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

(10) **DE 695 33 695 T2** 2006.03.09

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 760 185 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **695 33 695.9**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US95/04461**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **95 916 315.5**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 95/028786**
(86) PCT-Anmeldetag: **07.04.1995**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **26.10.1995**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **05.03.1997**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **27.10.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **09.03.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***H04L 12/403*** (2006.01)
H04L 12/407 (2006.01)
H04L 12/56 (2006.01)
H04L 12/46 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
228513 **15.04.1994** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, DK, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:
Alcatel USA, Inc., Plano, Tex., US

(72) Erfinder:
HOGG, L., Raymond, Carrollton, US; DIAZ, V., Felix, Plano, US

(74) Vertreter:
Patentanwälte U. Knecht und Kollegen, 70435 Stuttgart

(54) Bezeichnung: **BUSARBITRIERUNGSVERFAHREN FÜR FERNMELDEVERMITTLUNG**

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 FELD DER ERFINDUNG

[0001] Diese Erfindung bezieht sich allgemein auf das Gebiet der Telekommunikation und spezieller auf ein Busarbitrierungsverfahren für die Fernmeldevermittlung.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] In Kommunikationssystemen, in denen mehrere Informationsquellen denselben Kommunikationskanal gemeinsam nutzen, wird immer ein Verfahren zur Regelung des Zugriffs zum gemeinsamen Kanal benötigt, das fair (wie auch immer Fairness definiert wird) zu allen Informationsquellen ist. Das Verfahren zur Regelung des sequentiellen Zugriffs aller Informationsquellen zum gemeinsamen Medium ist als Arbitrierungsverfahren bekannt.

[0003] Ein typisches Kommunikationssystem besteht aus mehreren Kommunikationsmodulen, von denen jedes mit einem Sender und einem Empfänger ausgestattet ist, die über einen gemeinsamen Bus miteinander verbunden sind, zu dem alle Module zum Senden und Empfangen Zugriff haben. Die Kommunikation zwischen den Modulen findet statt, wenn eines der Module für eine vorher festgelegte Zeitdauer auf den Bus zugreift und diese Zeit dazu nutzt, eine endliche Menge an Informationen an einen oder mehrere empfangende Module zu senden. Typischerweise kann nur ein Sender zu einem gegebenen Zeitpunkt Zugriff zum gemeinsam genutzten Medium haben. Wenn gleichzeitig mehr als ein Modul in das Medium senden möchte, was typischerweise bei der Kommunikation im Paketmodus auftritt, liegt ein Konflikt vor. Der Busarbitrierungsmechanismus löst den Konflikt, der durch die gleichzeitigen Anfragen zur Benutzung des gemeinsamen Busses aufgetreten ist.

[0004] Auf der Grundlage der physikalischen Lage der Arbitrierung wird bei Busen für die paketorientierte Kommunikation eines von zwei Arbitrierungsverfahren benutzt: zentralisiert oder verteilt. Bei einem zentralisierten Arbitrierungsverfahren befindet sich eine spezielle Einrichtung, die Arbitrierer genannt wird, an einer zentralen Stelle des Busses, sammelt Anfragen von allen Kommunikationsmodulen und löst Konflikte, die durch gleichzeitige Zugriffsanfragen mehrerer Module ausgelöst werden. Andererseits gibt es bei einem verteilten Arbitrierungsverfahren keinen Arbitrierer als solchen, sondern stattdessen lösen die kommunizierenden Module ihre Zugriffskonflikte auf demokratische Weise, indem sie eine Form von Arbitrierungsinformation untereinander austauschen. Ein Beispiel für ein verteiltes Arbitrierungsverfahren ist ein Algorithmus zur Weitergabe eines Tokens, das in einem Bus oder in einem Ring implementiert wird.

[0005] Algorithmen zur verteilten Arbitrierung wurden und werden weiterhin erfolgreich in vielen kommerziellen Paket-Kommunikationssystemen implementiert, sie haben jedoch einige Nachteile. Ein Nachteil ist, dass ihre Leistungsfähigkeit dazu tendiert, sich mit der Geschwindigkeit und der Entfernung zu verschlechtern. Der Grund dafür ist zum Beispiel die endliche Zeit, die benötigt wird, den verteilten Konflikt zu lösen, die Zeit, die zur Übergabe des Tokens benötigt wird, oder die Zeit, die es dauert, bis bestimmte Signale eingeschwungen sind. Diese Verzögerung führt dazu, dass die Bandbreite des gemeinsam genutzten Busses nicht zu 100% ausgelastet wird. Mit anderen Worten wird Bandbreite verschwendet, während die Module entscheiden, welches als nächstes Zugriff zum Bus haben soll. Ein weiterer Nachteil des verteilten Arbitrierungsverfahrens ist, dass sich in vielen Fällen die Fairness des Arbitrierungsverfahrens verschlechtert, wenn sich die Entfernung zwischen den Kommunikationsmodulen oder die Geschwindigkeit des gemeinsamen Busses erhöht. Andererseits kann ein zentralisiertes Arbitrierungsverfahren entworfen werden, das unabhängig von der Geschwindigkeit und der Entfernung perfekt fair ist.

[0006] Arbitrierungsmechanismen wurden in der Vergangenheit für die Paketkommunikation entwickelt, die meistens nicht zeitempfindliche Formen der Kommunikation sind. Bei diesen älteren Arbitrierungsverfahren werden Konflikte zwischen gleichzeitigen Anforderungen auf der Grundlage gelöst, dass die zuerst eintreffende zuerst bedient wird, oder nach dem Round-Robin-Verfahren, oder auf eine andere Art, die für fair und gerecht für alle Kommunikationsmodule gehalten wird. Sogar wenn das Arbitrierungsverfahren mehrere Prioritäten unterstützt, sind diese Prioritäten normalerweise nicht mit einer zeitbegrenzten Klasse von Anforderungen verbunden. Mit anderen Worten sind Anforderungen nicht mit der Zeit verknüpft, zu der sie ausgegeben werden, und daher wird nicht berücksichtigt, dass die Dringlichkeit einer gegebenen Anforderung steigt, wenn Zeit vergeht, ohne dass die Anforderung bedient wird. Aus diesen Gründen eignet sich die Mehrzahl der in der Vergangenheit entwickelten Arbitrierungsverfahren für die Paketkommunikation nicht zur Unterstützung von Echtzeit-Formen der Kommunikation, wie Sprach- oder Videokommunikation. Dies ist eine bekannte Tatsache. Erfolgreiche kommerzielle Produkte, wie z. B. CSMA/CD-Busse oder Token-Ring-Netze haben eine schlechte Leistungsfähigkeit, wenn sie zur Übertragung von Sprach- oder Videoverkehr eingesetzt werden.

[0007] Eine weit verbreitete Lösung zur Verbesserung der Echtzeit-Verkehrs-Eigenschaften eines Kommunikationsbusses ist es, die verfügbare Kapa-

zität in eine Anzahl von Scheiben fester Bandbreite zu unterteilen, wobei jede Scheibe eine feste Zeit für das Senden auf den Bus belegt. Die Zeitscheiben sind besser als Zeitschlitze bekannt. Dieser Typ von Bus wird üblicherweise "slotted bus" genannt. Jeder der Zeitschlitze kann dazu benutzt werden eine feste Informationsmenge zu senden und zu empfangen (normalerweise eine kleine Menge, wie z. B. 64 Oktette). Diese Busstruktur hat den Vorteil, dass die Zugriffsverzögerung zum Bus verringert wird, da im Fall mehrerer gleichzeitiger Anforderungen zum Zugriff auf den Bus kein einzelner Sender den Bus länger als einen Zeitschlitz für sich allein hat.

[0008] Andererseits kann bei einem Bus ohne Zeitschlitze ein einzelner Sender Zugriff zum Bus bekommen und zum Beispiel mit der Übertragung einer großen Datei beginnen, ohne dass die Übertragung unterbrochen werden kann, wenn andere Formen der Kommunikation mit Echtzeitanforderungen auf den Bus zugreifen müssen. Aber sogar wenn ein Bus mit Zeitschlitzen besser zur gleichzeitigen Unterstützung von Echtzeit- und Nicht-Echtzeit-Formen der Kommunikation geeignet ist als ein Bus ohne Zeitschlitze, kann das in Verbindung mit dem Bus mit Zeitschlitzen verwendete Arbitrierungsverfahren wie oben erläutert weiterhin nicht optimal zur Unterstützung der Echtzeit- und Nicht-Echtzeit-Kommunikation geeignet sein.

[0009] Folglich muss ein neuer Arbitrierungsmechanismus für einen Bus mit Zeitschlitzen entwickelt werden, der in der Lage ist, neue Kommunikationsformen effektiv zu unterstützen, die sowohl Echtzeit erfordern, als auch Echtzeit tolerieren. Der neue Arbitrierungsmechanismus muss mehrere Prioritätsebenen berücksichtigen, die durch ihre Anforderungen an die Zugriffsverzögerung definiert sind und muss entsprechend der Verzögerungs-Priorität der Anfragen auf faire Weise Zugriff zum gemeinsamen Bus gewähren. Diese Erfindung beschreibt ein zentralisiertes Arbitrierungsverfahren für einen Bus mit Zeitschlitzen. Das Arbitrierungsverfahren unterstützt mehrere Prioritätsebenen sowohl für Echtzeit-, als auch Nicht-Echtzeit-Kommunikationsformen.

[0010] US-A-5,150,358 bezieht sich auf eine Technik zur Übertragung von Verkehr mit konstanter und variabler Bitrate in einer Breitband-ISDN-Vermittlung. Daten von Quellen mit konstanter Bitrate werden in eine Anzahl unterschiedlicher Warteschlangen gestellt, wobei jede Warteschlange eine unterschiedliche Priorität hat. Typischerweise werden Daten aus der Warteschlange übertragen, welche die höchste Priorität hat. Wenn die längste in einer Warteschlange gespeicherte Dateneinheit in einer der Warteschlangen jedoch länger als eine vorher festgelegte Zeitdauer gespeichert wurde, wird ihre Priorität erhöht, wodurch es möglich wird, dass Daten in Warteschlangen niedrigerer Priorität gesendet werden, wenn sie eine ausreichend lange Zeit gewartet haben.

[0011] Der Beitrag mit dem Titel "A Dynamic High Speed Multi-Media Local Area Network (MLAN) Protocol Architecture", Proceedings of the Military Communications Conference (MILCOM), US, New York, IEEE, Band CONF.11, Seiten 1011–1015, XP000356679, beschreibt ein MLAN-Protokoll, das eine Rundsende-Bussystem-Topologie verwendet, welche die Buszugriffszeit minimiert, indem ein fortschrittliches Reservierungsverfahren eingesetzt wird.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0012] Daher ist ein Bedarf nach einem Busarbitrierungsverfahren für die Fernmeldevermittlung entstanden, das es erlaubt, den Arbitrierungsmechanismus so abzustimmen, dass die sich ändernden Anforderungen einer Vielzahl von asynchronen Kommunikationsdiensten erfüllt werden. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Busarbitrierungsverfahren für die Fernmeldevermittlung bereitgestellt, das die Probleme mit bisherigen Bus-Arbitrierern im Wesentlichen beseitigt oder verringert.

[0013] Spezielle und bevorzugte Aspekte der vorliegenden Erfindung werden in der begleitenden unabhängigen und abhängigen Ansprüchen dargelegt.

[0014] Gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung wird ein Busarbitrierungsverfahren für die Fernmeldevermittlung bereitgestellt, bei dem eine zentrale Bus-Arbitrierungs-Einheit eine Vielzahl von Anforderungen nach einem leeren Bus-Zeitschlitz empfängt, worin jede Anforderung mit einem Alters-Gewichtsfaktor versehen wird, der ihrer Prioritätsstufe zugeordnet ist. Die Vielzahl der Anforderungen wird gemäß dem gewichteten Alter jeder Anforderung sortiert, und der Zugang zu einem leeren Bus-Zeitschlitz wird einer Anforderung gewährt, die das höchste gewichtete Alter hat.

[0015] Gemäß einer anderen Ausführung der vorliegenden Erfindung wird ein Busarbitrierungsverfahren für die Fernmeldevermittlung bereitgestellt, in dem ein Schnittstellenmodul eine Vielzahl von Anforderungen an eine zentrale Arbitrierungs-Einheit erzeugt, eine für jede unterstützte Prioritätsstufe der Vermittlungsverzögerung für jedes aus einer Vielzahl von Paketen, die Zugriff zu einem leeren Bus-Zeitschlitz benötigen. Die aufsummierte Zeit, die jede Anforderung schon ansteht, wird von der zentralen Arbitrierungs-Einheit kontinuierlich gemessen. Die Vielzahl von Anforderungen nach einem leeren Bus-Zeitschlitz wird durch einen zentralisierten Bus-Arbitrierer verarbeitet, und es wird eine Entscheidung getroffen, der einen aus der Vielzahl der Anforderungen den Zugriff zu gewähren, die das höchste gewichtete Alter hat. Das mit einer individuellen Anforderung ver-

bundene Paket, für das der Zugriff gewährt wird, wird wiederum vom zugehörigen Schnittstellenmodul auf den verfügbaren Bus-Zeitschlitz gestellt.

[0016] Ein technischer Vorteil der Ausführung der vorliegenden Erfindung ist die Minimierung der Anzahl von Zeitschlitzen auf einem Systembus, die nicht benutzt werden, wenn Anforderungen nach solchen Zeitschlitzen anstehen.

[0017] Ein weiterer technischer Vorteil einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist die Fähigkeit, die Gewichtung unterschiedlicher Dienstklassen zu ändern, um es dem Arbitrierungsmechanismus zu erlauben, so abgestimmt zu werden, dass er sich ändernde Netzwerkeigenschaften erfüllt.

[0018] Ein weiterer technischer Vorteil einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist ein dynamisch steuerbares System, das es erlaubt, einer bestimmten Benutzerklasse während eines Zeitrahmens, in dem der Bedarf an Bus-Zeitschlitzen deren Verfügbarkeit übersteigt, einen bestimmten Prozentsatz verfügbarer Bus-Zeitschlitze deterministisch zu garantieren. Der Arbitrierungsmechanismus kann modifiziert werden, um einem einzelnen Anfrager oder einer Klasse solcher Anfrager die volle Bandbreite des Busses zuzuweisen oder einen solchen Anfrager auf einen beliebigen Teil der gesamten Bandbreite des Busses während der Zeiten, in denen der Bedarf an Bandbreite deren Verfügbarkeit übersteigt, zu begrenzen.

[0019] Ein weiterer technischer Vorteil einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist ein beschleunigter Arbitrierungsmechanismus, der vom zentralen Bus-Arbitrierer parallel zu der normalen Arbitrierung auf der Grundlage des gewichteten Alters betrieben werden kann. Dieser Arbitrierungsmechanismus ersetzt den normalen Arbitrierungsmechanismus auf der Grundlage des gewichteten Alters und garantiert den Zugriff mit dem absoluten Minimum der Verzögerungszeit zur asynchronen Bus-Eingangsbandbreite für eine extrem dringende Kommunikation, die für Management-/Steuerfunktionen benötigt werden.

[0020] Ein weiterer technischer Vorteil einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist die Fähigkeit, die Menge der Bus-Bandbreite, die mit dem beschleunigten Arbitrierungsmechanismus über der Zeit verbraucht werden kann, dynamisch zu steuern oder zu begrenzen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0021] Ein kompletteres Verständnis der vorliegenden Erfindung erhält man durch Bezug auf die folgende Beschreibung in Zusammenhang mit den begleitenden Zeichnungen, in denen gleiche Referenznummern gleiche Eigenschaften anzeigen und in denen:

[0022] Fig. 1 ein Blockdiagramm einer Mehrdienste-Vermittlung für ein Telekommunikationsnetz zeigt, in der das zentralisierte Busarbitrierungsverfahren und das Gerät der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden;

[0023] Fig. 2a Bus-Overlays zeigt, die eine Paket-Bus-Overlay-Ebene enthalten;

[0024] Fig. 2b die Zuweisung von Zeitschlitzen zeigt;

[0025] Fig. 3a ein Paket-Bus-Overlay-Datagramm-Format zeigt;

[0026] Fig. 3b ein Paket-Bus-Overlay-Datagramm-Kopfinformations-Format zeigt;

[0027] Fig. 4 die Kommunikation zwischen zwei individuellen Paket-Bus-Overlay-Einheiten zeigt;

[0028] Fig. 5a–d Blockdiagramme eines zentralisierten Zeitschlitz-Arbitrierers und Format-Schemas zeigen, bei denen das Busarbitrierungsverfahren der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden;

[0029] Fig. 6 ein Shuffle-Exchange-Verbindungs-Netzwerk für den Vergleich des gewichteten Alters gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0030] Fig. 7a–b Flussdiagramme eines Busarbitrierungsverfahrens gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung zeigen;

[0031] Fig. 8a–e Flussdiagramme eines Verfahrens zeigen, das von einem Bus-Arbitrierer in einer Arbitrierungs-Runde gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung genutzt wird;

[0032] Fig. 9a–e Flussdiagramme eines alternativen Verfahrens zeigen, das von einem Zeitschlitz-Arbitrierer in einer Arbitrierungs-Runde gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung genutzt wird.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0033] Ein zentralisiertes Busarbitrierungsverfahren gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung legt fest, welche aus einer Vielzahl von Anforderungen Zugriff bekommt und in welcher Reihenfolge, wobei sowohl die Ankunftszeit als auch die Vermittlungs-/Verzögerungs-Priorität jeder Anforderung berücksichtigt werden. Anforderungen derselben Prioritätsebene werden bezogen aufeinander streng der Reihe nach behandelt. Gegen Verzögerungen empfindliche Anforderungen werden jedoch mit einer höheren Priorität zugewiesen als Anforderungen mit einer geringen Empfindlichkeit gegen Verzögerungen. Dies erfolgt, ohne Dienste mit geringer Priorität kom-

plett zu blockieren. Der Effekt der Arbitrierung ist es, Vermittlungs-Verzögerungs-Parameter von Verbindungen entsprechend ihrer Dienstklasse zu regeln und auf diese Weise eine garantierte Dienstqualität unabhängig von der Verkehrs-Mischung sicherzustellen.

[0034] Die Fairness des Arbitrierungsverfahrens der vorliegenden Erfindung stützt sich auf einen Grundsatz der wichtigsten Anfrage, der das Konzept der Dienst-Wartezeit und der Priorität in ein gewichtetes Alter der Anforderung zusammenfasst. Das gewichtete Alter einer Bus-Anforderung ist eine Funktion der verstrichenen Zeit nach dem anfänglichen Bus-Anforderungs-Intervall und der Prioritätsstufe der Anforderung. Für jede Prioritätsstufe wird mindestens ein Gewichtsfaktor definiert. Das gewichtete Alter einer Anorderung ist das Produkt seines zugeordneten Gewichtsfaktors und der verstrichenen Wartezeit der Anforderung.

[0035] Ein technischer Vorteil des Busarbitrierungsverfahrens der vorliegenden Erfindung ist eine Verringerung der Änderungen der Schaltverzögerungen von Dienstklassen hoher Priorität mit Echtzeitanforderungen bei Vorliegen eines Bedarfs an Bandbreite von einer Mischung von Diensttypen. Somit unterstützt das Busarbitrierungsverfahren der vorliegenden Erfindung mehrere Dienstklassen mit strengen Echtzeitanforderungen besser als andere Arbitrierungsverfahren.

Blockschaltbild der Mehrdienste-Vermittlung

[0036] Fig. 1 zeigt ein Blockdiagramm einer Mehrdienste-Vermittlung für ein Telekommunikationsnetz, das allgemein mit **10** bezeichnet wird. Eine Bus-Anfangs-Steuerung **12A** hat einen Ausgang, und eine Bus-Ende-Steuerung **12B** hat einen Eingang. Ein Bus mit Zeitschlitzen **13** hat einen Eingangsteil **14** und einen Ausgangsteil **16**. Der Eingangsteil **14** ist mit dem Ausgang der Bus-Anfangs-Steuerung **12A** gekoppelt, und der Ausgangsteil **16** ist mit dem Eingang der Bus-Ende-Steuerung **12B** gekoppelt. Eine Eingangs-/Ausgangs-Brücke für Bus A **18** hat einen Eingang und einen Ausgang. Der Eingang der Eingangs-/Ausgangs-Brücke für Bus A **18** ist mit dem Eingangsteil **14** des Busses mit Zeitschlitzen **13** gekoppelt, und der Ausgang der Eingangs-/Ausgangs-Brücke für Bus A **18** ist mit dem Ausgangsteil **16** des Busses mit Zeitschlitzen **13** gekoppelt.

[0037] Eine zweite Bus-Anfangs-Steuerung **20A** hat einen Ausgang, und eine zweite Bus-Ende-Steuerung **20B** hat einen Ausgang. Ein zweiter Bus mit Zeitschlitzen **21** hat einen Eingangsteil **22** und einen Ausgangsteil **24**. Der Eingangsteil **22** ist mit dem Ausgang der Bus-Anfangs-Steuerung **20A** gekoppelt, und der Ausgangsteil **24** ist mit dem Eingang der Bus-Ende-Steuerung **20B** gekoppelt. Eine zweite Eingangs-/Ausgangs-Brücke für Bus B **26** hat einen Eingang und einen Ausgang. Der Eingang der Eingangs-/Ausgangs-Brücke für Bus B **26** ist mit dem Eingangsteil **22** des Busses mit Zeitschlitzen **21** gekoppelt, und der Ausgang der Eingangs-/Ausgangs-Brücke für Bus B **26** ist mit dem Ausgangsteil **24** des Busses mit Zeitschlitzen **21** gekoppelt.

[0038] Eine Anzahl von Schnittstellenmodulen $\mathbf{28_1}$ bis $\mathbf{28_n}$ ist an den Bus mit Zeitschlitzen **13** und den Bus mit Zeitschlitzen **21** wie gezeigt angeschlossen. Jedes Schnittstellenmodul $\mathbf{28_1}$ bis $\mathbf{28_n}$ hat einen ersten Eingang, der mit dem Ausgangsteil **16** des ersten Busses mit Zeitschlitzen **13** gekoppelt ist, einen ersten Ausgang, der mit dem Eingangsteil **14** des ersten Busses mit Zeitschlitzen **13** gekoppelt ist, einen zweiten Eingang, der mit dem Ausgangsteil **24** des zweiten Busses mit Zeitschlitzen **21** gekoppelt ist, und einen zweiten Ausgang, der mit dem Eingangsteil **22** des zweiten Busses mit Zeitschlitzen **21** gekoppelt ist.

[0039] Im Betrieb arbeitet die Mehrdienste-Vermittlung **10**, um die Kommunikation zwischen den Schnittstellenmodulen $\mathbf{28_1}$ bis $\mathbf{28_n}$ über den Bus mit Zeitschlitzen **13** und den Bus mit Zeitschlitzen **21** zu unterstützen. Die Bus-Anfangs-Steuerung **12A** und die Bus-Anfangs-Steuerung **20A** erzeugen die Zeitsteuerungs- und Steuersignale, die erforderlich sind, Zeitschlitze auf dem Bus mit Zeitschlitzen **13** und dem Bus mit Zeitschlitzen **21** zu konfigurieren, um die Kommunikation über eine Anzahl von Bus-Overlays zu ermöglichen, die verschiedenen Telekommunikations-Datenformaten zugeordnet sind. Die Eingangs-/Ausgangs-Brücke für Bus A **18** und die Eingangs-/Ausgangs-Brücke für Bus B **26** verbinden den Eingangsteil **14** und den Ausgangsteil **16** des Busses mit Zeitschlitzen **13** und den Eingangsteil **22** und den Ausgangsteil **24** des Busses mit Zeitschlitzen **21**.

Überblick über die Busse mit Zeitschlitzen

[0040] Die Mehrdienste-Vermittlung **10** besteht aus einem Paar von Bussen mit Zeitschlitzen **13** und **21**. In einer Ausführung arbeitet jeder Bus mit Zeitschlitzen bei einer Nenn-Datenrate von 800 Megabit pro Sekunde (MBit/s), so dass sich eine kombinierte Datenrate von 1,6 Gigabit pro Sekunde (GBit/s) ergibt. In dieser Ausführung sind die Busse mit Zeitschlitzen **13** und **21** identisch in zweihundert Zeitschlitze aus jeweils vierundsechzig Oktetten formatiert und haben eine Rahmen-Wiederholrate von 8 kHz.

[0041] Der Bus mit Zeitschlitzen **13** und der Bus mit Zeitschlitzen **21** werden aus unidirektionalen Eingangsteilen **14** und **22** und unidirektionalen Ausgangsteilen **16** und **24** gebildet, die sich über die gesamte Länge der angeschlossenen Schnittstellenmodule $\mathbf{28_1}$ bis $\mathbf{28_n}$ erstrecken, wobei die Eingangsteile **14** und **22** und die Ausgangsteile **16** und **24** über die

Eingangs-/Ausgangs-Brücken **18** und **26** miteinander verbunden sind. Physikalisch befindet sich die Mehrdienste-Vermittlung **10** in einem Chassis oder in einem Cluster. Ein Chassis ist eine Anzahl von Schnittstellenmodulen, die über Bus-Anfangs-/Ende-Steuerungen und Eingangs-/Ausgangs-Brücken gekoppelt sind. Ein Cluster ist eine Gruppe von ein bis vier Chassis, die alle dieselben Busse mit Zeitschlitzen gemeinsam nutzen. Die Bus-Anfangs-Steuerung **12A** und die Bus-Anfangs-Steuerung **20A** erzeugen die Zeitsteuerungs- und Steuerungssignale für die Eingangsteile **14** und **22**. Die Eingangs-/Ausgangs-Bus-Brücken **18** und **26** erzeugen die Zeitsteuerungs- und Steuerungssignale für die Ausgangsteile **16** und **24** und verbinden die Eingangsteile mit den Ausgangsteilen, wobei sie jedes Signal mit einer neuen, aus dem Eingangsteil abgeleiteten Zeitsteuerung versehen. Jedes Schnittstellenmodul $\mathbf{28}_1$ bis $\mathbf{28}_n$, das sich in einem Chassis oder einem Cluster befindet, ist sowohl an den Bus mit Zeitschlitzen **13**, als auch an den Bus mit Zeitschlitzen **21** angeschlossen, wobei die Eingangsteile **14** und **22** dazu verwendet werden, eintreffenden Verkehr in das Mehrdienste-Vermittlungssystem **10** einzuspeisen, und die Ausgangsteile **16** und **24** dazu verwendet werden, abgehenden Verkehr aus dem Mehrdienste-Vermittlungssystem **10** zu entnehmen.

[0042] Der Bus mit Zeitschlitzen **13** und der Bus mit Zeitschlitzen **21** sind von Natur hybride Busse. Die Bus-Zeitschlitze werden individuell zugeordnet, um einen von zwei Haupttypen von Telekommunikations-Dienstkategorien zu unterstützen, nämlich isochrone Dienste oder asynchrone Dienste. Isochrone Dienste sind Telekommunikationsdienste, die einen vorhersagbaren und periodischen Zugang zu den Bussen mit Zeitschlitzen benötigen. Alle leitungsvermittelten Dienste – Schmalband und Breitband – befinden sich in dieser Kategorie und werden durch zwei isochrone Bandbreiten-Overlays unterstützt, die einen Teil der reservierten Bandbreite der Busse mit Zeitschlitzen **13** und **21** benutzen. Asynchrone Dienste sind die Dienste, welche in Impulsbündeln vorliegende Telekommunikations-Information unterstützen. Alle Paketdienste, einschließlich ATM-Dienste (Asynchronous Transfer Mode), werden durch ein asynchrones Overlay unterstützt, das den Rest der Bandbreite des Busses mit Zeitschlitzen benutzt, der nicht für isochrone Dienste reserviert ist.

Bus-Overlays

[0043] Fig. 2a zeigt einen Protokoll-Stack von drei Bus-Overlays an einem physikalischen Bus mit Zeitschlitzen. Eine physikalische Schicht (PHY) **30** des Busses mit Zeitschlitzen (SB) bildet die physikalischen Busse mit Zeitschlitzen der Mehrdienste-Vermittlung. Die Schicht SB PHY implementiert die tatsächliche Datenübertragung, sowohl asynchron, als auch isochron, zu und von den Zeitschlitzen der Busse mit Zeitschlitzen. Eine Paket-Bus-Overlay-(PBO)-Schicht **32**, eine Schmalband-Bus-Overlay-(NBO)-Schicht **34** und eine Breitband-Bus-Overlay-(WBO)-Schicht **36** bilden drei eindeutige Zugangsprotokolle zur Verwendung der physikalischen Transportdienste, die von der physikalische Schicht **30** des Busses mit Zeitschlitzen der Mehrdienste-Vermittlung bereitgestellt werden. Die ATM-(Asynchronous Transfer Mode)-Schicht **38** und andere Paketprotokolle **40** bilden die Protokollschichten zur Bereitstellung der ATM-Kommunikation und anderer Datenkommunikationsprotokolle, welche die PBO-Schicht zur Vermittlung nutzen.

[0044] Paketbus-Overlay-Schicht **32** bildet das Paketbus-Overlay-Zugangsprotokoll der Mehrdienste-Vermittlung und implementiert den Satz von Diensten, der von der ATM-(Asynchronous Transfer Mode)-Schicht **38** oder von anderen Paketprotokollen **40** verwendet und von der Mehrdienste-Vermittlung unterstützt wird. Die PBO-Schicht **32** erlaubt den Austausch von Paketen fester Länge über die Busse mit Zeitschlitzen der Mehrdienste-Vermittlung als verbindungsloser Datagramm-Dienst. Die Paketbus-Overlay-Schicht **32** ist optimiert, um effiziente Transportdienste für Zellen mit 53 Oktetten (z. B. ATM-Zellen und 802.6-Zellen) unter mehreren Schnittstellenmodulen zu liefern, die sich in einem Chassis oder Cluster einer Mehrdienste-Vermittlung befinden. Das Paketbus-Overlay **32** dient zur Implementierung aller asynchroner, auf Paketen basierenden, einschließlich auf Zellen und Rahmen basierender Dienste, die von der Mehrdienste-Vermittlung **10** bereitgestellt werden. Zusätzlich zu der Paketbus-Overlay-Schicht **32** unterstützt die physikalische Schicht des Busses mit Zeitschlitzen **30** ein Schmalband-Bus-Overlay **34** und ein Breitband-Bus-Overlay **36**.

[0045] Die physikalische Schicht **30** des Busses mit Zeitschlitzen ist konfigurierbar, um eine Vielzahl von Bus-Overlays zu unterhalten. Jedes Bus-Overlay ist einem aus einer Vielzahl von eindeutigen Datenformaten zugeordnet, die eine Vielzahl von Telekommunikationsdiensten unterstützen. Wie in Fig. 2a gezeigt, unterstützt die physikalische Schicht **30** des Busses mit Zeitschlitzen Paketbus-Overlay-Schicht **32** für asynchrone Kommunikationsdienste, Schmalband-Bus-Overlay-Schicht **34** für isochrone Schmalband-Kommunikationsdienste und Breitband-Bus-Overlay-Schicht **36** für isochrone Breitband-Kommunikationsdienste. Dies erzeugt drei virtuelle Busse, die unabhängig auf einem physikalischen Bus arbeiten.

Zuweisung von Zeitschlitzen zwischen drei Bus-Overlays

[0046] Fig. 2b zeigt die Zuweisung von Bus-Zeitschlitzen zwischen drei Bus-Overlays. Fig. 2b zeigt

eine Anzahl von Bus-Zeitschlitzen, wobei der Zeitschlitz links zeitlich vor den Zeitschlitzen rechts kommt. Mit fortschreitender Zeit bewegen sich die Bus-Zeitschlitze entlang des Busses von rechts nach links und übertragen Daten der Telekommunikations-Information. Die Zeitschlitze **42** sind einem isochronen Breitband-Bus-Overlay zugeordnet. Die Zeitschlitze **44** sind einem isochronen Schmalband-Bus-Overlay zugeordnet. Die Zeitschlitze **46** sind einem asynchronen Paketbus-Overlay zugeordnet. Somit existieren alle drei Overlays gleichzeitig und unabhängig voneinander durch Zuweisung getrennter Zeitschlitze. Eine Mehrdienste-Vermittlung für ein Telekommunikationsnetz kann die Vielzahl der Zeitschlitze auf dem Bus mit Zeitschlitzen den Bus-Overlays ohne Unterbrechung der Datenübertragung dynamisch zuweisen. Zum Beispiel können Zeitschlitze, die entsprechend einer bestimmten Zuordnung isochronen Daten und asynchronen Daten zugeordnet sind, ohne Unterbrechung des restlichen Verkehrs entsprechend einer anderen Zuordnung vergeben werden.

Paketbus-Overlay

[0047] Fig. 3a zeigt ein Datagramm-Format eines asynchronen Paketbus-Overlays. Das Datagramm-Format enthält eine interne Paketbus-Overlay-(PBO)-Datagramm-Kopfinformation **50** und eine Paketbus-Overlay-(PBO)-Datagramm-Nutzinformation **52**. Das Datagramm-Format enthält vierundsechzig Oktette, wobei jedes Oktett acht Datenbits hat, wie gezeigt. Die interne Paketbus-Overlay-(PBO)-Datagramm-Kopfinformation **50** belegt die ersten elf Oktette, Oktett 0 bis Oktett 10. Die Paketbus-Overlay-(PBO)-Datagramm-Nutzinformation **52** belegt die letzten dreiundfünfzig Oktette, Oktett 11 bis Oktett 63.

[0048] Das Paketbus-Overlay bietet einen verbindungslosen Datagramm-Übertragungsdienst zwischen durch vom Paketbus-Overlay adressierbaren Einheiten über eine Mehrdienste-Vermittlung. Ein Paketbus-Overlay-Datagramm beschreibt ein Paket aus vierundsechzig Oktetten, das aus elf Oktetten reservierter Kopfinformation zusammen mit einer Datagramm-Nutzinformation aus dreiundfünfzig Oktetten besteht, die optimiert sind, eine ATM-(Asynchronous Transfer Mode)-Zelle zu übertragen, wie in Fig. 3a gezeigt. Adressierungs- und Leitweglenkungs-Steuerinformation ist in der Datagramm-Kopfinformation **50** enthalten, um es zu ermöglichen, dass der Paketbus-Overlay-Datagramm-Dienst sich auf ein einzelnes Chassis, einen einzelnen Cluster oder auf ein Vermittlungssystem mit mehreren Clustern erstreckt. Ein Vermittlungssystem mit mehreren Clustern besteht aus mehreren Mehrdienste-Vermittlungs-Clustern, die über einen Expansions-Mechanismus miteinander verbunden sind. Weiterhin besteht ein Vermittlungssystem mit mehreren Clustern aus mehreren Clustern, die über einen Koppelbaustein mit Selbst-Wegesuche miteinander verbunden sind. Ein solcher Koppelbaustein mit Selbst-Wegesuche wird in der US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 08/288,598 mit dem Titel "Buffered Crosspoint for Asynchronous Transfer Mode Switch and Method of Operation" offen gelegt, das dem Anmelder der vorliegenden Erfindung erteilt wurde und dessen Offenlegungsschrift hier als Referenz mit aufgenommen wird.

[0049] Fig. 3b zeigt ein Paketbus-Overlay-Datagramm-Kopfinformations-Format. Das Paketbus-Overlay-Datagramm-Kopfinformations-Format enthält 11 Oktette, Oktett 0 bis 10, das jeweils 8 Bits enthält, wie gezeigt. Ein erstes Oktett **54** enthält den Nutzinformations-Typ, den Quell-Bus, Informationen über die beschleunigte Nachricht und die Dienstklassen-Ebene/den Typ der beschleunigten Nachricht. Die nächsten drei Oktette enthalten die Zieladresse **56** für das Datagramm. Ein fünftes Oktett **58** enthält ein Selbst-Leitweglenkungs-Kennzeichen der Stufe **2** und die ersten zwei Bits eines Selbst-Leitweglenkungs-Kennzeichens der Stufe **3**. Ein sechstes Oktett **60** enthält die letzten 4 Bits des Selbst-Leitweglenkungs-Kennzeichens der Stufe **3** und die Anzeige, ob die Leitweglenkung an ein lokales oder externes Ziel erfolgt, eine Auswahl, welches Erweiterungs-Vermittlungselement und welcher Ziel-Bus zu nutzen sind. Das siebte und das achte Oktett enthalten ein gewichtetes Alter **62** (d. h. das kumulative Alter eines Datagramms im System, gewichtet mit einem Faktor), und das neunte bis elfte Oktett enthält die Quelladresse **64** des zugehörigen Datagramms.

[0050] Die Paketbus-Overlay-Datagramm-Kopfinformation enthält alle internen Kopfinformationen, die erforderlich sind, einen komplett verbindungslosen Übertragungsdienst von Datagrammen in einem Mehrdienste-Vermittlungssystem zu unterstützen. Die Kopfinformation enthält Leitweglenkungs-Information sowohl für Punkt-zu-Punkt-, als auch für Punkt-zu-Mehrpunkt-Dienste, Dienstqualitäts-Deskriptoren, das kumulierte gewichtete Alter und Nutzinformations-Typ-Deskriptoren. Fig. 3b zeigt diese verschiedenen Felder und ihre Lage in der Paketbus-Overlay-Datagramm-Kopfinformation.

Dienstqualitäts-Klassen

[0051] Das Paketbus-Overlay unterstützt eine Anzahl unterschiedlicher Dienstqualitäts-(QoS)-Klassen, die auch als Dienstklassen (CoS) bezeichnet werden. In einer Ausführung eines Mehrdienste-Vermittlungssystems, das gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung konstruiert ist, definieren zwei Attribute eine bestimmte Dienstklasse. Diese Attribute sind die Vermittlungs-Verzögerungs-Priorität und die Wahrscheinlichkeit für einen Paketverlust. Verschiedene Kombinationen der Werte dieser Attribute er-

zeugen mehrere CoS-Ebenen. Die jedem Datagramm der vorliegenden Erfindung zugeordnete Kopfinformation kann mehrere Dienstklassen-Ebenen unterstützen. Nur zum Zweck der Erläuterung werden hier vier Ebenen beschrieben. Die Paketbus-Overlay-Ebene garantiert eine eindeutige Trennung der Dienste zwischen den unterstützten Dienstklassen. Das bedeutet, dass die Paketbus-Overlay-Ebene sicherstellt, dass die beiden messbaren Ziele der Vermittlungs-Verzögerung und der Wahrscheinlichkeit für einen Paketverlust für jede der vier Dienstklassen dieser Ausführung aufrecht erhalten werden. Diese Trennung der Klassen ist unabhängig von der Mischung des Verkehrs der verschiedenen Dienstklassen, welche den Paketbus-Overlay durchlaufen. Um eine Diensttrennung zu erreichen, unterscheidet die Paketbus-Overlay-Ebene zwischen Datagrammen auf der Grundlage der jedem Datagramm zugeordneten Dienstklasse und agiert entsprechend. Diese Unterscheidung erfordert eine Arbitrierung der asynchronen Anforderungen nach Zeitschlitzen auf dem Bus mit Zeitschlitzen.

[0052] Das Paketbus-Overlay der vorliegenden Erfindung unterstützt eine zusätzliche Dienstklasse, die als beschleunigte Dienstklasse bezeichnet wird und die nicht derselben normalen Arbitrierung unterworfen ist, wie die anderen Dienstklassen und die nicht in Form ihrer Vermittlungsverzögerung oder Paketverlust-Charakteristiken gemessen wird. Die beschleunigte Dienstklasse wird für die dringende Management-Kommunikation zwischen den Systemen verwendet, wie z. B. für Fehler- oder Blockierungsnachrichten. In dieser Ausführung der vorliegenden Erfindung werden Datagramme der beschleunigten Dienstklasse untereinander streng der Reihe nach behandelt. Datagramme der beschleunigten Dienstklasse stehen für den Zugriff zu den Bussen nicht direkt in Konkurrenz zu Datagrammen der anderen vier normalen Dienstklassen.

Übertragungsdienste

[0053] Die Paketbus-Overlay-Schicht bietet Einheiten mit Paketbus-Overlay-Übertragungsdiensten, die sowohl aus Punkt-zu-Punkt-(Unicast)-, als auch Punkt-zu-Mehrpunkt-(Multicast)-Betriebsarten der Datenübertragung bestehen. Ein Unicast-Datagramm ist ein Datagramm, das eine Datagramm-Kopfinformation enthält, die eine individuelle Zieladresse enthält, welche einer einzigen Partner-Paketbus-Overlay-Einheit zugeordnet ist. Umgekehrt ist ein Multicast-Datagramm ein Datagramm, das eine Kopfinformation enthält, die eine Gruppen-Zieladresse enthält, welche einer oder mehreren Partner-Paketbus-Overlay-Einheiten zugeordnet ist. Der Multicast-Paketbus-Overlay-Datagramm-Dienst ist identisch zum Unicast-Datagramm-Dienst mit der Ausnahme, dass jedes Multicast-Datagramm, das von einer einzigen Quelle erhalten wird, möglicherweise von einem Zeitschlitz des asynchronen Busses durch mehrere Ziel-Partner-Paketbus-Overlay-Einheiten kopiert wird, von denen alle der gemeinsamen Gruppen-Adresse zugeordnet sind.

[0054] Fig. 4 zeigt ein Blockdiagramm der Unicast-Kommunikation von Einheit zu Einheit. Eine erste Paketbus-Overlay-Ebenen-Einheit **65a** und eine zweite Paketbus-Overlay-Ebenen-Einheit **65b** kommunizieren über einen Eingangs-Bus **67** und einen Ausgangs-Bus **68**. Die Paketbus-Overlay-Ebenen-Einheit **65a** und die Paketbus-Overlay-Ebenen-Einheit **65b** kommunizieren über Datagramme **69**.

[0055] Die Paketbus-Overlay-Unicast-Kommunikation erfolgt zwischen zwei Partner-Paketbus-Overlay-Ebenen-Einheiten **65a** und **65b** innerhalb eines Mehrdienste-Vermittlungssystems der vorliegenden Erfindung. Unicast-Datagramme **69** werden für die Punkt-zu-Punkt-Übertragung von Daten genutzt, die eine Anzahl von unterschiedlichen Dienstklassen-Ebenen zwischen den beiden kommunizierenden Partner-Einheiten **65a** und **65b** haben. Wie in der Ausführung von Fig. 4 gezeigt, gibt es vier verschiedene Dienstklassen-Ebenen, wie durch die vier Warteschlangen in jedem der Eingangs- und Ausgangs-Warteschlangensysteme **65b** in Paketbus-Overlay-Ebenen-Einheit **65a** und Paketbus-Overlay-Ebenen-Einheit **65b** gezeigt. Datagramme **69a**, die nach einer Anfrage von einem Benutzer der Paketbus-Overlay-Ebenen-Einheit **65a** kommen, werden in das Eingangs-Warteschlangensystem **66a** von Paketbus-Overlay-Ebenen-Einheit **65a** gestellt, während sie auf Zugriff zur darunter liegenden physikalischen Bus-Ebene warten. Unicast-Datagramme **69b** warten auf die Gewährung des Zugriffs zu einem asynchronen Zeitschlitz auf Eingangs-Bus **67** zur Übertragung im Mehrdienste-Vermittlungssystem. Die mit den Datagrammen **69b** verbundene Dienstklassen-Ebene bestimmt die Priorität, welche die Paketbus-Overlay-Ebenen-Einheit **65a** vom Arbitrierer anfordert und die für den Zugriff zu Eingangs-Bus **67** gewährt wird.

[0056] Die Zieladresse jedes Datagramms, das über die asynchronen Zeitschlitze auf dem Eingangsbus **68** rundgesendet wird, wird eine nach der anderen durch die Partner-Paketbus-Overlay-Ebenen-Einheiten **65a** und **65b** untersucht. Wenn Ziel-Partner-Paketbus-Overlay-Ebenen-Einheit **65b** erkennt, dass eine Zieladresse mit einer ihrer zugeordneten individuellen Adressen übereinstimmt, erzeugt Paketbus-Overlay-Ebenen-Einheit **65b** eine Kopie des Datagramms **69c** und stellt sie entsprechend der zugeordneten Dienstklassen-Ebene in das Eingangs-Warteschlangen-System **66d** von Paketbus-Overlay-Ebenen-Einheit **65b**. Das Datagramm **69c** wartet dann auf die Lieferung an die Einheit der oberen Schicht. Unicast-Datagramme **69** werden in

getrennten Unter-Warteschlangen entsprechend ihren Dienstklassen-Ebenen in allen betreffenden Warteschlangen-Systemen **66a**–**d** gehalten, um die Trennung von zu jeder Dienstklasse zugeordneten Dienstqualitäts-Ebenen bereitzustellen. Asynchrone Zeitschlitze werden sowohl für die lokale Vermittlung von Paketdiensten verwendet, die Paketbus-Overlay-Datagramme zwischen Einheiten desselben Busses mit Zeitschlitzen, Einheiten im selben Chassis oder Cluster und für die externe Vermittlung zwischen Einheiten in verschiedenen Clustern verwenden.

Datagramm-Zeitstempel und Altersangabe

[0057] Eine gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung konstruierte Mehrdienste-Vermittlung unterstützt mehrere Kommunikationsdienste mit unterschiedlichen Dienstqualitäts-Anforderungen an Vermittlungsverzögerung und Paketverlust. Die Vermittlungsverzögerung ist bei manchen Paketdiensten kritischer als bei anderen. Schnelle Vermittlungszeiten sind zum Beispiel bei Videoverbindungen wichtiger als bei Verbindungen zur Übertragung großer Datenmengen, so das Videoverbindungen schneller vermittelt werden müssen als Verbindungen zur Übertragung großer Datenmengen. Daten von Kommunikationsdiensten mit engen Zeitanforderungen müssen gegenüber Kommunikationsdiensten mit weniger strengen Zeitanforderungen Vorrang erhalten, auch wenn letztere weniger Zeit im System verbracht haben. Ein Prioritätsschema, das in der Lage ist, zwischen den Zeitanforderungen der verschiedenen Kommunikationsdienste zu unterscheiden, führt zu einer starken Verringerung der Vermittlungsverzögerungen und der Verzögerungs-Änderungen von zeitempfindlichen Kommunikationsdiensten, wie z. B. Video- und Sprachkommunikation.

[0058] In einem Mehrdienste-Vermittlungssystem der vorliegenden Erfindung wird die Vermittlungsverzögerungs-Komponente der Dienstqualität von der Paketbus-Overlay-Ebene aufrechterhalten, indem eine Datagramm-Zeitstempel-Prozedur verwendet wird. Die Zeitstempel-Prozedur verwendet das Feld mit dem gewichteten Alter der in **Fig.** 6b gezeigten Datagramm-Kopfinformation. Der Zeitstempel-Prozess zeichnet die Ankunftsszeit jedes Datagramms in einem Warteschlangen-System der Paketbus-Overlay-Ebene auf. Die Datagramme werden mit einem Zeitstempel versehen, wenn sie in das System kommen. In einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist der Zeitstempel eine Zweierkomplement-Zahl, die lokal in Verbindung mit dem Datagramm gespeichert wird und die als Differenz zwischen dem Wert eines Ankunftszeit-Zählers und dem Wert im Feld mit dem gewichteten Alter der Datagramm-Kopfinformation berechnet wird. Zum Zeitpunkt, zu dem das Datagramm die Warteschlange verlässt, wird die Differenz zwischen dem gespeicherten Zeitstempel und der Zeit, zu dem das Datagramm die Warteschlange verlässt, berechnet. Die Differenz zwischen den beiden Werten ist die tatsächliche Zeit, die das Datagramm in der Warteschlange verbracht hat, plus das Alter des Datagramms beim Eintreffen in der Warteschlange, mit anderen Worten das aktualisierte Alter des Datagramms.

[0059] Um zwischen mehreren Dienstklassen mit unterschiedlichen Vermittlungs-Verzögerungs-Dienstqualitäts-Anforderungen zu unterscheiden, wird der Alterungsprozess gewichtet. Das Alter von Datagrammen unterschiedlicher Klassen erhöht sich mit unterschiedlichen Raten, welche die verschiedene Dringlichkeit ihrer Vermittlung repräsentieren. Jeder Dienstebenen-Klasse ist ein konfigurierbarer Parameter zugeordnet und wird als Gewichtsfaktor verwendet, um die für Datagramme jeder Dienstklassen-Ebene berechneten Alterswerte zu gewichten. Im Allgemeinen wird das Alter eines Datagramms mit dem Gewichtsfaktor multipliziert, um das gewichtete Alter des Datagramms zu erzeugen. Dieser gewichtete Alterswert wird dann dazu verwendet, in der Dienst-Disziplin Prioritäten und aufsummierte Verzögerungen als einzige Güteziffer zu berücksichtigen. Wenn mehrere Datagramme mit verschiedenen Vermittlungsverzögerungs-Prioritäten um denselben Ausgang wetteifern, wird das mit dem größten Alterswert als nächstes gewählt.

[0060] Der Algorithmus für das gewichtete Alter arbeitet wie folgt: Jede Dienstklasse ist mit einem Zeitzähler ausgestattet, der jedes Schaltintervall um einen Gewichtsfaktor (WF) hochgezählt wird. Der WF-Wert ist für jede Klasse unterschiedlich und programmierbar. Verzögerungs-Dienstklassen mit hoher Priorität werden mit einem höheren WF-Wert programmiert als Klassen mit einer geringeren Priorität. Die Zeitzähler jeder Klasse müssen nicht synchronisiert werden. Angenommen, zum Zeitpunkt des Eintreffens eines Datagramms in einer Warteschlange hat der zum Datagramm zugeordnete Zeitzähler CoS den Wert T_Φ, und das gewichtete Alter des Datagramms ist Age_Φ. Der Zeitstempel wird als $TS = T_\Phi - Age_\Phi$ berechnet. Der Wert von TS wird mit dem Datagramm gespeichert. Angenommen, dass zum Zeitpunkt des Verlassens des Datagramms der Wert des Zeitzählers T_1 ist, wobei $T_1 > T_\Phi$. Das neue Alter des Datagramms wird als $T_1 - TS = T_1 - (T_\Phi - Age_\Phi) = (T_1 - T_\Phi) + Age_\Phi$ berechnet. Da $T_1 - T_\Phi$ die gewichtete Zeit ist, die das Datagramm in dieser Warteschlange verbracht hat, ist der durch diese Berechnung erhaltene Wert das neue gewichtete Alter des Datagramms, das aus dem vorherigen gewichteten Alter plus der gewichteten, in der Warteschlange verbrachten Zeit besteht.

[0061] Somit ist das aufsummierte gewichtete Alter des Datagramms gleich der aufsummierten Zeit, die in allen Warteschlangen bis zum aktuellen Zeitpunkt verbracht wurde, multipliziert mit den zugeordneten

Gewichtsfaktor. Dieser Wert wird in die Kopfinformation des Datagramms geschrieben und zwischen den Warteschlangen des Mehrdienste-Vermittlungssystems der vorliegenden Erfindung übertragen. Das gewichtete Alter wird als ganzzahlige Anzahl von Bus-Zeitschlitz-Intervallen dargestellt. Es ist eine systemweite Variable, somit steigt ihr Wert kumulativ, wenn ein Datagramm von einer Wartschlange zur nächsten Warteschlange im Vermittlungssystem übertragen wird. Das gewichtete Alter eines Datagramms wird daher aktualisiert und zwischen den Warteschlangensystemen im Feld für das gewichtete Alter der Datagramm-Kopfinformation übertragen.

Asynchrone Zeitschlitz-Arbitrierung

[0062] Da asynchroner Paketverkehr von Natur aus impulsartig ist, ist es erforderlich, dass der angeforderte Zugriff auf die asynchronen Zeitschlitze geregelt wird, um sicherzustellen, das alle Schnittstellenmodule, die Paketverkehr nutzen, unter Berücksichtigung der Dringlichkeit und der Dienstqualität der Anforderungen eine gerechte Menge der Bandbreite des asynchronen Busses erhalten. Um einen geordneten Eingangs-Zugriff auf Anforderung für asynchrone Schnittstellenmodule zum Bus mit Zeitschlitzen zu erlauben, erzeugen alle asynchronen Schnittstellenmodule eine Bus-Übertragungs-Anforderung für jedes asynchrone Paket, das vom Eingang zur Ausgangsseite des Busses mit Zeitschlitzen vermittelt werden muss. Es werden verschiedene Prioritätsebenen von Anforderungen ausgegeben, abhängig von der Dienstklasse des Paketes, das auf die Übertragung wartet. Eine zentralisierte asynchrone Zeitschlitz-Arbitrierungs-Einheit, die auf jedem Systembus mit der Bus-Kopfstations-Steuerung zusammen angeordnet ist, sammelt diese Anforderungen von den Schnittstellenmodulen im Cluster (d. h. die an den Bus mit Zeitschlitzen angeschlossen sind) und gewährt Schnittstellenmodulen, die Bandbreite des asynchronen Busses anfordern, den Zugriff auf freie asynchrone Zeitschlitze. Arbitrierung ist ein systemweiter Prozess zur Auflösung von Konflikten, der vom zentralen synchronen Bus-Arbitrierer implementiert wird. Die asynchrone Zeitschlitz-Arbitrierung ist eine komplett duplizierte Funktion, da pro Bus mit Zeitschlitzen ein unabhängiger asynchroner Zeitschlitz-Arbitrierer mit seiner Bus-Kopfstations-Steuerung zusammen angeordnet ist.

[0063] Der Zweck des Arbitrierers der asynchronen Zeitschlitze ist die Auswahl und die Gewährung des Eingangs-Zugriffs auf einen freien asynchronen Zeitschlitz aus einer Vielzahl von bis zu N anstehenden Anforderungen, die von einer Vielzahl von Schnittstellenmodulen empfangen werden, die an den Bus mit Zeitschlitzen angeschlossen sind. Die Auswahl und die Gewährung des Zugriffs führt zur dynamischen Zuordnung des nächsten asynchronen Zeitschlitzes an den gewinnenden Anforderer, was an den Gewinner über eine spezielle Gewährungs-Nachricht gesendet wird, die auf einem seriellen Gewährungs-Bus codiert wird, der von allen anfordernden Schnittstellenmodulen überwacht wird. Der Arbitrierungsprozess wiederholt sich einmal in jedem Schaltintervall, das gleich einem Zeitschlitz-Zyklus ist. Während eines Schaltintervalls direkt vor einem isochronen Zeitschlitz ist keine Auswahl oder Gewährung von Zugriff erforderlich, da isochrone Zeitschlitze für asynchronen Verkehr nicht zugänglich sind. Alle anstehenden Anforderungen werden jedoch während solcher Schaltintervalle gealtert. Die Arbitrierung verhindert eine Verschwendung von asynchroner Bandbreite durch individuelle Schnittstellenmodule und löst mehrere gleichzeitige Anforderungen nach Benutzung der Bandbreite asynchroner Zeitschlitze auf.

[0064] Ein technischer Vorteil der vorliegenden Erfindung ist die einfache Implementation in Hardware und die Fähigkeit, eine hundertprozentige Ausnutzung der Bus-Bandbreite durch einen einzigen Benutzer zu ermöglichen, wenn keine anderen Benutzer aktiv sind. Das Arbitrierungsverfahren der vorliegenden Erfindung ist robust und unempfindlich gegen Fehler und gewährt Zugriffsanfragen auf eine gewichtete Weise in der Reihenfolge des Eintreffens den Zugang. Das Arbitrierungsverfahren der vorliegenden Erfindung unterstützt mehrere Prioritäten, einschließlich Prioritäten mit Echtzeitanforderungen, und verringert die Blockierung der Leitungs-Kopfstation, wobei eine Anforderung geringer Priorität verhindert, dass später eintreffende Anforderungen hoher Priorität Zugang zum Bus bekommen. Schließlich minimiert das Arbitrierungsverfahren der vorliegenden Erfindung Prioritäts-Umkehrungen, bei denen ein Paket Zugang zum Bus erhält, obwohl Pakete derselben oder einer höheren Priorität vor ihm eingetroffen sind.

Auswahlmechanismus

[0065] Der synchrone Zeitschlitz-Arbitrierer verarbeitet gleichzeitig bis zu N Anfragen, wobei N gleich M multipliziert mit der maximalen Anzahl von Schnittstellenmodulen ist, die in der Lage sind, auf den Bus mit Zeitschlitzen zuzugreifen, und M gleich der maximalen Anzahl von Anforderungs-Prioritätsebenen ist, die von jedem Schnittstellenmodul unterstützt werden. Von den M möglichen Anforderungen von jedem Schnittstellenmodul werden M – 1 dem Mechanismus der Arbitrierung mit gewichtetem Alter unterworfen und gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung als normale Anforderungen klassifiziert. Eine der Anforderungen von jedem Schnittstellenmodul ist eine beschleunigte Anforderung, die statt der Arbitrierung nach gewichtetem Alter, die für normale Anforderungen entsprechend den Lehren der vorliegenden Erfindung ausgeführt wird, einer speziellen Arbitrierung mit geringer Verzögerung ausgesetzt ist. Der asyn-

chrone Zeitschlitz-Arbitrierer verarbeitet beide Typen von Anforderungen parallel und gewährt gemäß einer vordefinierten Disziplin Zugriff auf die asynchronen Zeitschlitze auf dem Bus. Beschleunigte Anforderungen erhalten im Allgemeinen immer zuerst Zugriff, und im Fall mehrerer oder gleichzeitiger beschleunigter Anforderungen wird die Reihenfolge des Eintreffens der beschleunigten Anforderungen streng berücksichtigt und die Zugriffe entsprechend gewährt. Das gewichtete Alter aller anstehenden normalen Anforderungen wird kontinuierlich aktualisiert, wenn alle anstehenden beschleunigten Anfragen bearbeitet werden, so dass alle Wartezeiten der Anforderungen berücksichtigt werden. Nachdem alle anstehenden beschleunigten Anforderungen Zugriff erhalten haben, werden normale Anforderungen entsprechend dem gewichteten Alter arbitriert und erhalten entsprechend Zugang.

Beschleunigte Anforderungen

[0066] Jedes Schnittstellenmodul ist in der Lage, zu einem Zeitpunkt eine beschleunigte Anforderung auszugeben. Ein Schnittstellenmodul gibt eine beschleunigte Anforderung aus, wenn das Schnittstellenmodul dringende Daten hat, die über den Bus mit Zeitschlitzen mit extrem geringer Verzögerung übertragen werden müssen. Nur ein kleiner Teil des gesamten Verkehrs auf dem Bus nutzt normalerweise die Fähigkeit für den beschleunigten Zugriff. Ein Grenzwert der Anzahl beschleunigter Anfragen, die pro Zeiteinheit Zugriff erhalten, kann leicht vom Arbitrierer der asynchronen Zeitschlitze vergeben werden, so dass die Anzahl beschleunigter Nachrichten nicht eine vorher festgelegte Menge an Bandbreite überschreitet und möglicherweise den normalen Paketverkehr stört. Der Arbitrierer der asynchronen Zeitschlitze gewährt jeder beschleunigten Anforderung wie oben erläutert sofort bevorzugten Zugriff, es sei denn, der vordefinierte Grenzwert ist erreicht. Dieser Grenzwert kann ein dynamisch programmierbarer Parameter des Arbitrierungsmechanismus gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung sein.

[0067] Ein zentralisierter Arbitrierer der asynchronen Zeitschlitze, der gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung arbeitet, untersucht in jedem Buszyklus alle anstehenden beschleunigten Anforderungen und weist den nächsten verfügbaren asynchronen Zeitschlitz einer der Anforderungen in der Reihenfolge des Eintreffens zu, solange der Grenzwert für die maximale Anzahl von beschleunigten Anforderungen pro Zeiteinheit nicht überschritten wird. Beschleunigten Anforderungen wird der erste verfügbare asynchrone Zeitschlitz zugewiesen, wobei keine Wartezeit bis auf die für die Weitergabe isochroner Zeitschlitze auftritt. Im Allgemeinen unterbrechen beschleunigte Anforderungen alle anderen normalen Anforderungen, wobei normale Anforderungen nie einer beschleunigten Anforderung vorgezogen werden. Die einzige Ausnahme ist, wenn der Grenzwert für die maximale Anzahl von pro Zeiteinheit gewährten beschleunigten Anforderungen überschritten wurde. Wenn diese Schwelle erreicht wurde, werden die normalen Anforderungen verarbeitet, als ob zurzeit keine beschleunigten Anforderungen anstehen würden.

Normale Anforderungen

[0068] Jedes asynchrone Schnittstellenmodul, das in der Lage ist, auf den Bus mit Zeitschlitzen zuzugreifen, kann bis zu M – 1 normale Anforderungen ausgeben, wie oben erläutert. Diese normalen Anforderungen können sich auf eine oder mehrere Dienstklassen aufteilen, die gemeinsame Anforderungen an die Verzögerung haben. Ein System kann zum Beispiel vier Dienstklassen unterstützen und trotzdem nur maximal drei Anforderungs-Prioritätsebenen unterstützen, so dass M gleich drei ist. Die erste Ebene der normalen Anforderungen könnte durch Dienste gemeinsam genutzt werden, die sehr empfindlich gegen Verzögerungen sind und einer ersten und einer zweiten Dienstklasse zugeordnet werden, die sich nur durch ihren Grad der Empfindlichkeit gegen Verluste unterscheiden. Auf gleiche Weise könnte die zweite Ebene der normalen Anforderungen durch Dienste mit geringer Empfindlichkeit gegen Verzögerungen gemeinsam genutzt und einer dritten und vierten Dienstklasse zugeordnet werden. Jedes Schnittstellenmodul, das mit dem Arbitrierer für asynchrone Zeitschlitze arbeitet, wird für eine Zeitschlitz-Übertragung von Paketen der ersten oder zweiten Dienstklasse eine Anforderung hoher Priorität ausgeben und wird für eine Zeitschlitz-Übertragung von Paketen der dritten oder vierten Dienstklasse eine Anforderung niedriger Priorität ausgeben.

Arbitrierungs-Wettbewerb

[0069] Das gewichtete Alter von normalen Anfragen von allen Schnittstellenmodulen im Cluster wird vom Arbitrierer der asynchronen Zeitschlitze für einen globalen Wettbewerb zur Auflösung von Konflikten gesammelt, um festzustellen, welche Anforderung Zugriff zum nächsten freien Zeitschlitz erhalten wird. In einem Wettbewerb wählt der Arbitrierer der asynchronen Zeitschlitze eine der anstehenden Anforderungen unter allen während eines Schaltintervalls anstehenden normalen Anforderungen aus und gewährt der ausgewählten Anforderung Zugriff zum nächsten verfügbaren asynchronen Zeitschlitz. Die Gesamtzahl anstehender normaler Anforderungen kann bis zu (n × (m – 1)) sein, wobei n die Anzahl unterstützter Schnittstellenmodule und m die Anzahl unterstützter Anforderungs-Prioritätsebenen ist.

[0070] Gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung wählt der Arbitrierer der asynchronen Zeitschlitze die Anforderung (oder eine aus mehreren Anfor-

derungen) mit dem höchsten gewichteten Alter. Die Auswahl dieser Anforderung berücksichtigt, dass es erforderlich ist, die Reihenfolge des Eintreffens beizubehalten, während Anforderungen höherer Priorität in der Reihenfolge, in der die Anforderungen bedient werden, fortschreiten können.

[0071] Der normale Wettbewerb zur Auflösung von Konflikten (d. h. ohne Berücksichtigung von beschleunigten Anforderungen) besteht im Grunde aus zwei Hauptaufgaben. Die erste Hauptaufgabe ist die Überwachung einer Vielzahl möglicher Anforderungen von einer Vielzahl von Schnittstellenmodulen und die Unterhaltung eines kumulativen gewichteten Alters für jede dieser möglichen Anforderungen zur Anzeige, wie lange jede einzelne Anforderung schon ansteht. Die zweite Hauptaufgabe ist das Sortieren aller kumulativen Alterswerte für alle anstehenden Anforderungen und die Auswahl der Anforderung mit dem höchsten Alter (d. h. im Allgemeinen der Anforderung, die am längsten gewartet hat) und die Gewährung des Eingangs-Zugriffs auf den nächsten asynchronen Zeitschlitz an diese ausgewählte Anforderung. Für den Fall, das mehrere Anforderungen denselben höchsten Alterswert haben, wird eine Anforderung einfach zufällig aus dieser Gruppe ausgewählt (d. h. alle Anforderungen mit demselben Alter haben unabhängig von ihrer Priorität den gleichen Anspruch). In einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist das kumulative Alter einer Anforderung die Zeit, die seit ihrem Eintreffen verstrichen ist, multipliziert mit einem Gewichtsfaktor, welcher der Prioritätsebene der Anforderung zugeordnet ist. Somit hängt die Geschwindigkeit des Alterungsprozesses der Anforderung von der Priorität der Anforderung ab, und dieser Alterswert wird als gewichtetes Alter bezeichnet. Als Folge dieser Gewichtung altern Anforderungen hoher Priorität schneller als Anforderungen niedriger Priorität.

[0072] Nach Ende des Wettbewerbs wird die Anforderung mit dem höchsten gewichteten Alter ausgewählt, und es wird eine Genehmigung für den nächsten verfügbaren Zeitschlitz an die ausgewählte Anforderung ausgegeben. Der zugehörige Wert des gewichteten Alters für die ausgewählte Anforderung wird auf Null zurückgesetzt. Der neue Wettbewerb zur Auflösung von Konflikten wiederholt sich im nächsten Zeitschlitz-Intervall mit den restlichen anstehenden plus den neu eingetroffenen Anforderungen, die alle erneut im Wettbewerb um den Eingangs-Zugang zu einem asynchronen Zeitschlitz stehen. Die anstehenden Anforderungen gehen mit einem größeren Alterswert in den Wettbewerb, da sie nun älter sind, da sie einen Zeitschlitz gewartet haben. Da die gewichtete Alterung abhängig von der Priorität der Anforderung mit einer unterschiedlichen Geschwindigkeit erfolgt, kann der Rang einer Anforderung in diesem Wettbewerb in aufeinander folgenden Intervallen unterschiedlich sein. Zum Beispiel kann eine Anforderung eine andere Anforderung übertreffen, wenn die erste Anforderung eine höhere Priorität hat als die zweite Anforderung. Somit kann die erste Anforderung vor der zweiten Anforderung bedient werden, sogar wenn die zweite Anforderung zuerst eintraf.

[0073] Gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung kann der Gewichtsfaktor eines bestimmten Typs von Anforderungen als Reaktion auf Änderungen der Mischung des zu vermittelnden Verkehrs dynamisch geändert werden. Somit kann das Arbitrierungsverfahren adaptiv so angepasst werden, dass die von den asynchronen Verbindungen erfahrene Dienstqualität nicht durch die Tageszeit oder andere Faktoren beeinflusst wird, welche die Verkehrsmenge oder die Verkehrszusammensetzung beeinflussen. Die Gewichtungsfaktoren für die verschiedenen vom System unterstützten Anforderungs-Prioritätsebenen werden als System-Parameter, die dynamisch geändert werden können, an den Zeitschlitz-Arbitrierer weitergegeben. Als zusätzliche Ebene der Kundenanpassung kann der Gewichtsfaktor individueller Anforderungen änderbar gemacht werden. Somit kann gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung der Grad des Anspruchs einer gesamten Anforderungs-Prioritätsebene oder sogar eines einzelnen Anforderers dynamisch geändert werden, um neue Verkehrsbedingungen widerzuspiegeln. Auf diese Weise kann der Betrieb des Netzes adaptiv an die sich ändernden Charakteristiken des Verkehrs im Netz angepasst werden.

Implementation der Anforderungen und Genehmigungen

[0074] Jedes Schnittstellenmodul, das asynchrone Dienste bereitstellt, hat eine Anforderungsleitung für jede unterstützte normale Prioritätsebene. Diese normalen Anforderungen werden an einen asynchronen Zeitschlitz-Arbitrierer angeschlossen, wo sie der Arbitrierung nach dem gewichteten Alter unterworfen werden. Zusätzlich dazu werden Formen des Verkehrs, die eine dringende Übertragung erfordern, im normalen, oben beschriebenen Verfahren der Arbitrierung mit gewichtetem Alter keiner Wartezeit ausgesetzt und nutzen eine spezielle beschleunigte Anforderung. Der Zugriff zum Bus für beschleunigten Verkehr wird über eine Anforderungsleitung für beschleunigte Anforderungen angefordert. Somit wird eine zusätzliche Anforderungsleitung pro Schnittstellenmodul für beschleunigte Anforderungen zugeordnet.

[0075] Fig. 5A zeigt ein Blockdiagramm eines zentralisierten Arbitrierers für asynchrone Zeitschlitze, der das Busarbitrierungsverfahren der vorliegenden Erfindung nutzt. Das Blockdiagramm von Fig. 5a ist eine Ausführung, die zu dem Zweck angegeben wird, der Verbindung der Anforderungs- und Genehmi-

gungs-Signale zwischen dem zentralisierten Arbitrierer für asynchrone Zeitschlitze und den unterstützten Schnittstellenmodulen zu erläutern. Es ist ein zentralisierter Arbitrierer für asynchrone Zeitschlitze (CASA) **102** gezeigt, der mit jedem Schnittstellenmodul $\mathbf{100_0}$ bis $\mathbf{100_n}$ über M Genehmigungsleitungen und M Anforderungsleitungen wie gezeigt verbunden ist, wobei M die Anzahl von unterstützten Anforderungs-Prioritätsebenen ist. Die Schnittstellenmodule $\mathbf{100_0}$ bis $\mathbf{100_n}$ kommunizieren untereinander durch Zugriff auf einen Bus mit Zeitschlitzen **104**. Obwohl für jedes Schnittstellenmodul $\mathbf{100_0}$ bis $\mathbf{100_n}$ eine einzige Anforderungsleitung und eine einzige Genehmigungsleitung gezeigt wird, werden mehrere Anforderungsleitungen implementiert, um eine Anzahl von Prioritätsebenen zu unterstützen. Die Anzahl von Anforderungsleitungen M für jedes Schnittstellenmodul $\mathbf{100_0}$ bis $\mathbf{100_n}$ ist gleich der Anzahl der Prioritätsebenen für normale Anforderungen plus eine für die beschleunigte Anforderung. Die Anzahl von Genehmigungsleitungen ist gleich der Anzahl der Anforderungsleitungen. Die Anforderungs- und Genehmigungsleitungen können auch gemultiplext werden, um eine wirtschaftliche Anzahl benötigter physikalischer Leitungen zu erreichen.

[0076] Im Betrieb lösen die Schnittstellenmodule $\mathbf{100_0}$ bis $\mathbf{100_n}$ Anforderungen auf den Anforderungsleitungen aus. Der Arbitrierer **102** sammelt die Anforderungen und führt den oben beschriebenen Wettbewerb aus. Der Arbitrierer **102** sendet Genehmigungen an die Schnittstellenmodule $\mathbf{100_0}$ bis $\mathbf{100_n}$, wozu er die Genehmigungsleitungen verwendet.

[0077] Fig. 5b zeigt ein Anforderungs-/Genehmigungs-Verbindungs-Schema, bei dem ein Multiplex sowohl von Anforderungs-, als auch Genehmigungsleitungen einzelner Schnittstellenmodule genutzt wird, die in einem Cluster mit bis zu vier physikalisch getrennten Chassis installiert sind, die aber an einen gemeinsamen Bus mit Zeitschlitzen angeschlossen sind. Die Genehmigungen für alle Schnittstellenmodule **192** bis **198** in allen vier Chassis **182** bis **188**, die den Cluster bilden, sind vom zentralen Arbitrierer für asynchrone Zeitschlitze **180** gemultiplext dargestellt, wozu ein einziger verteilter serieller Bus verwendet wird, der die Eingangs-Zeitsteuerung des Clusters nutzt. Zusätzlich dazu, dass es wirtschaftlicher ist, Genehmigungen an alle Module im Cluster über ein einziges Signal auszugeben, wird durch die Kopplung der seriellen Zeitsteuerung des gemultiplexten Genehmigungs-Busses mit der Eingangs-Zeitsteuerung des Clusters sichergestellt, dass die erforderlichen Zeitsteuerungs-Beziehungen des an jedes Schnittstellenmodul gelieferten Genehmigungs-Signals bezüglich der lokalen Eingangs-Zeitsteuerung eingehalten werden. Durch Verwendung derselben Verteilungsmethode wie die Zeitsteuerung und die Steuersignale des Eingangs-Busses mit Zeitschlitzen werden die Probleme der Kompensation von Zeitverschiebungen zwischen unterschiedlichen physikalischen Zeitschlitz-Positionen und zwischen verschiedenen physikalischen Chassis effektiv beseitigt. Die Anforderungssignale von den Schnittstellenmodulen zum Arbitrierer werden gemultiplext auf einem gemeinsamen Anforderungs-Bus pro physikalischem Chassis gezeigt, wozu ein Zeitmultiplexverfahren (TDM) verwendet wird. Die individuellen Schnittstellenmodule in jedem physikalischen Chassis ($\mathbf{192_1}$ bis $\mathbf{192_n}$ für Chassis **182**, $\mathbf{194_1}$ bis $\mathbf{194_n}$ für Chassis **184**, $\mathbf{196_1}$ bis $\mathbf{196_n}$ für Chassis **186** und $\mathbf{198_1}$ bis $\mathbf{198_n}$ für Chassis **188**) senden ihre Anforderungen mit mehreren Prioritätsebenen auf dem Haupt-Anforderungs-Bus im Zeitmultiplex (TDM) während festgelegter Zeitschlitze, die zu dem physikalischen Zeitschlitz gehören, in dem sie installiert sind, an jedes zugehörige Chassis $\mathbf{202_0}$, $\mathbf{204_0}$, $\mathbf{206_0}$ und $\mathbf{208_0}$.

[0078] Wie in Fig. 5b gezeigt, sind die in jedem Chassis lokalen Haupt-Zeitmultiplex-(TDM)-Anforderungs-Busse in Reihe miteinander verbunden, wobei die Ausgangs-Zeitsteuerung des Clusters dazu verwendet wird, die einzelnen Anforderungssignale zurück zum zentralen Arbitrierer zu verteilen. Diese Reihenschaltung der gemultiplexten Anforderungs-Busse ist in den Standard-Erweiterungs-Modulen enthalten, die zur Verbindung der Busse mit Zeitschlitzen der Chassis verwendet werden. Der zentralisierte Arbitrierer für asynchrone Zeitschlitze schließt die vier einzelnen gemultiplexten Anforderungs-Busse **201**, $\mathbf{201_1}$, $\mathbf{201_2}$ und $\mathbf{201_3}$ am Bussteuerungs-Modul am Kopf des Busses im ersten Steckplatz des Chassis **182** direkt ab. Das Eingangs-/Ausgangs-Bus-Brücken-Modul **190** wird nur dargestellt, um zu zeigen, dass die Ausgangs-Zeitsteuerung des Clusters im letzten Chassis des Clusters aus der Eingangs-Zeitsteuerung, die für das Chassis lokal ist, abgeleitet und erzeugt wird. So wie beim gemultiplexten Genehmigungs-Bus bietet die Kopplung der Verteilung der TDM-gemultiplexten Anforderungsbusse unter Verwendung der Ausgangs-Cluster-Zeitsteuerung Vorteile, die über die Wirtschaftlichkeit des Multiplexens selbst hinausgehen. Durch Nutzung der Ausgangs-Zeitsteuerung und Verteilung der Anforderungssignale an den Arbitrierer zusammen mit anderen Ausgangssignalen des Busses mit Zeitschlitzen werden die Anforderungen aller Module effektiv aufeinander synchronisiert, und Ungleichheiten der Arbitrierung, die durch Zeitsteuerungs-Abweichungen unter den Anforderungen bezogen auf ihre physikalische Position im Cluster verursacht werden, weitgehend beseitigt. Man beachte, dass das feste TDM-Schema dazu führt, dass Anforderungen, die von Schnittstellenmodulen kommen, die in physikalischen Steckplätzen mit kleineren Nummern installiert sind, gegenüber denen mit höheren Nummern bevorzugt werden. Durch das Arbitrierungsverfahren mit gewichtetem Alter werden jedoch die mit der physikalischen Steckplatz-Anordnung verbundenen Ungerechtigkeiten minimiert, da wenn eine Anforderung

einmal Zugriff bekommen hat, ihr gewichtetes Alter auf Null zurückgesetzt wird, und sie als solche nicht aufgrund ihrer physikalischen Steckplatz-Position innerhalb des Clusters die verfügbare Bandbreite dominieren kann.

[0079] Fig. 5c zeigt das Format des TDM-gemultiplexten Anforderungs-Busses, wie oben erläutert. Der gemultiplexte Anforderungs-Bus ist sechs Bit **210_0** bis **210_5** breit, die mit B0 bis B5 bezeichnet werden. Jedem Bit ist eine eindeutige Anforderungs-Prioritätsebene zugeordnet, und ein sechstes Bit B5 ist zur Übertragung der Parität reserviert und wird dazu benutzt, jede einzelne asynchrone Anforderung zu überprüfen. Das TDM-Schema basiert auf der Zeitsteuerung des lokalen Ausgangs-Zeitschlitzes. Ein einfacher Anforderungs-Rahmen auf diesem TDM-gemultiplexten Anforderungs-Bus besteht aus einem Ausgangs-Bus-Zeitschlitz **220**. Jedes Schnittstellenmodul steuert den gemultiplexten Bus auf einem zugeordneten Zeitschlitz an, der seiner physikalischen Steckplatz-Position innerhalb des Chassis entspricht. Wie gezeigt, wird einem Schnittstellenmodul, das im physikalischen Steckplatz Nummer 1 installiert ist, der erste Taktzyklus eines Ausgangs-Zeitschlitzes **212_1** zugeordnet. Jedem physikalischen Steckplatz sind aufeinander folgende Taktzyklen in einem Ausgangs-Zeitschlitz in der Reihenfolge **212_1** bis **212_{16}** zugeordnet.

[0080] Fig. 5d zeigt das serielle Nachrichtenformat, das auf der Genehmigungs-Busleitung verwendet wird. Eine Genehmigungs-Nachricht **250** kann in den ersten elf Taktzyklen eines Eingangs-Zeitschlitzes **240** übertragen werden. Die Nachricht beginnt mit einer Start-Anzeige **252**, die immer 0 ist, um leicht das Vorliegen einer Genehmigungs-Nachricht in einem Eingangs-Zeitschlitz anzuzeigen. Das nächste Feld mit drei Bit **254** der Nachricht codiert die Prioritätsebene der zugehörigen Anforderung, welcher die Nachricht Zugriff gewährt. Nach dem Feld mit der Prioritätsebene kennzeichnet ein Feld mit zwei Bit **256** innerhalb der Nachricht die Nummer des Chassis, welches das Schnittstellenmodul enthält, das zur ausgewählten Anforderung gehört, der Zugriff gewährt wird. Das nächste Feld mit vier Bit **258** der Nachricht kennzeichnet die Nummer des physikalischen Steckplatzes, der das Schnittstellenmodul enthält, das zur ausgewählten Anforderung gehört, der Zugriff gewährt wird. Schließlich überträgt das letzte Bit **260** der Nachricht ein Paritätsbit, das die gesamte Genehmigungs-Nachricht abdeckt und für zusätzliche Sicherheit und für die Sicherstellung der Kontinuität mit dem Arbitrierer durch die Schnittstellenmodule sorgt.

Bewertung von mehrfachen Anforderungen

[0081] Die Bewertung oder das Sortieren einer großen Zahl von Anforderungen gemäß ihrem gewichteten Alter ist kostenaufwendig, wenn es gleichzeitig durchgeführt wird. Betrachten wir zum Beispiel ein Verfahren, in dem das gewichtete Alter jeder Anforderung mit dem gewichteten Alter jeder anderen Anforderung verglichen wird, um festzustellen, welcher Wert der größte ist. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist, dass die Anzahl der für diese Vergleiche benötigten Komparatoren exponentiell mit der Anzahl der Anforderungen wächst.

[0082] Geht man davon aus, dass das Ziel das einfache Erkennen des größten Wertes ist, ist ein aus mehreren binären Vergleichen bestehendes iteratives Verfahren effizienter. Die Gewinner einer Runde binärer Vergleiche werden wieder untereinander verglichen, so dass die Anzahl der Verbleibenden nach jeder Vergleichsrunde auf die Hälfte verringert wird, bis nach einer bestimmten Anzahl aufeinander folgender Vergleiche nur einer übrig bleibt. Der Gewinner ist das gewichtete Alter, das den größten Wert unter allen gewichteten Alterswerten hat, die am Wettbewerb teilgenommen haben. Für eine maximale Anzahl von N Teilnehmern ist die Anzahl von erforderlichen Iterationen k, wobei k gleich $\log_2 N$ ist. Für 256 Anforderungen sind acht Vergleichsiterationen erforderlich. Während der ersten Iteration werden die gewichteten Alter paarweise in 128 Komparatoren mit zwei Eingängen verglichen. Während der zweiten Iteration werden die 128 größten gewichteten Alter aus der ersten Iteration verglichen, wozu 64 Komparatoren mit zwei Eingängen verwendet werden. Während der dritten Iteration werden die 64 größten gewichteten Alter aus der zweiten Iteration verglichen, wozu 32 Komparatoren mit zwei Eingängen verwendet werden, und so weiter. Nach der achten Vergleichsiteration ist das größte gewichtete Alter gefunden.

[0083] Zusätzlich zu den Komparatoren zum Vergleich der gewichteten Alter ist ein Routing-Netzwerk implementiert, um nach jeder Iteration die größten gewichteten Alter paarweise zusammenzuführen. Es ist wünschenswert, dass das benutzte Verbindungs-Netzwerk mit einem minimalen Aufwand an Hardware implementiert wird. Ein solches Implementations-Netzwerk ist ein Shuffle-Exchange-Netzwerk.

[0084] Fig. 6 zeigt ein Shuffle-Exchange-Netzwerk zum Vergleich des gewichteten Alters gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung. Als Beispiel arbeitet das Shuffle-Exchange-Verbindungs-Netzwerk **120** aus Fig. 6 mit acht Eingängen A bis H, wie gezeigt. Erweiterte Netzwerke mit beliebiger Anzahl von Eingängen können implementiert werden. Shuffle-Exchange-Netzwerk **120** hat eine erste Stufe **126**, eine zweite Stufe **128** und eine dritte Stufe **130**. Diese Stufen bestehen aus Blöcken **132**, die wie gezeigt miteinander verbunden sind. Shuffle-Exchange-Netzwerk **120** aus Fig. 6 hat die Eigenschaft, dahingehend invariant zu sein, dass jede Stufe **126**, **128** und **130** des Shuffle-Exchange-Netzwerks **120**

topologisch mit den anderen identisch ist. Es ist möglich, Shuffle-Exchange-Netzwerk **120** mit nur einer Stufe **126** zu implementieren, wie in dem gepunkteten Rechteck in Fig. 6 gezeigt. Die Hardware, die diese Stufe enthält, kann nach jeder Iteration wieder verwendet werden, so dass es nicht erforderlich ist, eine große Anzahl physikalischer Stufen zu implementieren.

[0085] Jeder Block **132** in Fig. 6 besteht aus einem einfachen Durchschaltungs-/Überkreuzungs-Umschalter und einem Komparator mit zwei Eingängen. Der einfache Durchschaltungs-/Überkreuzungs-Umschalter wird durch die Ergebnisse des vom Komparator mit zwei Eingängen durchgeführten binären Vergleichs aktiviert. Wenn der Wert des gewichteten Alters von Eingang **1** größer ist als der von Eingang **2**, ist das Ergebnis eine Durchschaltung, so dass Eingang **1** mit Ausgang **1** und Eingang **2** mit Ausgang **2** verbunden wird. Umgekehrt ist, wenn der Wert des gewichteten Alters von Eingang **2** größer als der von Eingang **1** ist, das Ergebnis eine Überkreuzung, so dass Eingang **2** mit Ausgang **1** und Eingang **1** mit Ausgang **2** verbunden wird.

[0086] Jede Iterationsebene benutzt eine Stufe eines Shuffle-Exchange-Netzwerks. In Fig. 6 wird die Stufe **126** während der ersten Iteration verwendet. Während dieser ersten Iteration werden die gewichteten Alter A–H in Paaren verglichen, wie gezeigt. Nehmen wir an, dass A, B, G und D größer sind als ihre Gegenstücke E, F, C, bzw. H. Dann werden diese vier zu den Eingängen der zweiten Stufe **128** geschaltet, wie in Fig. 6 gezeigt, um in der nächsten Iteration verglichen zu werden. Während der zweiten Iteration in der zweiten Stufe **128** wird in den beiden dunklen Blöcken **132** A mit G verglichen, und B wird mit D verglichen, wie gezeigt. Nehmen wird an, dass G größer als A und B größer als D ist. Am Ende der zweiten Iteration werden B und G an die Eingänge der dritten Stufe **130** durchgeschaltet, wie gezeigt. Während der dritten Iteration wird das größte der beiden gewichteten Alter G und B an den ersten Ausgang des oberen Blocks **132** der dritten Stufe **130** geschaltet. Dieser Ausgang enthält unabhängig von der Anzahl der Teilnehmer und der Eingangskombination der Werte ihres gewichteten Alters am Ende der Vergleichsprozedur immer das größte gewichtete Alter. Somit ist G der Ausgang **1** des oberen Blockes **132** der dritten Stufe **130** als das größte gewichtete Alter.

[0087] In das Design des einfachen Durchschaltungs-/Überkreuzungs-Umschalters mit binärem Eingang kann leicht ein zufälliges Verfahren zur Behandlung von Gleichheiten aufgenommen werden, wobei wenn die beiden Eingänge gleich sind, der vorherige Zustand des Umschalters verwendet werden kann, um die Gleichheit zu behandeln. Bei gegebenen Verbindungen des Shuffle-Exchange-Netzwerks sollte dieses einfache Verfahren ein ausreichend zufälliges Verhalten ergeben.

Buszugriff und Bussteuerung des Schnittstellenmoduls

[0088] Jedes Schnittstellenmodul unterhält eine Unter-Warteschlange für jede unterstützte Dienstklasse. In jeder der Dienstklassen-Unter-Warteschlangen wird ein Warteschlangenverfahren nach der Reihenfolge des Eintreffens implementiert. In jeder der Unter-Warteschlangen ist die Sortierung streng nach der Reihenfolge des Eintreffens. Pakete höherer Priorität in einer Unter-Warteschlange können jedoch Pakete niedrigerer Priorität, die in einer anderen Unter-Warteschlange auf den Buszugriff warten, überholen. Jedes Schnittstellenmodul bestimmt, ob vorne in jeder seiner entsprechenden Unter-Warteschlangen ein Paket vorhanden ist und gibt für jede Dienstklassen-Unter-Warteschlange, die Zugriff zu Bus braucht, eine Anforderung der zugeordneten Prioritätsebene aus. Wenn mehrere Dienstklassen-Unter-Warteschlangen eine einzige Anforderungs-Prioritätsebene gemeinsam nutzen, müssen die Module selbst wählen, welches Paket vorne in allen Unter-Warteschlangen, die eine einzige Anforderungs-Prioritätsebene gemeinsam nutzen, Zugriff zum Bus bekommt, wenn vom Arbitrierer eine Genehmigung empfangen wird.

Detailliertes Arbitrierungsverfahren

[0089] Die folgenden Beschreibungen umreißen die detaillierten Schritte, aus denen das zentralisierte Arbitrierungsverfahren für die asynchrone Telekommunikationsvermittlung gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung besteht. Speziell zeigen die Fig. 7a–b die detaillierten Prozessschritte, die in den Schnittstellenmodulen erforderlich sind, um den gemultiplexten Anforderungs-Bus und den seriellen Genehmigungs-Bus zu bedienen, um für den Eingangs-Zugriff auf Anfrage nach einem freien asynchronen Zeitschlitz Anforderungen auszugeben und Genehmigungen zu empfangen.

[0090] Wie in Fig. 7a–b gezeigt, sind die Schritte **70** bis **83** erforderlich, um in jedem Vermittlungs-Intervall (d. h. wiederholt während jedem Bus-Zeitschlitz) von einem Schnittstellenmodul, das an den Bus mit Zeitschlitzen angeschlossen ist, wie gezeigt ausgeführt zu werden, um gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung für den Eingangs-Zugriff auf Anfrage nach einem freien asynchronen Zeitschlitz Anforderungen auszugeben und Genehmigungen zu empfangen. Speziell definieren die Schritte **70** bis **74** eine Prozedur, mit der ein der vorliegenden Erfindung entsprechendes Schnittstellenmodul seine Eingangs-Unter-Warteschlangen für die normalen Dienstklassen nach Paketen absucht (d. h. nach Paketen, die einen Zugriff ohne Prioritätsebene der beschleunigten Anforderungen benötigen) und ein lokales Anforde-

rungs-Flag für jede Prioritätsebene der normalen Dienstklassen setzt, die vom Modul unterstützt wird, bei dem ein Paket einen Eingangs-Bus-Zugriff angefordert hat.

[0091] In Schritt **75** wird die Unter-Warteschlange für die beschleunigten Anforderungen auf Pakete geprüft, die einen Eingangs-Bus-Zugriff mit dringender Priorität benötigen. Wenn vorne in der Warteschlange für die beschleunigten Anforderungen ein beschleunigtes Paket gefunden wird und in Schritt **76** gefunden wird, dass für dieses spezielle beschleunigte Paket nicht schon vorher eine beschleunigte Anforderung ausgegeben wurde, wird in Schritt **77** das lokale Flag für die beschleunigte Anforderung gesetzt. Man beachte, dass anders als bei normalen Anforderungen (die vom zentralisierten Bus-Arbitrierer als pegel-empfindliche Anforderungen behandelt werden) die beschleunigten Anforderungen vom zentralisierten Bus-Arbitrierer als flanken-empfindliche Anforderungen behandelt werden und vom Schnittstellenmodul für jedes neue Paket nur einmal ausgegeben werden dürfen, wenn es vorne in der Unter-Warteschlange für die beschleunigten Anforderungen erscheint.

[0092] In Schritt **78** benutzt das Schnittstellenmodul den Zustand der lokalen Anforderungs-Flags, um eine gültige Parität zu erzeugen und während des dem entsprechenden Schnittstellenmodul entsprechend seiner Steckplatz-Position im Chassis zugeordneten Ausgangs-Busübertragungs-Taktzyklus seine zugehörigen Anforderungen auf dem gemultiplexten Anforderungs-Bus zu übertragen. Alle lokalen Anforderungs-Flags werden in Schritt **79** zurückgesetzt. Während die in den Schritten **70** bis **83** definierten Prozesse ausgeführt werden, wird gleichzeitig der Genehmigungs-Bus ständig auf eine Genehmigungs-Nachricht überwacht, die an das entsprechende Modul adressiert ist.

[0093] Eine dem entsprechenden Schnittstellenmodul zugeordnete Genehmigungs-Nachricht wird sowohl an der physikalischen Steckplatznummer als auch an der zugeordneten Nummer des Chassis, welches das Modul enthält, erkannt. Wenn eine Genehmigungs-Nachricht für eine beliebige der anstehenden Anforderungen des entsprechenden Schnittstellenmoduls erkannt wird und es gefunden wird, dass der nächste Zeitschlitz nicht für den isochronen Zugriff reserviert ist (Schritt **81**), wird in Schritt **80** ein Paket vorne aus der geeigneten Unter-Warteschlange entnommen, das der in Schritt **82** erteilten Genehmigung zugeordnet ist. Als nächstes (Schritt **83**) wird dieses Paket für die Übertragung in das Eingangs-Bus-Medium vorbereitet, die mit dem nächsten Zeitschlitz beginnt. Das Schnittstellenmodul wiederholt dann denselben Prozess beginnend mit Schritt **70** immer wieder, während es den Genehmigungs-Bus kontinuierlich auf eine serielle Genehmigungs-Nachricht beobachtet, die dem entsprechenden Schnittstellenmodul zugeordnet ist.

[0094] Die Fig. 8a–e zeigen die detaillierten Prozessschritte, die für einen zentralisierten asynchronen Bus-Arbitrierer erforderlich sind, um das Arbitrierungsverfahren gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung zu implementieren. Dieser Prozess beinhaltet drei gleichzeitige Prozesse (als Stufe **1** bis **3** gekennzeichnet), die implementiert werden, um in der Art einer Pipeline ausgeführt zu werden. Jede dieser Stufen oder Prozesse wird während aufeinander folgenden Zeitschlitz-Intervallen kontinuierlich ausgeführt, und in dieser Pipeline-Anordnung werden die Ergebnisse eines Zyklus (Stufe **1**) an den nächsten nachfolgenden Zyklus in der Pipeline (Stufe **2**) übertragen, deren Ergebnisse wiederum an den nächsten nachfolgenden und letzten Zyklus in der Pipeline (Stufe **3**) übertragen werden. Schritt **85** zeigt die Anfangs-Synchronisation der aufeinander folgenden Stufen, damit alle gleichzeitig mit dem Start eines Bus-Zeitschlitzes anfangen.

[0095] Stufe **1** (Schritte **86** bis **88**) stellt die Schritte dar, die für den zentralisierten asynchronen Bus-Arbitrierer erforderlich sind, alle unterstützten gemultiplexten Anforderungs-Busse zu bedienen, indem alle möglichen, vom Arbitrierer unterstützten Anforderungen abgetastet werden. Man beachte, dass ein getrennter gemultiplexter Anforderungs-Bus für jedes vom Arbitrierer unterstützte Chassis existiert, und dass die Anforderungs-Bus-Zeitsteuerung mit der Zeitsteuerung des Ausgangs-Busses synchronisiert wird, die allen unterstützten Bussen gemeinsam ist. In Schritt **86** wird eine Vielzahl von Anforderungen verschiedener Prioritätsebenen von allen Schnittstellenmodulen, die in derselben physikalischen Steckplatz-Position innerhalb jedes unterstützten Chassis installiert sind, gleichzeitig abgetastet. Eine Vielzahl von Anforderungen verschiedener Prioritätsebenen von Schnittstellenmodulen, die in jeder aufeinander folgenden physikalischen Steckplatz-Position installiert sind, wird in aufeinander folgenden Zyklen des Ausgangs-Bus-Übertragungs-Taktes in einem Ausgangs-Zeitschlitz abgetastet, wobei der erste Taktzyklus der ersten physikalischen Steckplatz-Position im Chassis zugeordnet wird. Jeder von einem gemultiplexten Anforderungs-Bus genommene Abtastwert wird mit einer Paritäts-Überprüfungs-Logik überprüft. Wenn ein Abtastwert sich als gültig herausstellt, werden die individuellen Anforderungs-Flags, die dem Abtastwert zugeordnet sind, entsprechend aktualisiert (d. h. jedes Anforderungs-Flag wird gesetzt/rückgesetzt, wenn das entsprechende Anforderungs-Prioritäts-Bit im Abtastwert gesetzt, bzw. rückgesetzt ist). Wenn ein Abtastwert sich als nicht gültig herausstellt (d. h. einen Paritätsfehler enthält), wird der gesamte Abtastwert ignoriert, und die individuellen Anforderungs-Flags, die dem Abtaster zugeordnet sind, behalten ihren vorherigen Zustand. In

Schritt **88** werden die kollektiven Abtastwerte aller möglichen unterstützten Anforderungen für die Übertragung in die folgende Stufe (Stufe **2**) zur Beseitigung von Konflikten vorbereitet. Man beachte, dass eine Phasenverschiebung zwischen der Ausgangs- und dem Eingangs-Zeitsteuerung besteht, wie sie der zentralisierte Arbitrierer sieht, und dass die Schritte in den Fig. 8a–e den Zweck haben, die verschiedenen logischen Schritte zu verdeutlichen, die der Arbitrierungsmechanimus umfasst. Insbesondere hat Schritt **85** das Ziel, eine logische Synchronisation unter den drei gleichzeitigen Stufen zu bewirken, und sollte nicht so aufgefasst werden, dass er eine Phasenjustierung oder eine exakte Zeitsteuerungs-Beziehung bewirkt.

[0096] Im Allgemeinen wird Stufe **1** wegen der Abtast-Anforderungen auf den gemultiplexten Anforderungs-Bussen auf die Ausgangs-Zeitsteuerung synchronisiert. Die Stufen **2** und **3** werden andererseits mit der Eingangs-Zeitsteuerung synchronisiert, um eine strenge Zeitsteuerungs-Beziehung mit den Genehmigungen aufrecht zu erhalten, die bezogen auf die entsprechenden Eingangs-Bus-Zeitschlitze ausgesendet werden. Die Ausführung von Schritt **88** repräsentiert den Abschluss der Verarbeitung in Stufe **1** für den laufenden Zyklus, und der nächste Zyklus der Stufe **1** beginnt wieder wie vorher mit Schritt **86** am Beginn des nächsten Zeitschlitzes.

[0097] Die Schritte **89** bis **118** (d. h. Stufe **2**) umfassen den Wettbewerb zur Auflösung von Konflikten, der für jedes Schaltintervall ausgeführt wird, um einen freien asynchronen Zeitschlitz der Bus-Bandbreite dynamisch einem Schnittstellenmodul zuzuordnen, um ein Paket vom Eingangsteil eines Schalters zum Ausgangsteil eines Schalters zu schalten. Beginnend mit Schritt **90** wird jeder unterstützte Anforderungs-Abtastwert (der im vorherigen Zeitschlitz von Stufe **1** gesammelt wurde) individuell abgetastet. Wenn ein Abtastwert anzeigt, dass eine bestimmte Anforderung nicht ansteht, zeigt Schritt **91**, dass die Variable mit dem gewichteten Alter, die der abgetasteten Anforderung zugeordnet ist, auf Null initialisiert ist. Wenn ein Abtastwert anzeigt, dass eine bestimmte Anforderung eine anstehende beschleunigte Anforderung ist, wird die entsprechende beschleunigte Anforderung in Schritt **93** an das Ende der Warteschlange der anstehenden beschleunigten Anforderungen angehängt, so dass sie unter strenger Beachtung der Reihenfolge des Eintreffens unter anderen möglicherweise anstehenden beschleunigten Anforderungen bedient wird. Wenn sich in Schritt **92** herausstellt, dass eine anstehende Anforderung keine beschleunigte Anforderung ist, wird die Variable mit dem gewichteten Alter, die dieser Anforderung zugeordnet ist, in Schritt **94** um den entsprechenden Gewichtsfaktor erhöht.

[0098] Wenn in Schritt **96** festgestellt wird, dass alle Anforderungs-Abtastwerte abgetastet wurden (d. h. alle anstehenden beschleunigten Anforderungen wurden in die Warteschlange für beschleunigte Anforderungen gestellt und für alle normalen Anforderungen wurde ihre zugehörige Variable mit dem gewichteten Alter geeignet aktualisiert), fährt der Prozess damit fort, eine anstehende Anforderung auszuwählen, der Zugriff zu gewähren ist. In Schritt **97** wird eine Feststellung mit einer erweiterten isochronen Reservierungs-Benachrichtigung getroffen, die von der Bus-Kopf-Steuerung bereitgestellt wird, ob der Zeitschlitz nach dem nächsten Zeitschlitz (d. h. zwei Zeitschlitze weiter) für den isochronen Zugriff reserviert ist. Wenn herausgefunden wird, dass er reserviert ist, wird in Schritt **98** ein Flag zurückgesetzt, um der folgenden Stufe (Stufe **3**) anzuzeigen, dass im nächsten Zeitschlitz keine Genehmigung ausgegeben werden darf, und in diesem Fall wird die Verarbeitung der Stufe **2** für den aktuellen Zyklus beendet.

[0099] Die Warteschlange der anstehenden beschleunigten Anforderungen wird in Schritt **99** überprüft. Wenn eine anstehende beschleunigte Anforderung gefunden wird, wird sie in Schritt **110** vorne aus der Warteschlange entnommen und wiederum für die Übertragung zu Stufe **3** vorbereitet, um im nächsten Zeitschlitz in den Schritten **117** und **118** eine mit dieser Anforderung verbundene Genehmigungs-Nachricht zu erzeugen. Wenn keine anstehenden beschleunigten Anforderungen erkannt werden, wird in Schritt **111** überprüft, ob normale (d. h. nicht beschleunigte) Anforderungen anstehen. Wenn keine anstehenden normalen Anforderungen gefunden werden, wird in Schritt **112** ein Flag zurückgesetzt, um der folgenden Stufe (Stufe **3**) anzuzeigen, dass im nächsten Zeitschlitz keine Genehmigung ausgegeben werden darf, und in diesem Fall wird die Verarbeitung der Stufe **2** für den aktuellen Zyklus beendet. Wenn andererseits eine oder mehrere anstehende nicht beschleunigte Anforderungen gefunden werden, sortiert in Schritt **113** der Arbitrierer alle anstehenden nicht beschleunigten Anforderungen und versucht, eine einzelne Anforderung mit dem höchsten zugeordneten gewichteten Alter zu finden. Schritt **114** ist eine Überprüfung, ob mehrere Anforderungen mit demselben höchsten gewichteten Alter gefunden wurden, und wenn dies so ist, zeigt Schritt **115** an, dass zur Beseitigung der Gleichheit eine Anforderung zufällig aus dieser Menge ausgewählt wird. Die der ausgewählten Anforderung zugeordnete Variable mit dem gewichteten Alter wird in Schritt **116** auf Null zurückgesetzt. In Schritt **117** wird ein Flag gesetzt, um Stufe **3** anzuzeigen, dass im nächsten Zeitschlitz eine Genehmigung ausgegeben werden muss.

[0100] In Schritt **118** wird die ausgewählte Anforderung zur Übertragung in Stufe **3** vorbereitet, um die Erzeugung einer mit dieser Anforderung verbundenen Genehmigungs-Nachricht im nächsten Zeitschlitz zu erlauben. Dies beendet die Verarbeitung

der Stufe **2** für diesen Zyklus. Zu Beginn des nächsten Zeitschlitzes beginnt der Wettbewerb zur Auflösung von Konflikten erneut mit Schritt **89** und den verbleibenden anstehenden Anforderungen und allen von Stufe **1** erkannten neuen Ankünften. Die anstehenden Anforderungen gehen mit einem höheren Alterswert in den neuen Wettbewerb als im vorherigen Wettbewerb, da sie nun älter sind, weil sie ein Schaltintervall seit dem letzten Wettbewerb gewartet haben. Da die Gewichtung des Alters abhängig von der Priorität der Anforderung (d. h. vom entsprechenden Gewichtsfaktor) mit einer unterschiedlichen Geschwindigkeit erfolgt, kann der Rang einer Anforderung in aufeinander folgenden Intervallen unterschiedlich sein. Zum Beispiel kann eine Anforderung eine andere Anforderung übertreffen, wenn die erste Anforderung eine höhere Priorität hat als die zweite Anforderung, sogar wenn diese zweite Anforderung zuerst eintraf.

[0101] Stufe **3** (Schritte **119** bis **121**) repräsentiert die Schritte, die für den zentralisierten asynchronen Bus-Arbitrierer erforderlich sind, um eine serielle Genehmigungs-Nachricht für den Eingangs-Zugang zum folgenden Zeitschlitz für die gewählte Anforderung auszugeben (d. h. für die Anforderung, die den Wettbewerb im vorherigen Zeitschlitz in Stufe **2** gewonnen hat). Der erste Schritt in dieser Stufe (Schritt **119**) ist die Feststellung, ob während dieses Zyklus überhaupt eine Genehmigungs-Nachricht ausgegeben werden muss. Man beachte, dass eine Genehmigungs-Nachricht nicht ausgegeben wird, wenn keine Anforderungen anstehen oder wenn der folgende Zeitschlitz für den isochronen Zugang reserviert wurde, und in diesem Fall wird die weitere Verarbeitung der Stufe **3** für den aktuellen Zyklus umgangen. Wenn während dieses Zyklus eine Genehmigungs-Nachricht ausgegeben werden muss, wird in Schritt **120** für die ausgewählte Anforderung eine gültige Genehmigungs-Nachricht mit einer gültigen angehängten Parität konstruiert. In Schritt **121** wird die Genehmigungs-Nachricht seriell in das Genehmigungs-Bus-Medium übertragen, das von allen Schnittstellenmodulen im System zu überwachen ist. Zum Ende des laufenden Zyklus beginnt die Verarbeitung der Stufe **3** zu Beginn des nächsten Zeitschlitzes erneut bei Schritt **119**.

[0102] Die Fig. 9a–e enthalten alle in den Fig. 8a–e gezeigten detaillierten Arbitrierer-Prozesse und zeigen zusätzlich die Verbesserungen, die hinzugefügt wurden, um einen dynamischen Mechanismus zur Drosselung der beschleunigten Anforderungen/Genehmigungen gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung bereitzustellen. Dieser Prozess stimmt mit dem in den Fig. 8a–e gezeigten darin überein, dass er drei gleichzeitige Prozesse umfasst (die als Stufe **1** bis **3** gekennzeichnet sind), die auf dieselbe Weise implementiert sind, um in der Art einer Pipeline ausgeführt zu werden. Die in den Fig. 9a–e hinzugefügten Verbesserungen, die sich in den Fig. 8a–e nicht befinden, betreffen hauptsächlich die Initialisierungsphase und verschiedene zusätzliche Schritte, die in der Verarbeitung der Stufe **2** hinzugefügt wurden. Zusammen bieten diese Verbesserungen einen zusätzlichen Mechanismus zur Bereitstellung einer dynamischen Drosselung der Anzahl von beschleunigten Anforderungen, die pro Zeiteinheit eine Genehmigung erhalten, damit ein vordefinierter Schwellwert (j_{max}) über eine gegeben Anzahl von asynchronen Schaltintervallen (k_{max}) nicht überschritten wird. Die Initialisierungsphase **140** besteht aus dem Zurücksetzen von zwei Zählern, die von dem Drosselungs-Mechanismus verwendet werden, um eine laufende Zählung der Anzahl von in einem Messintervall ausgegebenen Genehmigungen für beschleunigte Anforderungen (j) durchzuführen, wobei der Zählwert die Anzahl der asynchronen Schaltintervalle (k) zählt. Der zweite Initialisierungsschritt **141** ist identisch zum einzigen Initialisierungsschritt in Fig. 8a und liefert die Anfangs-Sychronisation der gleichzeitigen Stufen, damit alle gleichzeitig mit dem Start eines Bus-Zeitschlitzes beginnen. Die Verarbeitung der Stufe **1** wird in den Schritten **142** bis **144** gezeigt, die Verarbeitung der Stufe **2** wird in den Schritten **145** bis **169** gezeigt, und die Verarbeitung der Stufe **3** wird in den Schritten **170** bis **172** gezeigt.

[0103] Die Verbesserungen der Stufe **2** zur Bereitstellung einer dynamischen Drosselung von beschleunigten Anforderungen/Genehmigungen bestehen in den hinzugefügten Schritten **155** bis **157** und den Schritten **159** bis **160**. In Schritt **155** wird der Zähler für das Messintervall der Drosselung beschleunigter Anforderungen/Genehmigungen k inkrementiert, sobald in Schritt **153** festgestellt wurde, dass der Zeitschlitz nach dem nächsten nicht für den isochronen Zugriff reserviert ist (d. h. ein asynchrones Schaltintervall darstellt). Dieser Messintervall-Zähler wird in Schritt **156** mit seinem vordefinierten Maximalwert k_{max} verglichen, um festzustellen, ob das aktuelle Messintervall beendet ist. Wenn herausgefunden wird, dass der Zähler seinen Maximalwert erreicht oder überschritten hat, werden sowohl dieser Zähler als auch der Zähler j für das Auftreten der Genehmigungen für beschleunigte Anforderungen in Schritt **157** auf Null initialisiert, und ein neues Messintervall zur Drosselung der beschleunigten Anforderungen beginnt. Wenn der Mechanismus zur Arbitrierung beschleunigter Anforderungen gesperrt wurde, weil der Grenzwert der Genehmigungen für beschleunigte Anforderungen zuvor erreicht wurde, wird durch die Initialisierung des Zählers für das Auftreten von Genehmigungen für beschleunigte Anforderungen der Arbitrierungs-Mechanismus für beschleunigte Anforderungen sofort wieder aktiviert, worauf anstehenden beschleunigten Anforderungen zum nächsten verfügbaren asynchronen Zeitschlitz Zugriff gewährt wird. Schritt **159** repräsentiert den Test des Zählers für das Auftreten der Genehmigun-

gen an beschleunigte Anforderungen, um festzustellen, ob die Anzahl der Genehmigungen an beschleunigte Anforderungen im aktuellen Messintervall des Mechanismus zur Drosselung beschleunigter Anforderungen den Schwellwert erreicht oder überschritten hat. Wenn der Schwellwert erreicht wurde, wird der Arbitrierungsprozess für beschleunigte Anforderungen umgangen, und die Steuerung wird an Schritt **162** übergeben, um anstehende nicht beschleunigte Anforderungen zu bedienen. Wenn andererseits der Schwellwert zur Drosselung beschleunigter Anforderungen nicht erreicht oder überschritten ist, wird der Arbitrierungsprozess für beschleunigte Anforderungen durchgeführt, was dazu führt, dass eine beschleunigte Anforderung eine Genehmigung erhält und in Schritt **160** der Zähler für das Auftreten von Genehmigungen für beschleunigte Anforderungen inkrementiert wird.

Zusammenfassung der Arbitrierung und Überblick

[0104] Das Busarbitrierungsverfahren für Fernmeldevermittlung der vorliegenden Erfindung bietet eine Anzahl technischer Vorteile. Ein erster technischer Vorteil ist die dynamische Steuerung der Arbitrierung, um speziellen Benutzern einen bestimmten Prozentsatz des Busses zu Zeiten, zu denen die Bandbreiten-Nachfrage das Angebot übersteigt, deterministisch zu garantieren. Dies erlaubt es einem Anforderer oder einer Klasse von Anforderern, bei Blockierungen die volle Bandbreite des Busses oder einen begrenzten Teil des Busses zu bekommen.

[0105] Ein weiterer technischer Vorteil der vorliegenden Erfindung sind kurze Arbitrierungs-Zyklen, durch welche die Minimierung leerer unbenutzter asynchroner Zeitschlitze auf einem Systembus ermöglicht wird, wenn Anforderungen für diesen Zeitschlitz anstehen.

[0106] Ein weiterer technischer Vorteil der vorliegenden Erfindung ist die Fähigkeit, die Gewichtung unterschiedlicher Dienstklassen dynamisch zu ändern, um eine Abstimmung des Systems zu erlauben, um eine Anpassung an sich ändernde Netzwerk-Vermittlungs-Charakteristiken durchzuführen, die möglicherweise die Folge von Änderungen der Verkehrslast und der Impulscharakteristik des Verkehrs selbst sind.

[0107] Ein weiterer technischer Vorteil der vorliegenden Erfindung ist ein dynamisch steuerbares System, das es erlaubt, einen bestimmten Prozentsatz verfügbarer Zeitschlitze in Zeiten der Bus-Blockierung einer bestimmten Klasse von Benutzern deterministisch zu garantieren. Das System kann so modifiziert werden, dass es einem Anforderer oder einer Klasse von Anforderern zur Zeiten, wenn die Anforderungen nach asynchroner Bus-Bandbreite die verfügbare asynchrone Bus-Bandbreite übersteigen, die volle Bandbreite des Busses gewährt oder einen Anforderer auf einen Teil der Bandbreite des Busses begrenzt.

[0108] Somit wurde folgendes beschrieben:

[0109] Ein Busarbitrierungsverfahren für Fernmeldevermittlung, das folgende Schritte umfasst:
Empfang einer Vielzahl von Anforderungen zur Platzierung von Paketen, die den Anforderungen entsprechen, auf einem verfügbaren freien asynchronen Bus-Zeitschlitz, worin jede Anforderung ein zugeordnetes gewichtetes Alter hat, das die Zeitdauer, welche die Anforderung angestanden hat, sowie eine Priorität der Anforderung anzeigt;
Sortieren der Vielzahl von Anforderungen gemäß dem gewichteten Alter jeder Anforderung, und
Gewährung von Zugriff zum verfügbaren asynchronen Bus-Zeitschlitz für eine Anforderung, die das höchste gewichtete Alter hat.

[0110] Es wurde weiterhin folgendes beschrieben:

[0111] Ein Busarbitrierungsverfahren für Fernmeldevermittlung, das folgende Schritte umfasst:
Erzeugung einer Vielzahl von Anforderungen für jedes aus einer Vielzahl von Paketen, die einen verfügbaren freien Bus-Zeitschlitz benötigen;
Messung der Zeitdauer, welche jede Anforderung ansteht;
Bestimmung eines gewichteten Alters für jede Anforderung als Reaktion auf die Zeitdauer, welche die Anforderung angestanden hat, und auf eine Priorität, die jeder Anforderung zugeordnet ist;
Gewährung von Zugriff auf den verfügbaren Bus-Zeitschlitz für eines aus der Vielzahl von Paketen, die einer Anforderung entsprechen, die das höchste gewichtete Alter hat; und
Platzierung des Paketes, dem der Zugriff gewährt wird, auf dem verfügbaren Zeitschlitz.

[0112] Es wurde auch folgendes beschrieben:

[0113] Ein Busarbitrierungsverfahren für Fernmeldevermittlung, das folgende Schritte umfasst:
Markierung jeder aus einer Vielzahl von Anforderungen für einen verfügbaren Bus-Zeitschlitz mit einem Zeitstempel;
Zuordnung eines gewichteten Alters zu jeder Anforderung durch Messung einer Zeitspanne, die jede Anforderung nach dem Zeitstempel ansteht, und Erhöhung der Zeitspanne gemäß einem Gewichtungsfaktor;
Sortierung der Vielzahl von Anforderungen entsprechend dem gewichteten Alter jeder Anforderung;
Erkennen einer Gewinner-Anforderung, die das höchste gewichtete Alter hat;
Ausgabe einer Genehmigung an die Gewinner-Anforderung für den Zugang zum verfügbaren Bus-Zeitschlitz;

Entfernen der Gewinner-Anforderung aus der Vielzahl von Anforderungen;
Überprüfung, ob Anforderungen in der Vielzahl von Anforderungen übrig geblieben sind;
Wiederholung der obigen Schritte, bis keine Anforderung nach einem verfügbaren Bus-Zeitschlitz übrig bleibt.

Patentansprüche

1. Ein Busarbitrierungsverfahren für Fernmeldevermittlung, das folgenden Schritt umfasst:
Empfang (**86**, **87**, **88**; **142**, **143**, **144**) einer Vielzahl von Anforderungen in einer Warteschlange, um den Anforderungen entsprechende Pakete auf einem verfügbaren freien asynchronen Bus-Zeitschlitz zu platzieren, wobei jede Anforderung eine aus einer Vielzahl von Prioritäten hat;
wobei das Verfahren durch folgende Schritte gekennzeichnet ist:
Für jede der in der Warteschlange empfangenen Anforderungen Bestimmung (**94**; **150**) eines zugeordneten gewichteten Alters, das von der Zeitdauer, welche die Anforderung angestanden hat und von einem mit der Anforderung verbundenen Gewichtsfaktor abhängig ist, wobei der Gewichtsfaktor von der Priorität der Anforderung abhängig ist, so dass sich das gewichtete Alter mit der Zeit und einer Rate erhöht, die um so schneller ist, je höher die Priorität der zugeordneten Anforderung ist;
Sortieren (**113**; **164**) der Vielzahl von Anforderungen gemäß dem gewichteten Alter jeder Anforderung; und
Gewährung (**120**, **121**; **171**, **172**) von Zugriff auf den verfügbaren asynchronen Bus-Zeitschlitz für eine Anforderung, die das höchste gewichtete Alter hat.

2. Ein Busarbitrierungsverfahren gemäß Anspruch 1, worin der Schritt der Sortierung die Bereitstellung des gewichteten Alters jeder Anforderung an ein Shuffle-Exchange-Netzwerk (**120**) umfasst, um ein höchstes gewichtetes Alter zu bestimmen.

3. Ein Busarbitrierungsverfahren gemäß Anspruch 1 oder Anspruch 2, worin jedes gewichtete Alter gleich einer Zeitdauer ist, die von der zugeordneten Anforderung, die auf eine Genehmigung zum Zugriff auf einen verfügbaren Bus-Zeitschlitz wartet, aufsummiert wurde und entsprechend dem mit der zugehörigen Anforderung verbundenen Gewichtsfaktor erhöht wird.

4. Ein Busarbitrierungsverfahren gemäß Anspruch 3, das weiterhin den Schritt der dynamischen Änderung des jeder Anforderung zugeordneten Gewichtsfaktors umfasst.

5. Ein Busarbitrierungsverfahren gemäß Anspruch 3, das weiterhin den Schritt der dynamischen Steuerung des jeder Anforderung zugeordneten Gewichtsfaktors umfasst, um einer Klasse von Anforderungen deterministisch einen Prozentsatz verfügbarer Bus-Zeitschlitze zu garantieren.

6. Ein Busarbitrierungsverfahren gemäß einem beliebigen der obigen Ansprüche, worin die Schritte des Empfangs, des Sortierens und der Gewährung von einem asynchronen Zeitschlitz-Arbitrierer durchgeführt werden, der an einen Systembus einer Vermittlung (**10**) für ein Telekommunikationsnetz angeschlossen ist.

7. Ein Busarbitrierungsverfahren gemäß Anspruch 6, worin jedes gewichtete Alter gleich einer Zeitdauer ist, die von der zugeordneten Anforderung, die auf eine Genehmigung zum Zugriff auf einen verfügbaren Bus-Zeitschlitz auf dem Systembus wartet, aufsummiert wurde und entsprechend dem mit der zugehörigen Anforderung verbundenen Gewichtsfaktor erhöht wird.

8. Ein Busarbitrierungsverfahren gemäß Anspruch 7, das weiterhin den Schritt der Abstimmung der Arbitrierung umfasst, um eine Anpassung an das Telekommunikationsnetz durch dynamische Änderung des jeder Anforderung zugeordneten Gewichtsfaktors durchzuführen.

9. Ein Busarbitrierungsverfahren gemäß Anspruch 7, das weiterhin den Schritt der dynamischen Steuerung des jeder Anforderung zugeordneten Gewichtsfaktors umfasst, um einer Klasse von Anforderungen, die von einer Einheit im Telekommunikationsnetz stammen, deterministisch einen Prozentsatz verfügbarer Bus-Zeitschlitze auf dem Systembus zu garantieren.

10. Ein Busarbitrierungsverfahren, wie in Anspruch 1 beansprucht, das weiterhin folgenden Schritt umfasst:
Erzeugen (**78**) der Vielzahl von Anforderungen für jedes aus einer Vielzahl von Paketen, die einen verfügbaren Bus-Zeitschlitz benötigen;
Messung der Zeitdauer, welche jede Anforderung ansteht;
Durchführung des Bestimmungs-Schrittes (**94**; **150**) zur Bestimmung des gewichteten Alters für jede Anforderung;
Durchführung des Genehmigungs-Schrittes (**120**, **121**; **171**, **172**), um Zugriff auf den verfügbaren Bus-Zeitschlitz für eines aus der Vielzahl von Paketen zu gewähren, das der Anforderung entspricht, die das höchste gewichtete Alter hat; und
Platzierung des Paketes, dem der Zugriff gewährt wird, auf dem verfügbaren Zeitschlitz.

11. Ein Busarbitrierungsverfahren gemäß Anspruch 10, in dem die Erzeugungs- und Messungs-Schritte durch eine Vielzahl von Schnittstellenmodulen (**28**$_1$, ... **28**$_n$) durchgeführt werden, die an

den Systembus in einem Telekommunikationsnetz angeschlossen sind, worin die Bestimmungs-, Sortierungs- und Platzierungsschritte durch einen asynchronen Zeitschlitz-Arbitrierer durchgeführt werden und worin der asynchrone Zeitschlitz-Arbitrierer zentralisiert ist, um Anforderungen von jedem aus der Vielzahl von Schnittstellenmodulen zu verarbeiten.

12. Ein Busarbitrierungsverfahren gemäß Anspruch 10 oder Anspruch 11, das weiterhin folgenden Schritt umfasst:
Erzeugung eines gewichteten Alters für jedes Paket, welches den Anforderungen entspricht; und
Anhängen jedes gewichteten Alters jedes Pakets an seine entsprechende Anforderung.

13. Ein Busarbitrierungsverfahren gemäß Anspruch 12, bei dem Zugriff für das Paket und die entsprechende Anforderung als Reaktion auf das gewichtete Alter des Paketes und des gewichteten Alters der Anforderung gewährt wird.

14. Ein Busarbitrierungsverfahren gemäß Anspruch 1, bei dem jede Anforderung eine Vielzahl von Warteschlangen durchläuft, und bei dem für jede Anforderung das gewichtete Alter von der aufsummierten Zeit, die diese Anforderung bis zum aktuellen Zeitpunkt in Warteschlangen verbracht hat, sowie vom dieser Anforderung zugeordneten Gewichtsfaktor abhängt.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

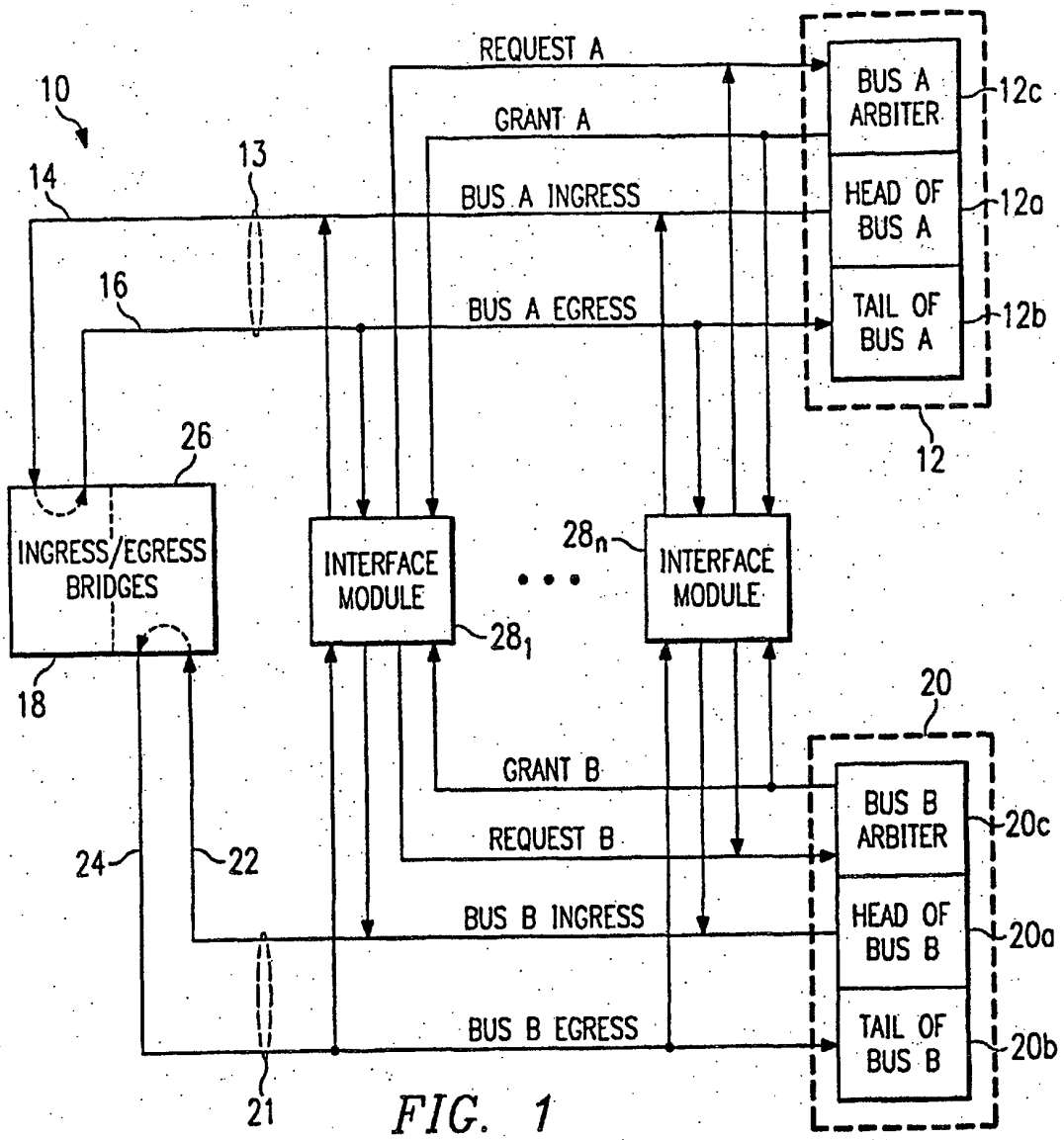


FIG. 1

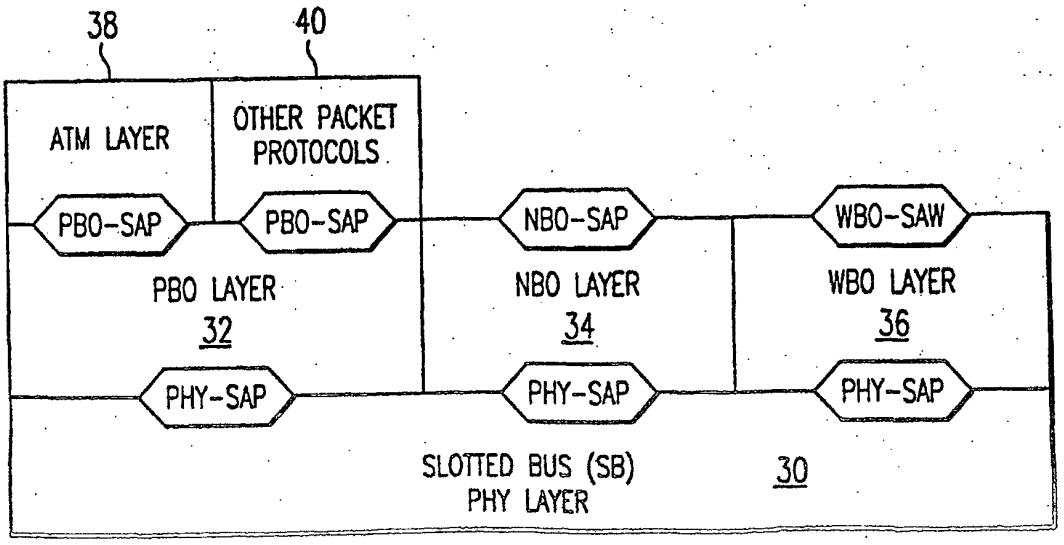


FIG. 2a

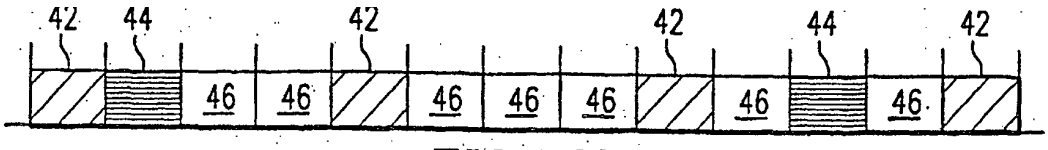


FIG. 2b

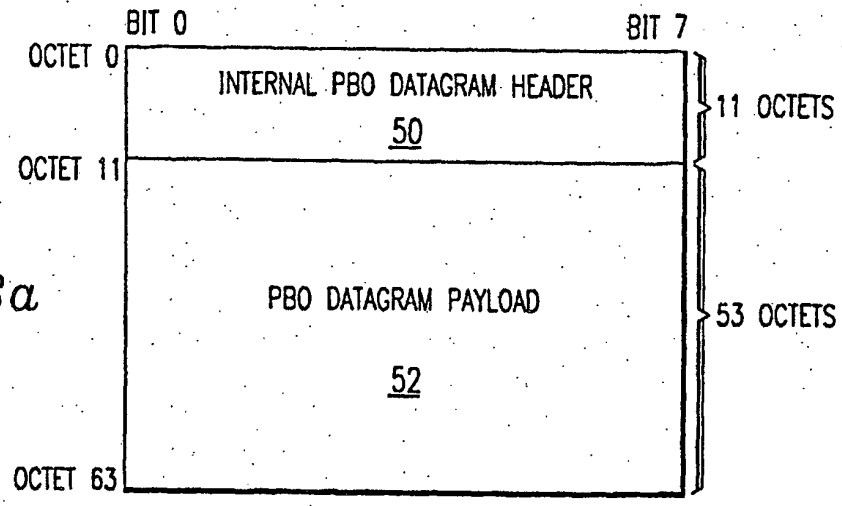


FIG. 3a

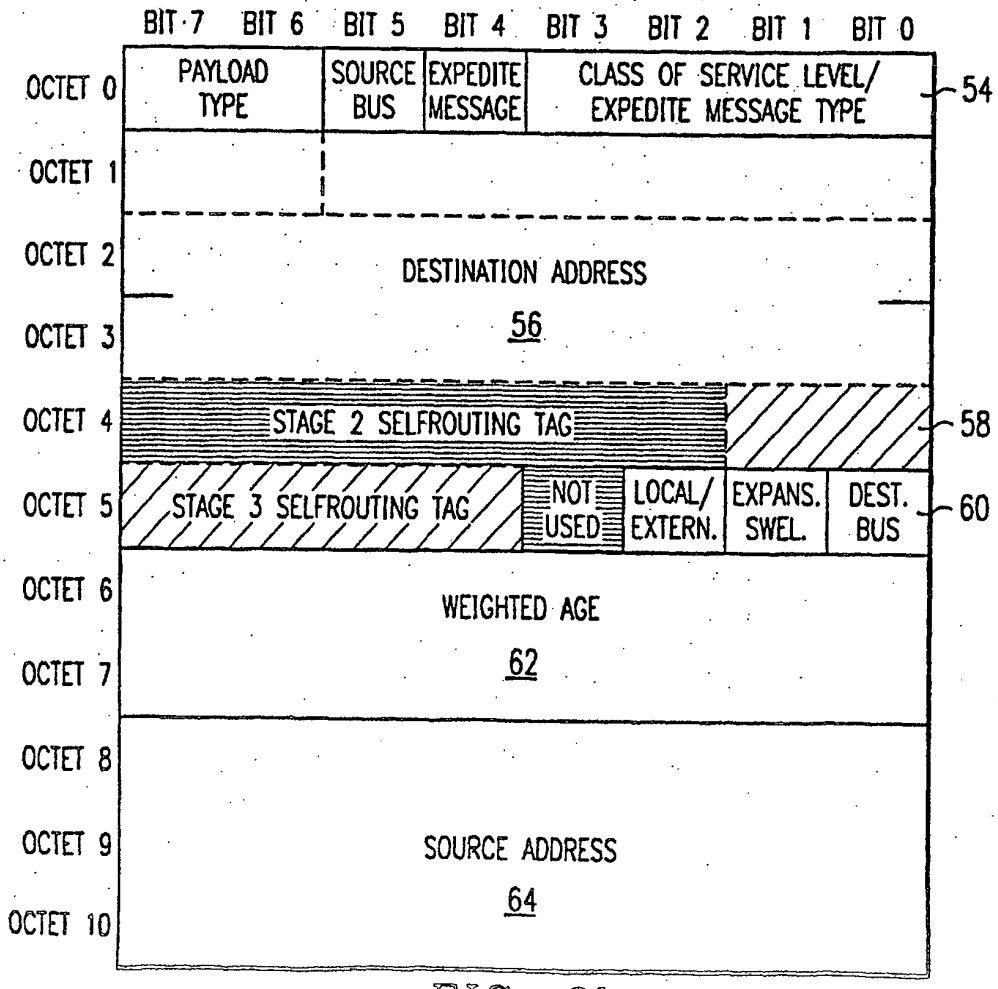


FIG. 3b

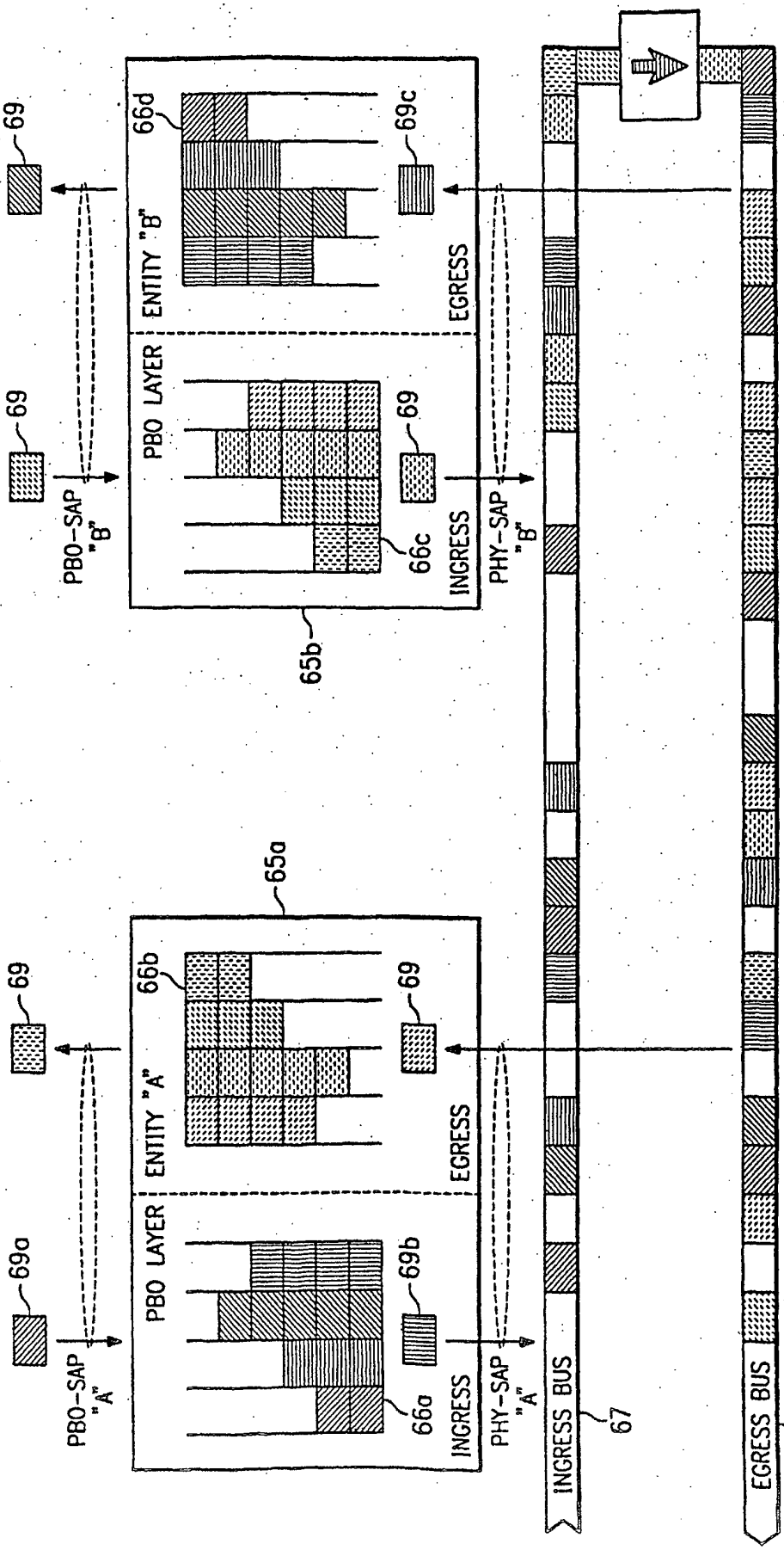

69
69
PBO-SAP "B"
PBO LAYER
ENTITY "B"
66d
69c
EGRESS
69
66c
INGRESS
PHY-SAP "B"
65b
65a
69
66b
69
ENTITY "A"
EGRESS
69a
69b
PBO-SAP "A"
PBO LAYER
66a
INGRESS
PHY-SAP "A"
INGRESS BUS
67
EGRESS BUS
68

FIG. 4

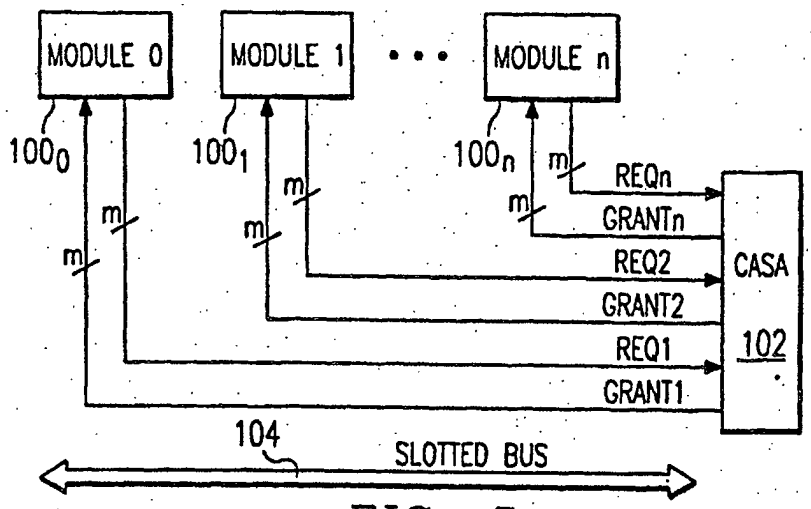

MODULE 0
MODULE 1
MODULE n
100₀
100₁
100n
m
REQn
GRANTn
REQ2
GRANT2
REQ1
GRANT1
CASA
102
104
SLOTTED BUS

FIG. 5a

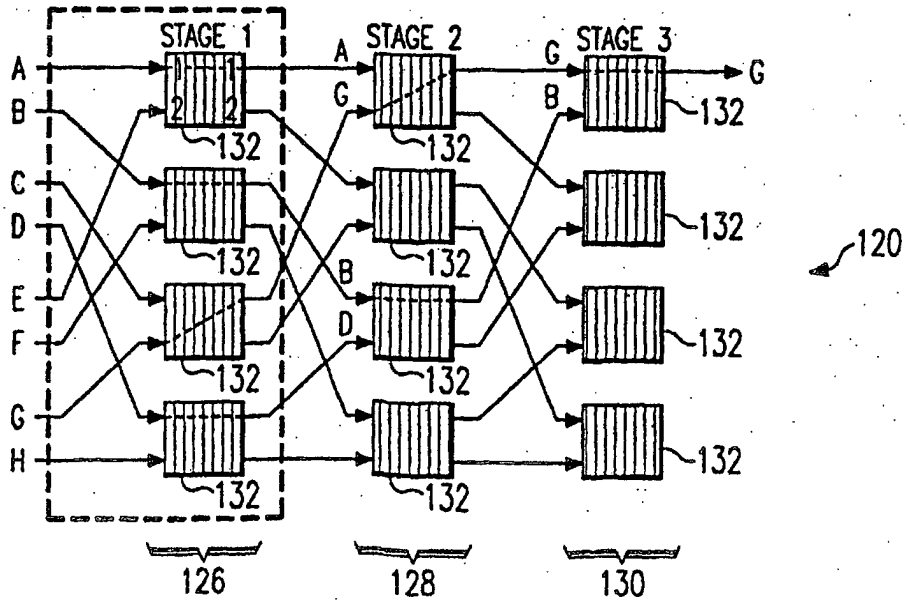

STAGE 1
STAGE 2
STAGE 3
A
B
C
D
E
F
G
H
132
120
126
128
130

FIG. 6

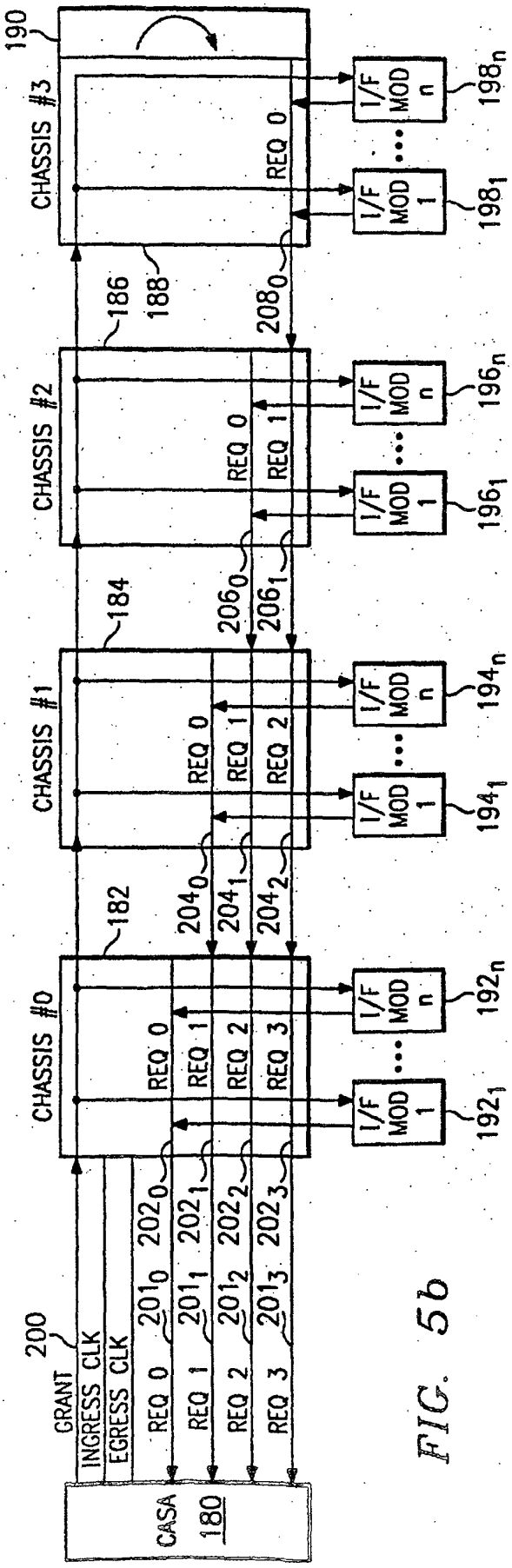

CASA
180
200
GRANT
INGRESS CLK
EGRESS CLK
REQ 0
REQ 1
REQ 2
REQ 3
201_0
201_1
201_2
201_3
202_0
202_1
202_2
202_3
CHASSIS #0
CHASSIS #1
CHASSIS #2
CHASSIS #3
182
184
186
188
190
204_0
204_1
204_2
206_0
206_1
208_0
I/F MOD 1
I/F MOD n
192_1
192_n
194_1
194_n
196_1
196_n
198_1
198_n

FIG. 5b

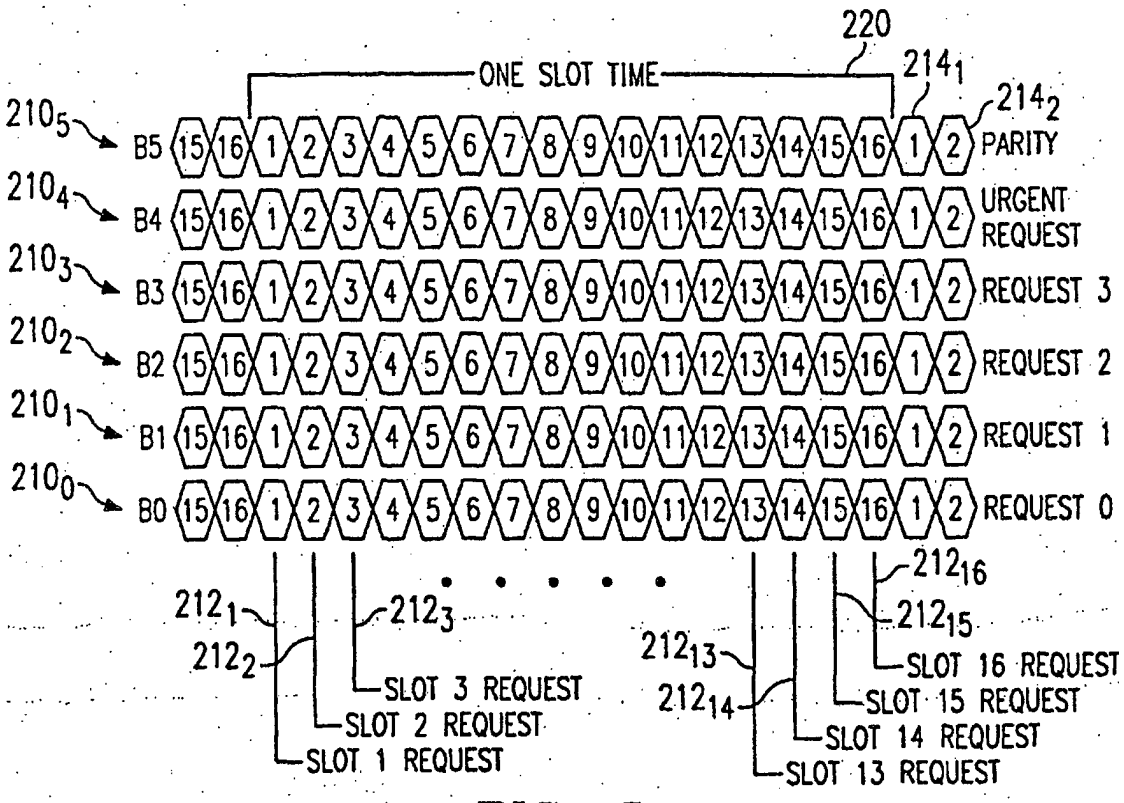
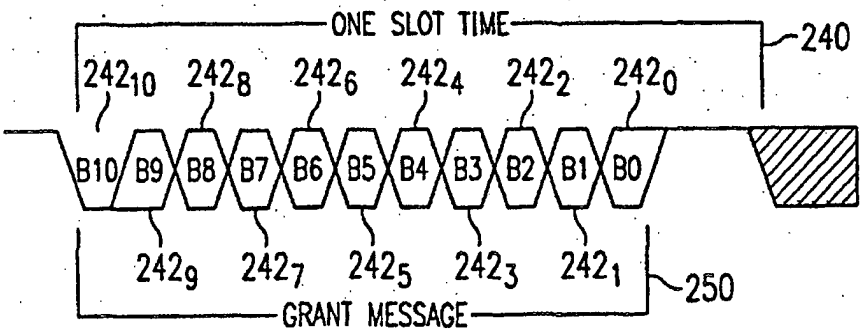


FIG. 5c



252 → B10 – START OF GRANT MESSAGE INDICATOR (SET TO 0)

254 → B9:B7 – REQUEST PRIORITY LEVEL GRANTED (PRIORITY LEVELS 0:3,4=URGENT)

256 → B6:B5 – SELECTED CHASSIS IDENTIFICATION (0:3)

258 → B4:B1 – SELECTED PHYSICAL CHASSIS SLOT IDENTIFICATION (0:15)

260 → B0 – ODD PARITY CHECK BIT FOR GRANT MESSAGE BITS B10:B1

FIG. 5d

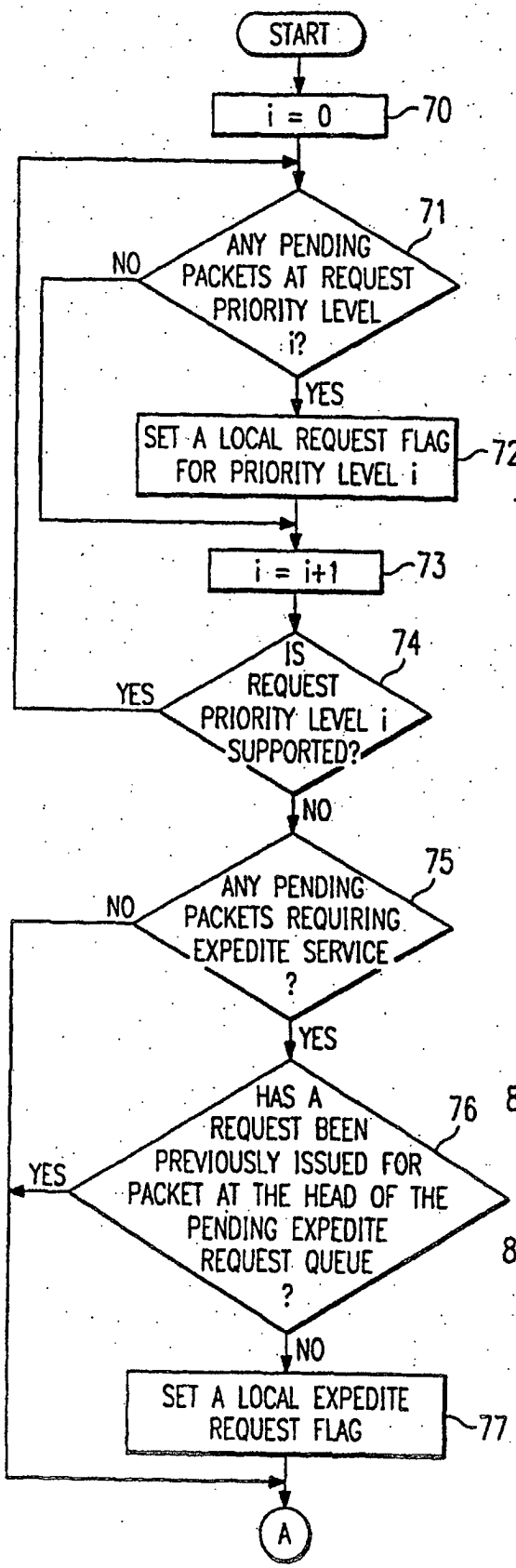

START
i = 0
70
71
ANY PENDING PACKETS AT REQUEST PRIORITY LEVEL i?
NO
YES
SET A LOCAL REQUEST FLAG FOR PRIORITY LEVEL i
72
i = i+1
73
74
IS REQUEST PRIORITY LEVEL i SUPPORTED?
YES
NO
75
ANY PENDING PACKETS REQUIRING EXPEDITE SERVICE ?
NO
YES
76
HAS A REQUEST BEEN PREVIOUSLY ISSUED FOR PACKET AT THE HEAD OF THE PENDING EXPEDITE REQUEST QUEUE ?
YES
NO
SET A LOCAL EXPEDITE REQUEST FLAG
77
A

FIG. 7a

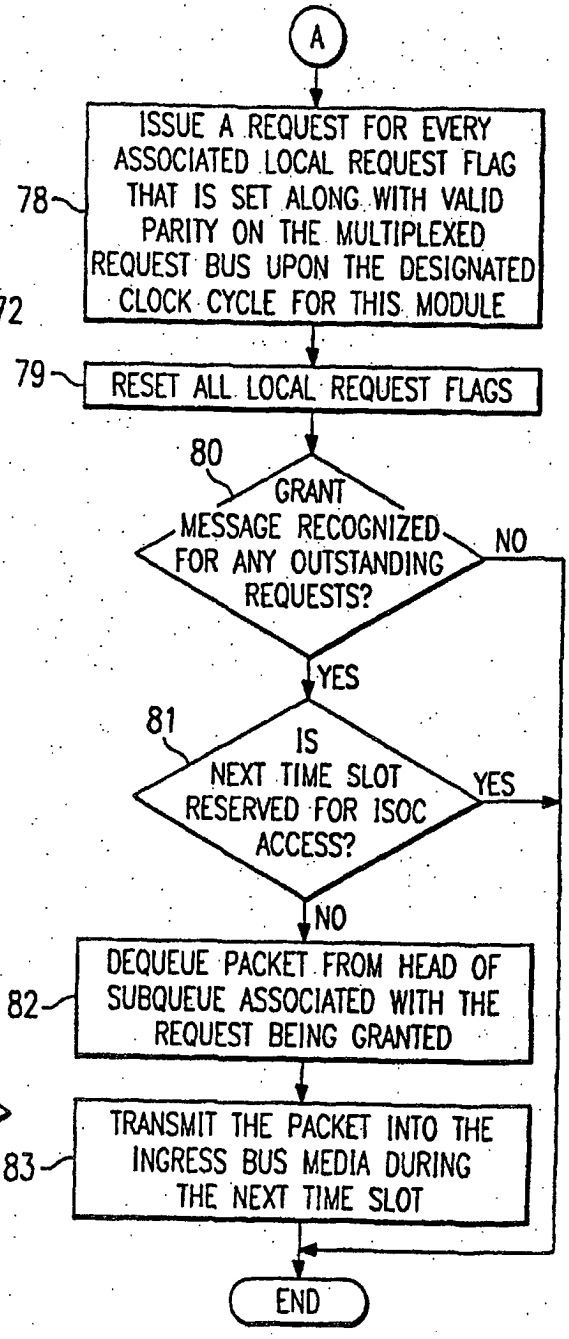

A
78
ISSUE A REQUEST FOR EVERY ASSOCIATED LOCAL REQUEST FLAG THAT IS SET ALONG WITH VALID PARITY ON THE MULTIPLEXED REQUEST BUS UPON THE DESIGNATED CLOCK CYCLE FOR THIS MODULE
79
RESET ALL LOCAL REQUEST FLAGS
80
GRANT MESSAGE RECOGNIZED FOR ANY OUTSTANDING REQUESTS?
NO
YES
81
IS NEXT TIME SLOT RESERVED FOR ISOC ACCESS?
YES
NO
82
DEQUEUE PACKET FROM HEAD OF SUBQUEUE ASSOCIATED WITH THE REQUEST BEING GRANTED
83
TRANSMIT THE PACKET INTO THE INGRESS BUS MEDIA DURING THE NEXT TIME SLOT
END

FIG. 7b

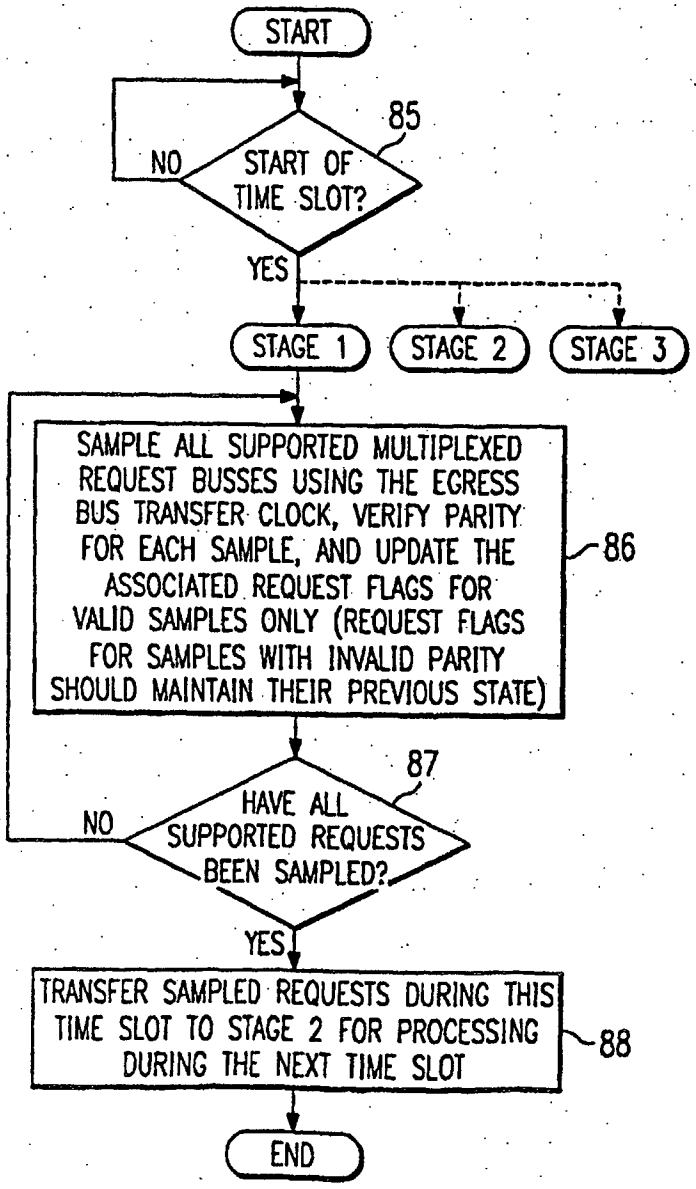

START
85
NO
START OF TIME SLOT?
YES
STAGE 1
STAGE 2
STAGE 3
SAMPLE ALL SUPPORTED MULTIPLEXED REQUEST BUSSES USING THE EGRESS BUS TRANSFER CLOCK, VERIFY PARITY FOR EACH SAMPLE, AND UPDATE THE ASSOCIATED REQUEST FLAGS FOR VALID SAMPLES ONLY (REQUEST FLAGS FOR SAMPLES WITH INVALID PARITY SHOULD MAINTAIN THEIR PREVIOUS STATE)
86
87
NO
HAVE ALL SUPPORTED REQUESTS BEEN SAMPLED?
YES
TRANSFER SAMPLED REQUESTS DURING THIS TIME SLOT TO STAGE 2 FOR PROCESSING DURING THE NEXT TIME SLOT
88
END

FIG. 8a

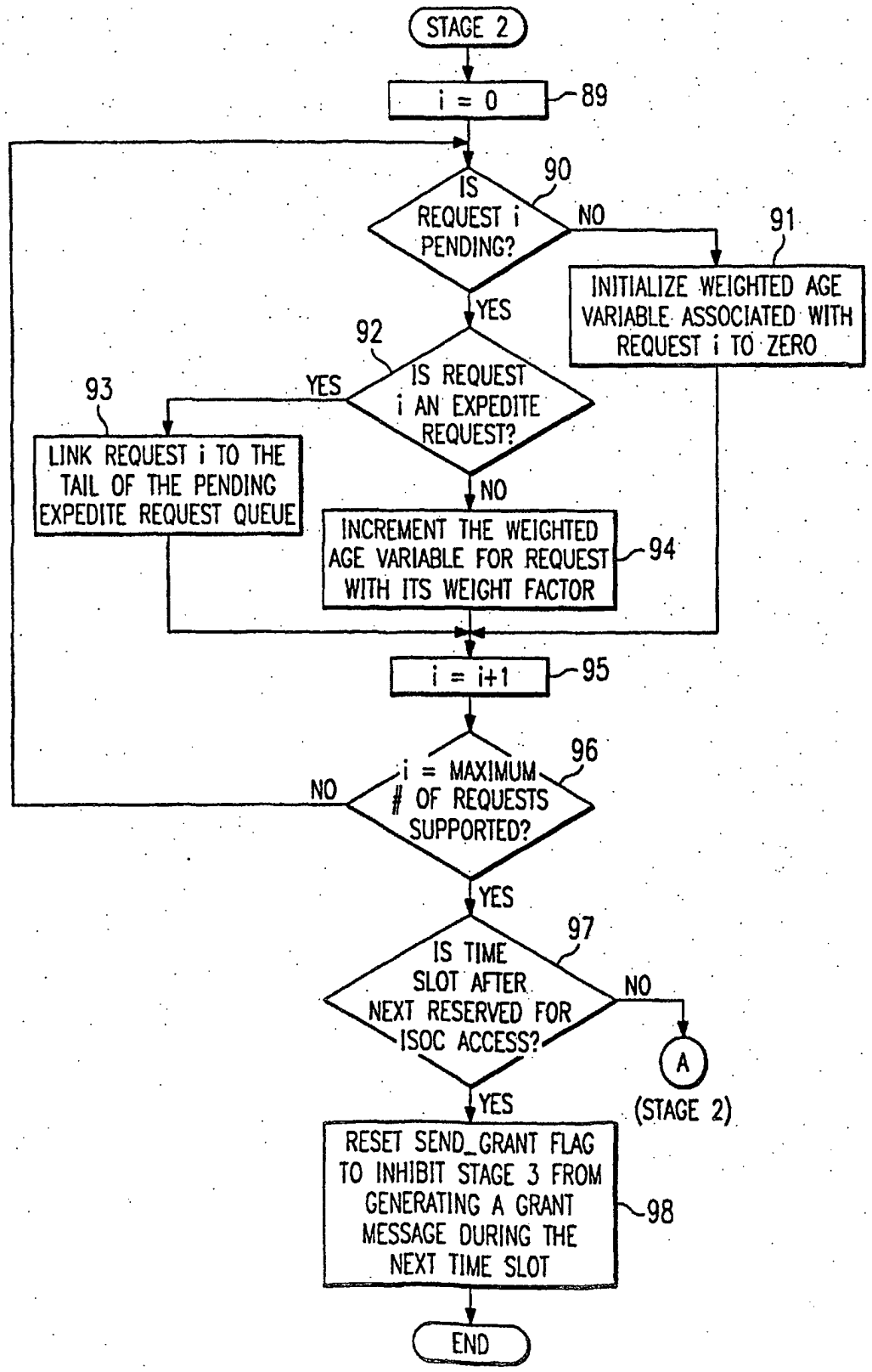

STAGE 2
i = 0
89
IS REQUEST i PENDING?
90
NO
91
INITIALIZE WEIGHTED AGE VARIABLE ASSOCIATED WITH REQUEST i TO ZERO
YES
92
IS REQUEST i AN EXPEDITE REQUEST?
YES
93
LINK REQUEST i TO THE TAIL OF THE PENDING EXPEDITE REQUEST QUEUE
NO
INCREMENT THE WEIGHTED AGE VARIABLE FOR REQUEST WITH ITS WEIGHT FACTOR
94
i = i+1
95
i = MAXIMUM # OF REQUESTS SUPPORTED?
96
NO
YES
IS TIME SLOT AFTER NEXT RESERVED FOR ISOC ACCESS?
97
NO
A
(STAGE 2)
YES
RESET SEND_GRANT FLAG TO INHIBIT STAGE 3 FROM GENERATING A GRANT MESSAGE DURING THE NEXT TIME SLOT
98
END

FIG. 8b

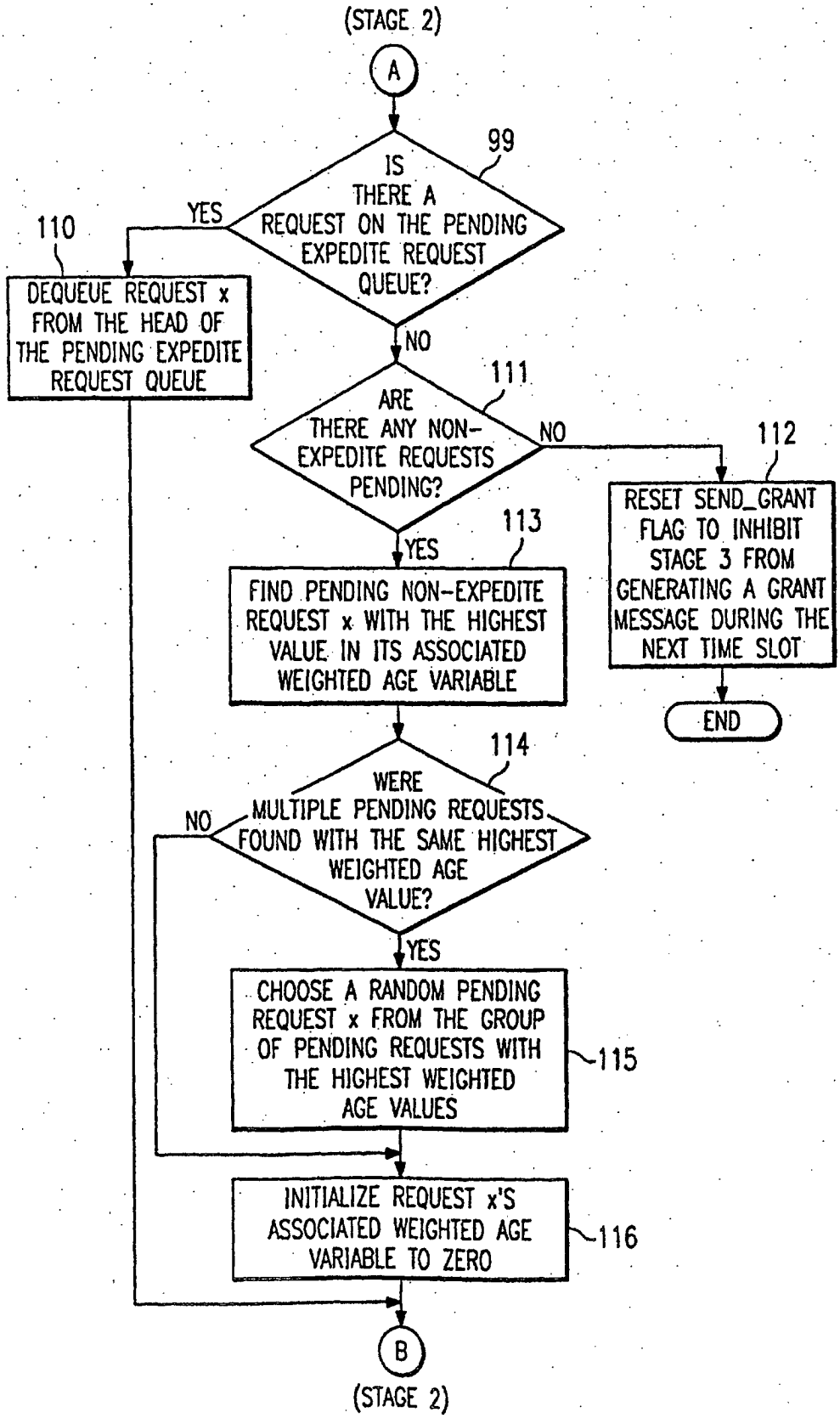

(STAGE 2)
A
99
IS THERE A REQUEST ON THE PENDING EXPEDITE REQUEST QUEUE?
YES
110
DEQUEUE REQUEST x FROM THE HEAD OF THE PENDING EXPEDITE REQUEST QUEUE
NO
111
ARE THERE ANY NON-EXPEDITE REQUESTS PENDING?
NO
112
RESET SEND_GRANT FLAG TO INHIBIT STAGE 3 FROM GENERATING A GRANT MESSAGE DURING THE NEXT TIME SLOT
END
YES
113
FIND PENDING NON-EXPEDITE REQUEST x WITH THE HIGHEST VALUE IN ITS ASSOCIATED WEIGHTED AGE VARIABLE
114
WERE MULTIPLE PENDING REQUESTS FOUND WITH THE SAME HIGHEST WEIGHTED AGE VALUE?
NO
YES
CHOOSE A RANDOM PENDING REQUEST x FROM THE GROUP OF PENDING REQUESTS WITH THE HIGHEST WEIGHTED AGE VALUES
115
INITIALIZE REQUEST x'S ASSOCIATED WEIGHTED AGE VARIABLE TO ZERO
116
B
(STAGE 2)

FIG. 8c

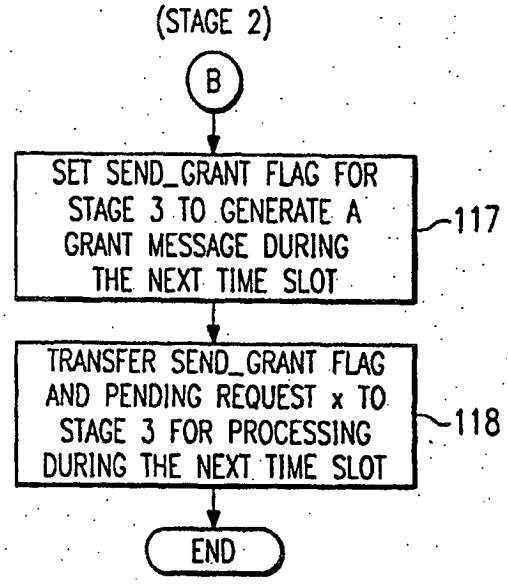

(STAGE 2)
B
SET SEND_GRANT FLAG FOR STAGE 3 TO GENERATE A GRANT MESSAGE DURING THE NEXT TIME SLOT
117
TRANSFER SEND_GRANT FLAG AND PENDING REQUEST x TO STAGE 3 FOR PROCESSING DURING THE NEXT TIME SLOT
118
END

FIG. 8d

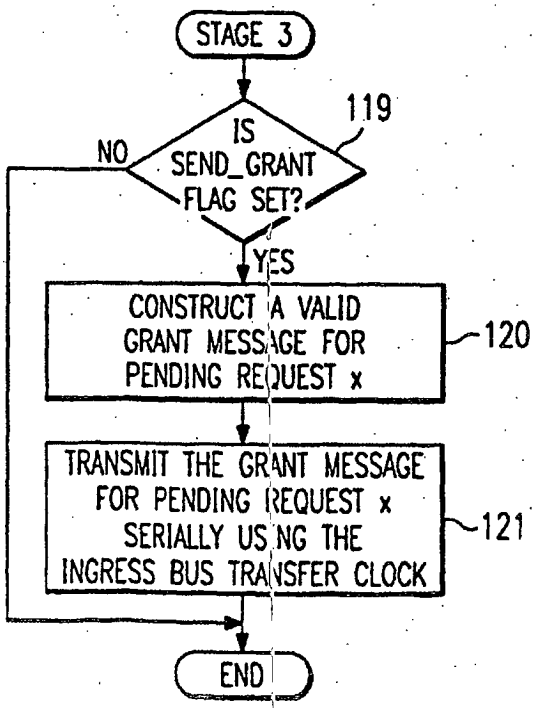

STAGE 3
IS SEND_GRANT FLAG SET?
119
NO
YES
CONSTRUCT A VALID GRANT MESSAGE FOR PENDING REQUEST x
120
TRANSMIT THE GRANT MESSAGE FOR PENDING REQUEST x SERIALLY USING THE INGRESS BUS TRANSFER CLOCK
121
END

FIG. 8e

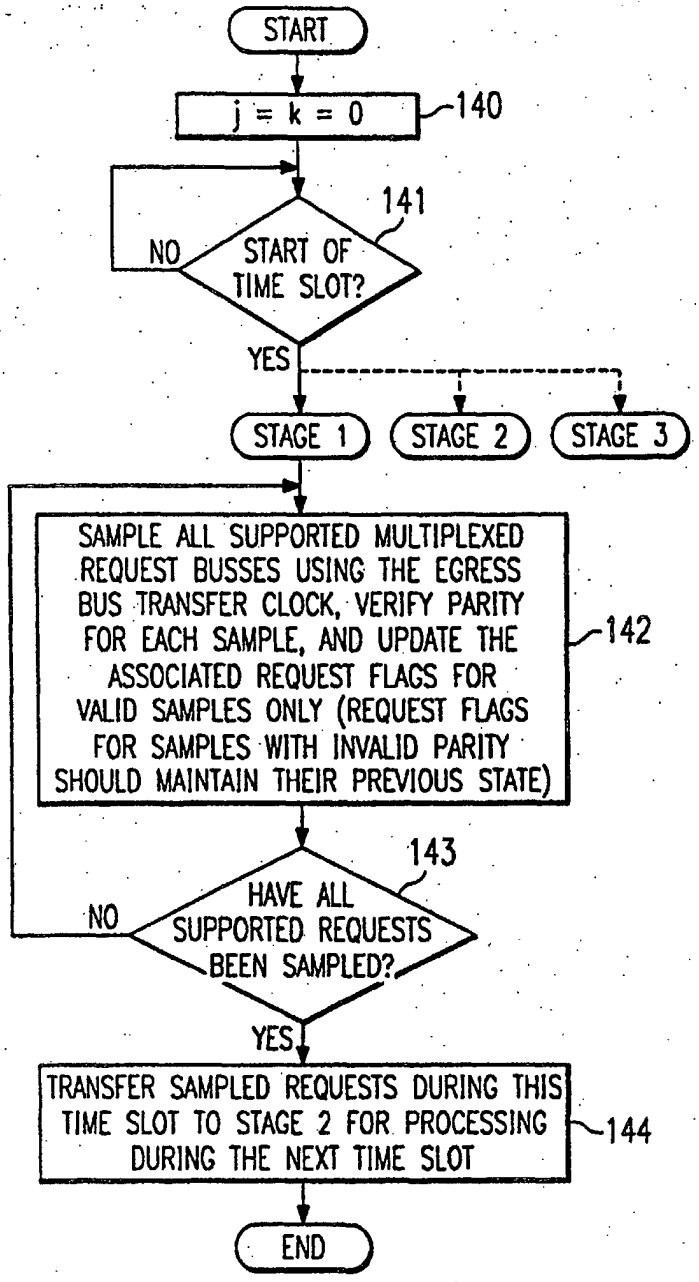

START
j = k = 0
140
141
NO
START OF TIME SLOT?
YES
STAGE 1
STAGE 2
STAGE 3
SAMPLE ALL SUPPORTED MULTIPLEXED REQUEST BUSSES USING THE EGRESS BUS TRANSFER CLOCK, VERIFY PARITY FOR EACH SAMPLE, AND UPDATE THE ASSOCIATED REQUEST FLAGS FOR VALID SAMPLES ONLY (REQUEST FLAGS FOR SAMPLES WITH INVALID PARITY SHOULD MAINTAIN THEIR PREVIOUS STATE)
142
143
NO
HAVE ALL SUPPORTED REQUESTS BEEN SAMPLED?
YES
TRANSFER SAMPLED REQUESTS DURING THIS TIME SLOT TO STAGE 2 FOR PROCESSING DURING THE NEXT TIME SLOT
144
END

FIG. 9a

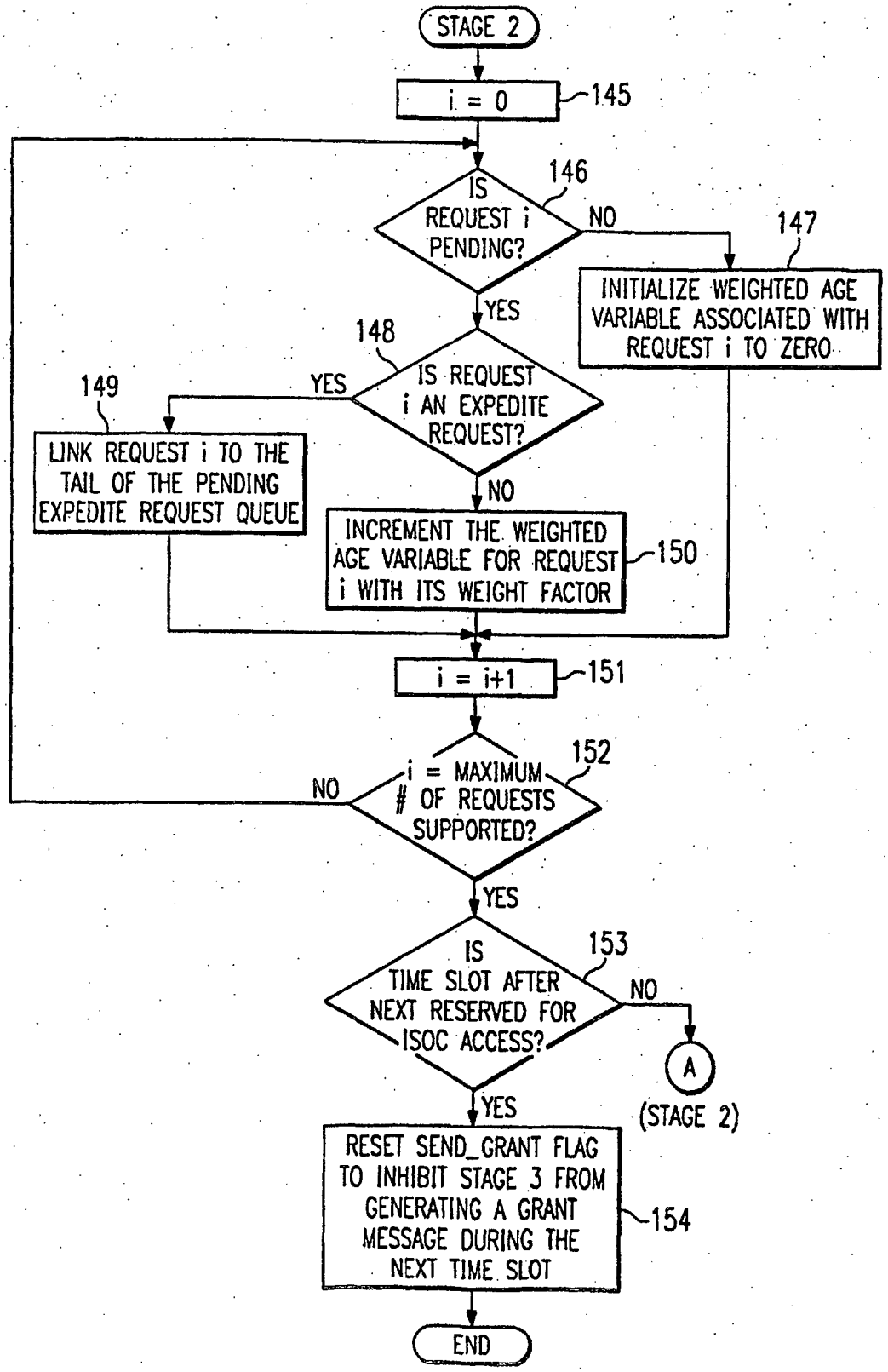

STAGE 2
i = 0
145
IS REQUEST i PENDING?
146
NO
147
INITIALIZE WEIGHTED AGE VARIABLE ASSOCIATED WITH REQUEST i TO ZERO
YES
148
IS REQUEST i AN EXPEDITE REQUEST?
YES
149
LINK REQUEST i TO THE TAIL OF THE PENDING EXPEDITE REQUEST QUEUE
NO
INCREMENT THE WEIGHTED AGE VARIABLE FOR REQUEST i WITH ITS WEIGHT FACTOR
150
i = i+1
151
i = MAXIMUM # OF REQUESTS SUPPORTED?
152
NO
YES
IS TIME SLOT AFTER NEXT RESERVED FOR ISOC ACCESS?
153
NO
A
(STAGE 2)
YES
RESET SEND_GRANT FLAG TO INHIBIT STAGE 3 FROM GENERATING A GRANT MESSAGE DURING THE NEXT TIME SLOT
154
END

FIG. 9b

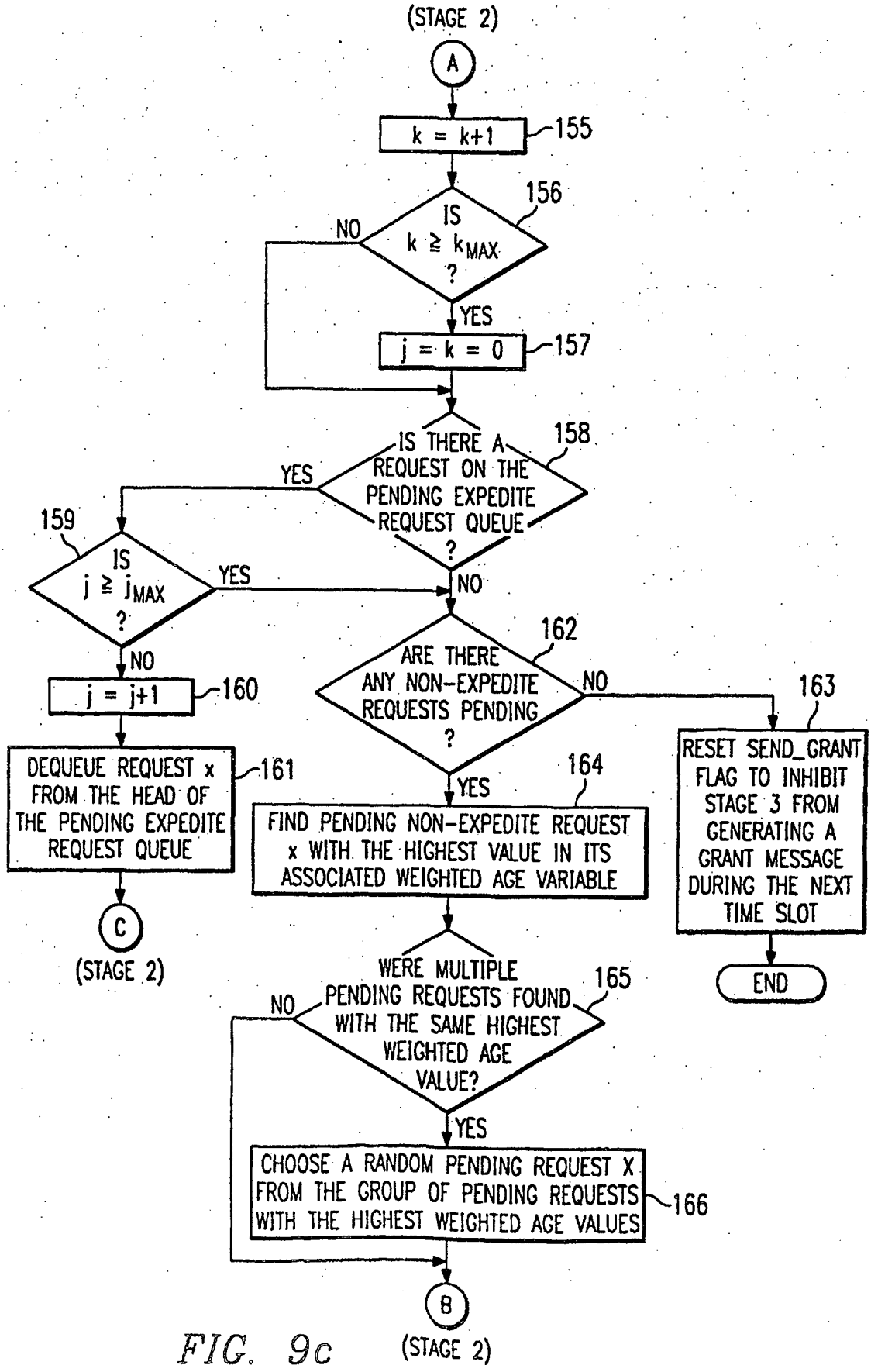

(STAGE 2)
A
k = k+1
155
IS k ≥ kMAX ?
156
NO
YES
j = k = 0
157
IS THERE A REQUEST ON THE PENDING EXPEDITE REQUEST QUEUE ?
158
YES
NO
159
IS j ≥ jMAX ?
YES
NO
j = j+1
160
ARE THERE ANY NON-EXPEDITE REQUESTS PENDING ?
162
NO
163
RESET SEND_GRANT FLAG TO INHIBIT STAGE 3 FROM GENERATING A GRANT MESSAGE DURING THE NEXT TIME SLOT
END
DEQUEUE REQUEST x FROM THE HEAD OF THE PENDING EXPEDITE REQUEST QUEUE
161
C
(STAGE 2)
YES
164
FIND PENDING NON-EXPEDITE REQUEST x WITH THE HIGHEST VALUE IN ITS ASSOCIATED WEIGHTED AGE VARIABLE
WERE MULTIPLE PENDING REQUESTS FOUND WITH THE SAME HIGHEST WEIGHTED AGE VALUE?
165
NO
YES
CHOOSE A RANDOM PENDING REQUEST X FROM THE GROUP OF PENDING REQUESTS WITH THE HIGHEST WEIGHTED AGE VALUES
166
B
(STAGE 2)

FIG. 9c

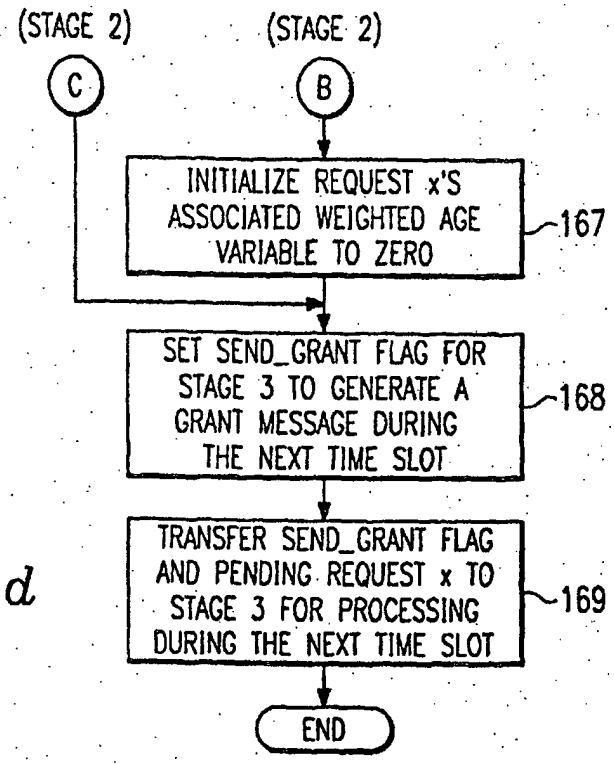

(STAGE 2)
C
(STAGE 2)
B
INITIALIZE REQUEST x'S ASSOCIATED WEIGHTED AGE VARIABLE TO ZERO
167
SET SEND_GRANT FLAG FOR STAGE 3 TO GENERATE A GRANT MESSAGE DURING THE NEXT TIME SLOT
168
TRANSFER SEND_GRANT FLAG AND PENDING REQUEST x TO STAGE 3 FOR PROCESSING DURING THE NEXT TIME SLOT
169
END

FIG. 9d

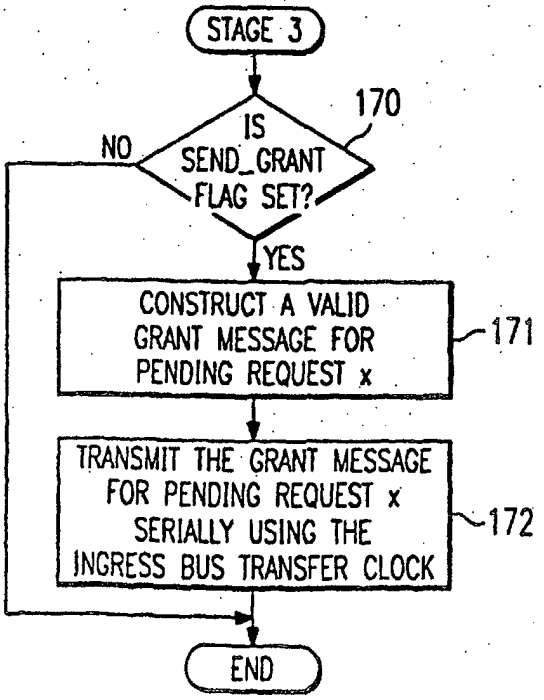

STAGE 3
170
IS SEND_GRANT FLAG SET?
NO
YES
CONSTRUCT A VALID GRANT MESSAGE FOR PENDING REQUEST x
171
TRANSMIT THE GRANT MESSAGE FOR PENDING REQUEST x SERIALLY USING THE INGRESS BUS TRANSFER CLOCK
172
END

FIG. 9e