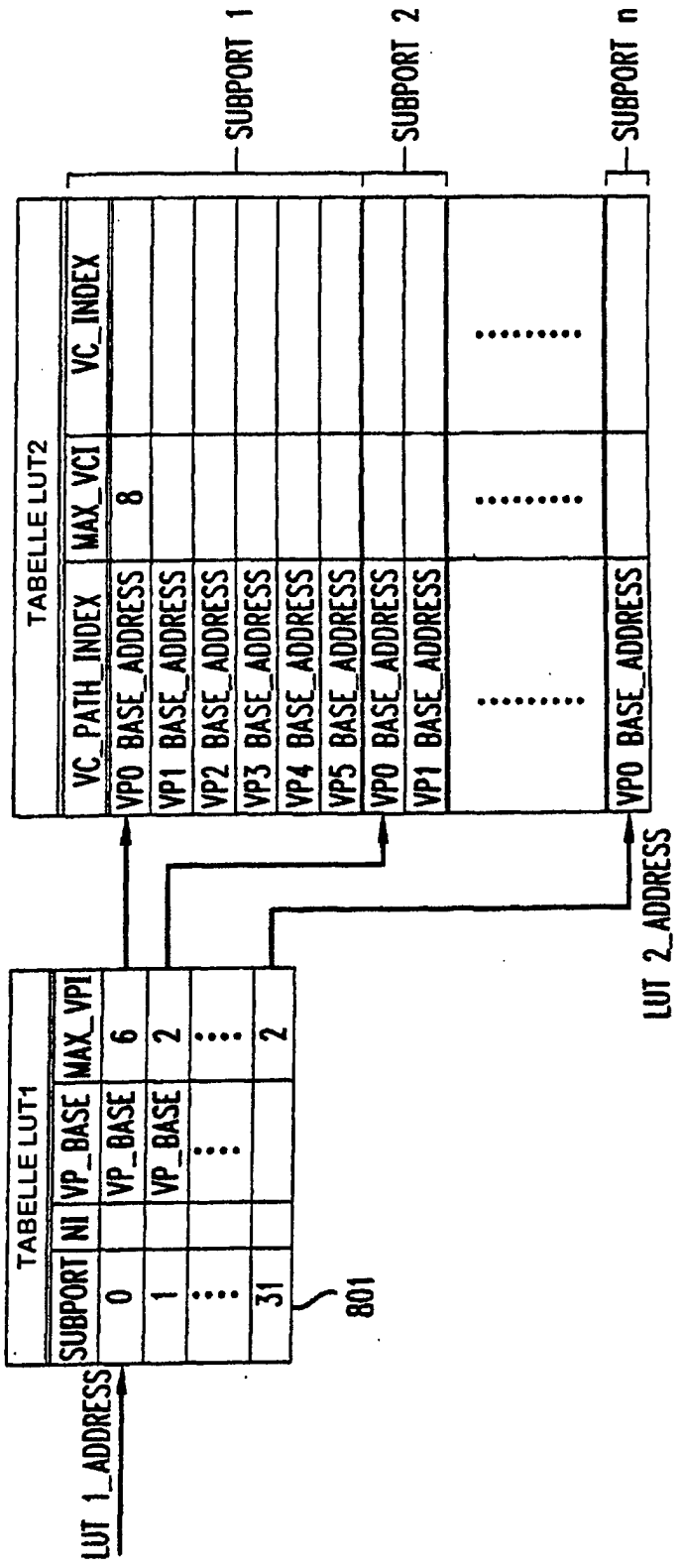


TABELLE LUT1
SUBPORT
NI
VP_BASE
MAX_VPI
0
VP_BASE
6
1
VP_BASE
2
31
2
801
LUT 1_ADDRESS
TABELLE LUT2
VC_PATH_INDEX
MAX_VCI
VC_INDEX
VP0 BASE_ADDRESS
VP1 BASE_ADDRESS
VP2 BASE_ADDRESS
VP3 BASE_ADDRESS
VP4 BASE_ADDRESS
VP5 BASE_ADDRESS
VP0 BASE_ADDRESS
VP1 BASE_ADDRESS
VP0 BASE_ADDRESS
8
SUBPORT 1
SUBPORT 2
SUBPORT n
LUT 2_ADDRESS

FIG. 9

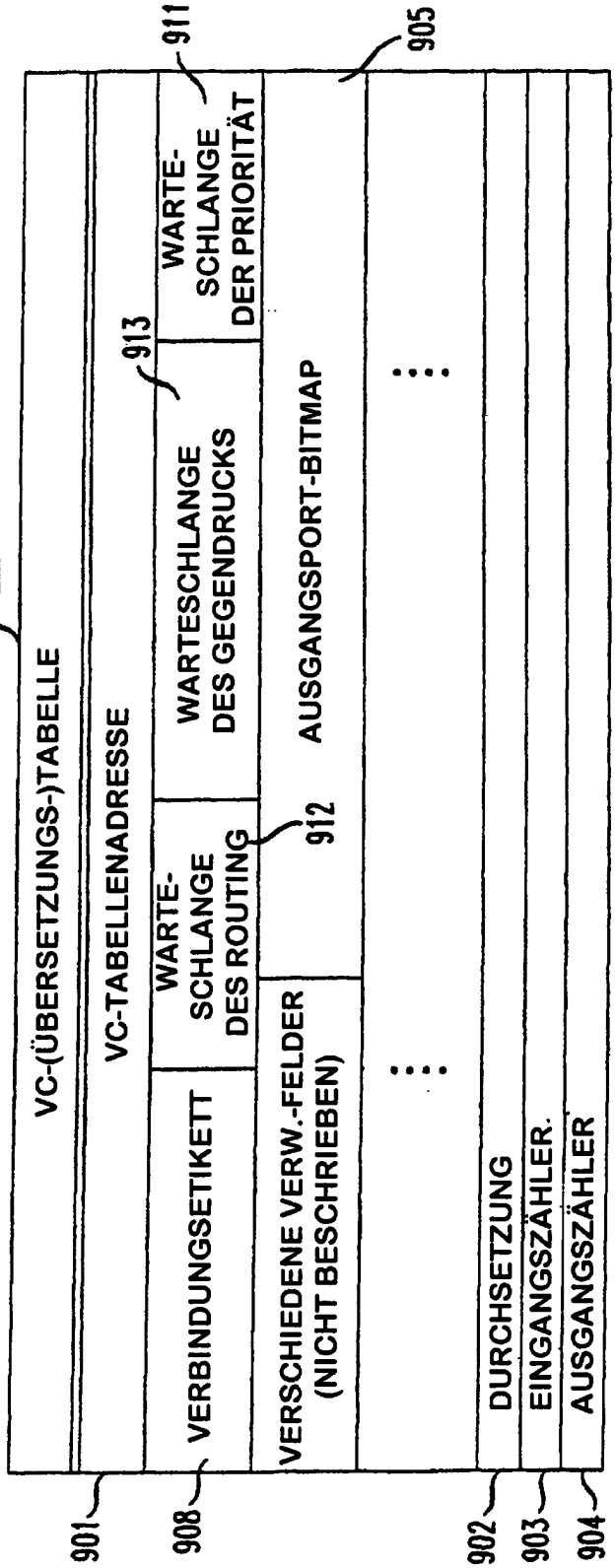
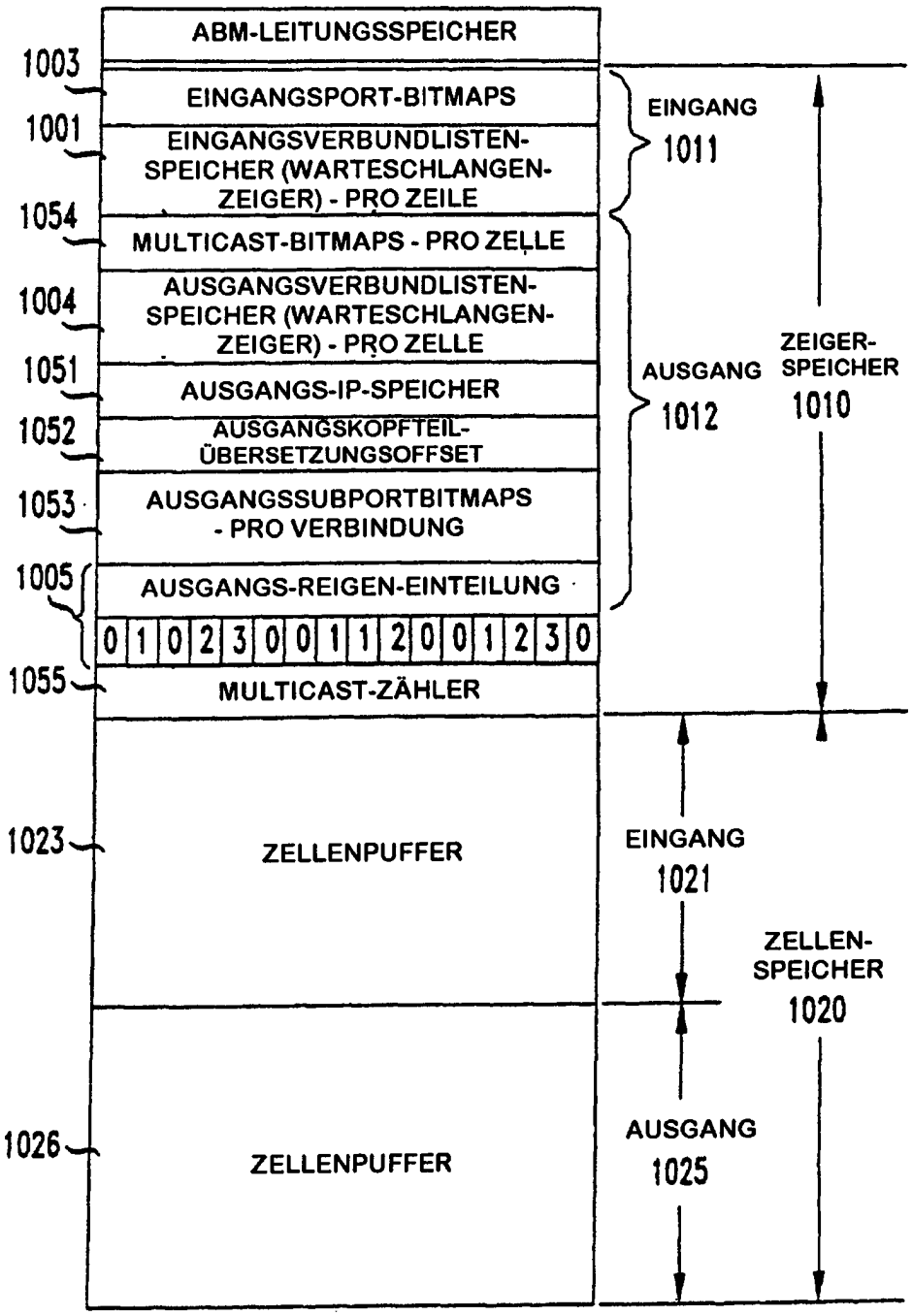

900
VC-(ÜBERSETZUNGS-)TABELLE
VC-TABELLENADRESSE
VERBINDUNGSETIKETT
WARTE-SCHLANGE DES ROUTING
VERSCHIEDENE VERW.-FELDER (NICHT BESCHRIEBEN)
WARTESCHLANGE DES GEGENDRUCKS
WARTE-SCHLANGE DER PRIORITÄT
AUSGANGSPORT-BITMAP
DURCHSETZUNG
EINGANGSZÄHLER.
AUSGANGSZÄHLER
901
908
912
913
911
905
902
903
904

FIG. 10


ABM-LEITUNGSSPEICHER
1003
EINGANGSPORT-BITMAPS
1001
EINGANGSVERBUNDLISTEN-SPEICHER (WARTESCHLANGEN-ZEIGER) - PRO ZEILE
1054
MULTICAST-BITMAPS - PRO ZELLE
1004
AUSGANGSVERBUNDLISTEN-SPEICHER (WARTESCHLANGEN-ZEIGER) - PRO ZELLE
1051
AUSGANGS-IP-SPEICHER
1052
AUSGANGSKOPFTEIL-ÜBERSETZUNGSOFFSET
1053
AUSGANGSSUBPORTBITMAPS - PRO VERBINDUNG
1005
AUSGANGS-REIGEN-EINTEILUNG
0 1 0 2 3 0 0 1 1 2 0 0 1 2 3 0
1055
MULTICAST-ZÄHLER
1023
ZELLENPUFFER
1026
ZELLENPUFFER
EINGANG
1011
AUSGANG
1012
ZEIGER-SPEICHER
1010
EINGANG
1021
AUSGANG
1025
ZELLEN-SPEICHER
1020

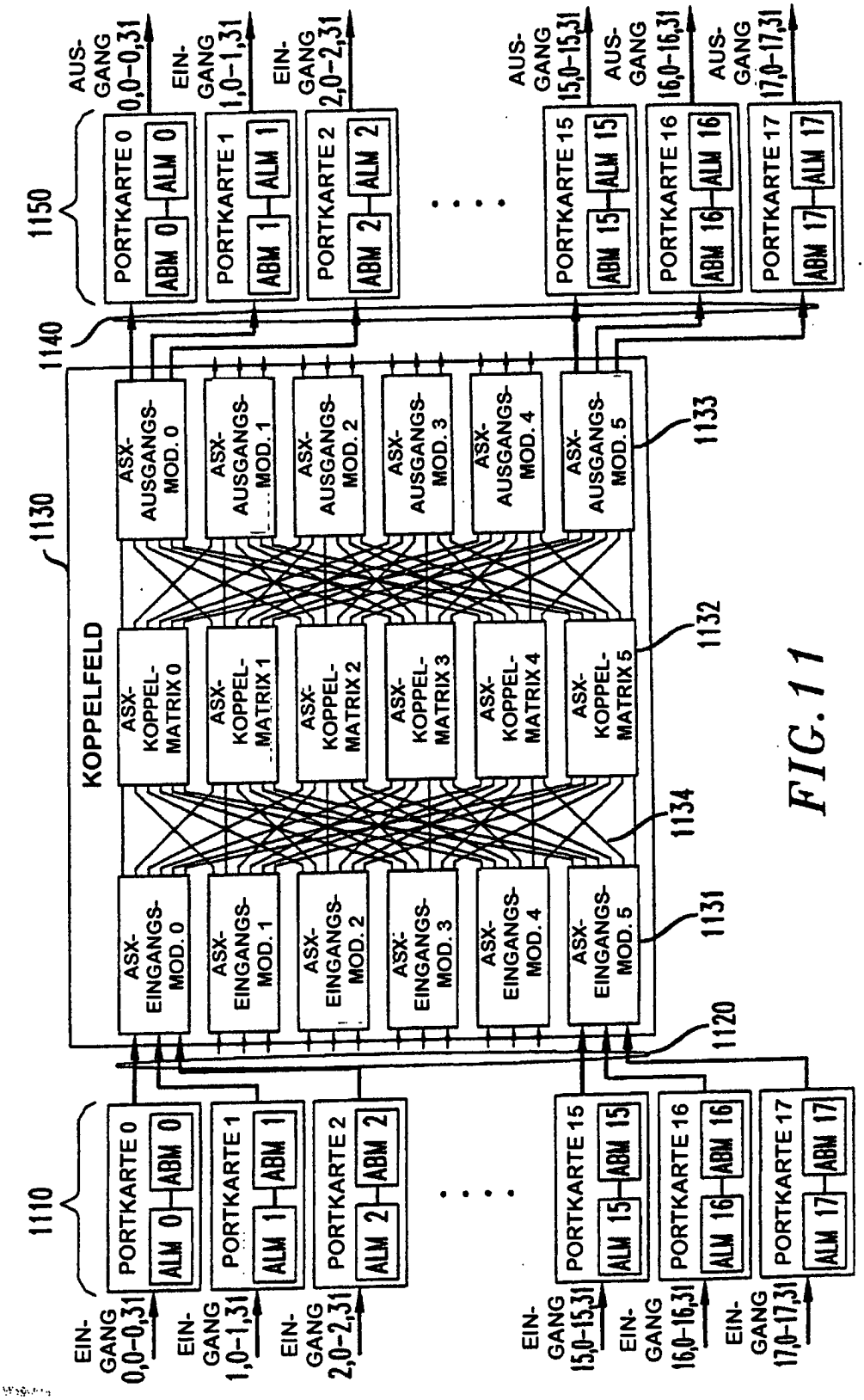

EIN-GANG 0,0–0,31
EIN-GANG 1,0–1,31
EIN-GANG 2,0–2,31
EIN-GANG 15,0–15,31
EIN-GANG 16,0–16,31
EIN-GANG 17,0–17,31
1110
PORTKARTE 0
PORTKARTE 1
PORTKARTE 2
PORTKARTE 15
PORTKARTE 16
PORTKARTE 17
ALM 0
ALM 1
ALM 2
ALM 15
ALM 16
ALM 17
ABM 0
ABM 1
ABM 2
ABM 15
ABM 16
ABM 17
1120
1130
KOPPELFELD
ASX-EINGANGS-MOD. 0
ASX-EINGANGS-MOD. 1
ASX-EINGANGS-MOD. 2
ASX-EINGANGS-MOD. 3
ASX-EINGANGS-MOD. 4
ASX-EINGANGS-MOD. 5
1131
1134
ASX-KOPPEL-MATRIX 0
ASX-KOPPEL-MATRIX 1
ASX-KOPPEL-MATRIX 2
ASX-KOPPEL-MATRIX 3
ASX-KOPPEL-MATRIX 4
ASX-KOPPEL-MATRIX 5
1132
ASX-AUSGANGS-MOD. 0
ASX-AUSGANGS-MOD. 1
ASX-AUSGANGS-MOD. 2
ASX-AUSGANGS-MOD. 3
ASX-AUSGANGS-MOD. 4
ASX-AUSGANGS-MOD. 5
1133
1140
1150
AUS-GANG 0,0–0,31
EIN-GANG 1,0–1,31
EIN-GANG 2,0–2,31
AUS-GANG 15,0–15,31
AUS-GANG 16,0–16,31
AUS-GANG 17,0–17,31

FIG. 11

FIG. 12

VERMITTLUNGS-GEGENDRUCK-BITMAP											
PORT	3k+0				3k+1				3k+2		
DLP	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3

FIG. 13

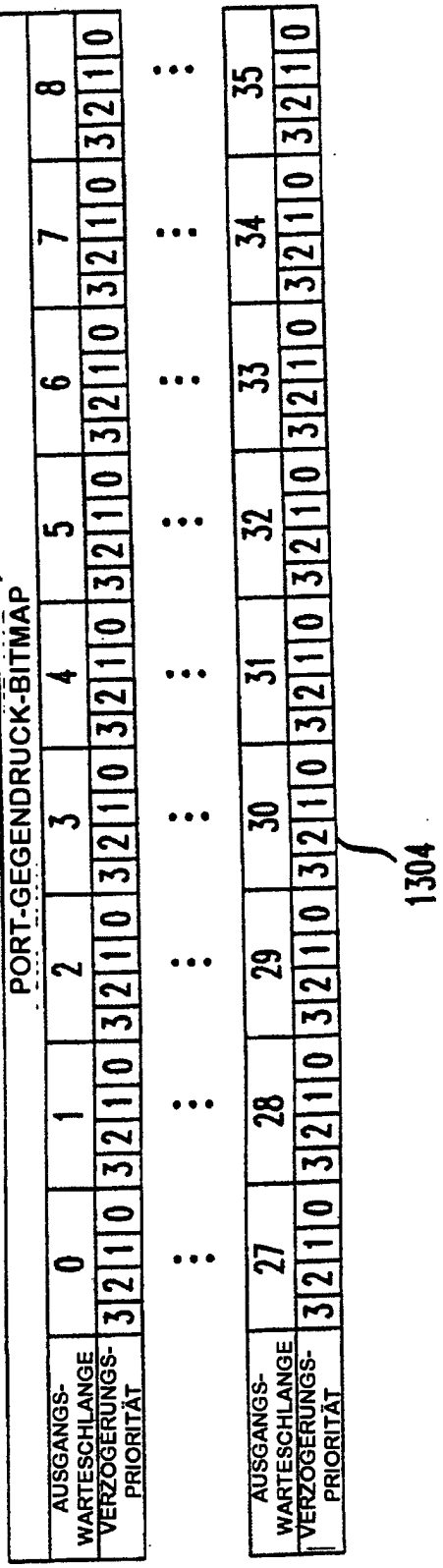
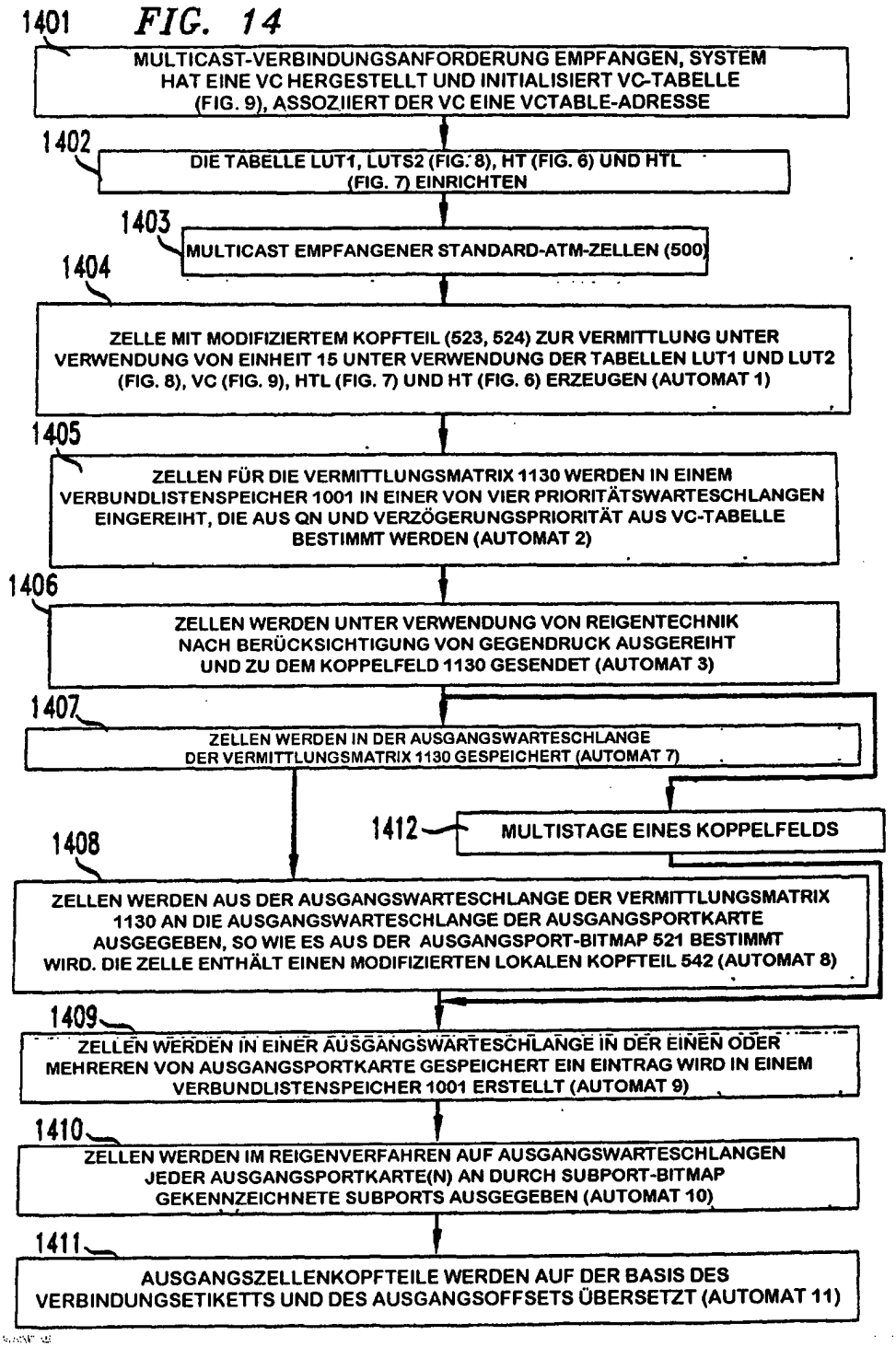


FIG. 14


1401
MULTICAST-VERBINDUNGSANFORDERUNG EMPFANGEN, SYSTEM HAT EINE VC HERGESTELLT UND INITIALISIERT VC-TABELLE (FIG. 9), ASSOZIIERT DER VC EINE VCTABLE-ADRESSE
1402
DIE TABELLE LUT1, LUTS2 (FIG. 8), HT (FIG. 6) UND HTL (FIG. 7) EINRICHTEN
1403
MULTICAST EMPFANGENER STANDARD-ATM-ZELLEN (500)
1404
ZELLE MIT MODIFIZIERTEM KOPFTEIL (523, 524) ZUR VERMITTLUNG UNTER VERWENDUNG VON EINHEIT 15 UNTER VERWENDUNG DER TABELLEN LUT1 UND LUT2 (FIG. 8), VC (FIG. 9), HTL (FIG. 7) UND HT (FIG. 6) ERZEUGEN (AUTOMAT 1)
1405
ZELLEN FÜR DIE VERMITTLUNGSMATRIX 1130 WERDEN IN EINEM VERBUNDLISTENSPEICHER 1001 IN EINER VON VIER PRIORITÄTSWARTESCHLANGEN EINGEREIHT, DIE AUS QN UND VERZÖGERUNGSPRIORITÄT AUS VC-TABELLE BESTIMMT WERDEN (AUTOMAT 2)
1406
ZELLEN WERDEN UNTER VERWENDUNG VON REIGENTECHNIK NACH BERÜCKSICHTIGUNG VON GEGENDRUCK AUSGEREIHT UND ZU DEM KOPPELFELD 1130 GESENDET (AUTOMAT 3)
1407
ZELLEN WERDEN IN DER AUSGANGSWARTESCHLANGE DER VERMITTLUNGSMATRIX 1130 GESPEICHERT (AUTOMAT 7)
1412
MULTISTAGE EINES KOPPELFELDS
1408
ZELLEN WERDEN AUS DER AUSGANGSWARTESCHLANGE DER VERMITTLUNGSMATRIX 1130 AN DIE AUSGANGSWARTESCHLANGE DER AUSGANGSPORTKARTE AUSGEGEBEN, SO WIE ES AUS DER AUSGANGSPORT-BITMAP 521 BESTIMMT WIRD. DIE ZELLE ENTHÄLT EINEN MODIFIZIERTEN LOKALEN KOPFTEIL 542 (AUTOMAT 8)
1409
ZELLEN WERDEN IN EINER AUSGANGSWARTESCHLANGE IN DER EINEN ODER MEHREREN VON AUSGANGSPORTKARTE GESPEICHERT EIN EINTRAG WIRD IN EINEM VERBUNDLISTENSPEICHER 1001 ERSTELLT (AUTOMAT 9)
1410
ZELLEN WERDEN IM REIGENVERFAHREN AUF AUSGANGSWARTESCHLANGEN JEDER AUSGANGSPORTKARTE(N) AN DURCH SUBPORT-BITMAP GEKENNZEICHNETE SUBPORTS AUSGEGEBEN (AUTOMAT 10)
1411
AUSGANGSZELLENKOPFTEILE WERDEN AUF DER BASIS DES VERBINDUNGSETIKETTS UND DES AUSGANGSOFFSETS ÜBERSETZT (AUTOMAT 11)