



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 20 044 T2** 2009.05.14

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 652 402 B1**

(51) Int Cl.⁸: **H04Q 11/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 20 044.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP03/08727**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 817 942.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2005/015944**

(86) PCT-Anmeldetag: **07.08.2003**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **17.02.2005**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.05.2006**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **26.03.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.05.2009**

(73) Patentinhaber:
**Pirelli & C. S.p.A., Mailand/Milano, IT; Telecom
Italia S.p.A., Mailand/Milano, IT**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR**

(74) Vertreter:
BOEHMERT & BOEHMERT, 28209 Bremen

(72) Erfinder:
**CAVAZZONI, Carlo, I-10148 Torino, IT;
D'ALESSANDRO, Alessandro, I-10148 Torino, IT**

(54) Bezeichnung: **PAKET UND OPTISCHE LEITWEGLENKGERÄTE UND VERFAHREN**

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

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

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein das Gebiet optischer Kommunikationssysteme und spezieller eine Paket- und optische Routing-Einrichtung und ein entsprechendes Verfahren.

STAND DER TECHNIK

[0002] Bekanntlich hat das Wachstum des Internets zu ständig wachsenden Verkehrsvolumina geführt, welche ihrerseits die Verwendung von breitbandigen Kommunikationssystemen erfordern. Daher wurde bereits die Verwendung von optischen Kommunikationssystemen, in denen Faseroptik zur Anwendung kommt, für die Übertragung von IP-Paketen vorgeschlagen. Die sich daraus ergebende zunehmende und fortschreitende Integration von Daten- und Sprachverkehr führt zur Notwendigkeit von Systemen und Einrichtungen, die dafür eingerichtet sind, die Übertragung sowohl von herkömmlichen optischen Signalen (z. B. SONET/SDH, Synchronous Optical Network/Synchronous Digital Hierarchy oder ATM, Asynchronous Transfer Mode Signalen) als auch von paketbasierten Signalen (z. B. IP/MPLS, Internet Protocol/Multi-Protocol Label Switching Signalen) zu bewerkstelligen.

[0003] Gegenwärtig sind IP/MPLS-Router und Nicht-IP-Einrichtungen an Netze, welche WDM(Wavelength Division Multiplexing, Wellenlängenmultiplexing)Systeme verwenden, über optische Schnittstellen angeschlossen, und die Steuerung der verschiedenen Systeme ist nicht integriert. Dies führt zu komplexen und teuren Netzkonfigurationen, welche die Einführung neuer Dienste in einem Kommunikationsnetz nicht begünstigen.

[0004] Um dieses Problem zu lösen, ist eine Integration von Paket- und optischen Weiterleitungsfähigkeiten in ein und demselben Knoten des Netzes erwünscht.

[0005] Die US 2002/0018269 offenbart ein Verfahren und ein System zum Steuern optischer Verbindungen in einem optischen Netz, wobei jeder Knoten in dem Netz aus einem Router und optischen Kreuzvermittler (Optical Cross-Connect) besteht und Intelligenz für die Ressourcenverwaltung in der IP-Schicht konzentriert ist. Dieses Dokument offenbart jedoch nicht im Einzelnen die Architektur der Knoten des Netzes, und insbesondere, wie IP- und Nicht-IP-Signale in den Knoten gemultiplext werden.

[0006] Die EP-A-1 076 468 lehrt die Architektur von IP-Paket-Übertragungseinrichtungen, die durch optische Backbon-Übertragungsleitungen verbunden sind, um ein IP-Paket-Übertragungsnetz zu bilden.

Gemäß diesem Dokument wird jedes beliebige Signal in IP-Pakete umgewandelt, welche von einem IP-Routing-Teil zu optischen Wegumwandlungsteilen geroutet werden. Optische Wegsignale von den optischen Wegsignal-Umwandlungsteilen werden direkt einem optischen Weg-Routen-Schaltteil der IP-Paket-Übertragungseinrichtung zugeführt. Das optische Weg-Routen-Schaltteil empfängt außerdem optische Wegsignale, die durch Wellenlängen-Demultiplexing und optische/elektrische/optische Umwandlung von OTM-(Optical Transport Module)Signalen von optischen Backbon-Übertragungsleitungen gewonnen werden. Das optische Weg-Routen-Schaltteil rangiert die optischen Wegsignale zu optischen Routen entsprechend ihren Zielen.

[0007] Der Anmelder merkt an, dass diese Architektur komplex ist und eine umfangreiche Verarbeitung sowohl der OTM-Signale von den optischen Backbone-Übertragungsleitungen als auch der beliebigen Signale, welche direkt in die IP-Paket-Übertragungseinrichtung eingegeben werden, erfordert. Die EP 1 091 529, die am 11.04.2001 veröffentlichte wurde, offenbart einen Telekommunikations-Netzknoten und ein damit zusammenhängendes Routingverfahren gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Paket- und optische Routing-Einrichtung und ein entsprechendes Verfahren bereitzustellen, welche einfach sind und Kosteneinsparungen ermöglichen, was Implementierung und Betrieb anbelangt.

[0009] Die Anmelderin hat eine einfache Architektur entwickelt, in welcher sowohl Paket- als auch Nicht-Paket-Signale in demselben Knoten weitergeleitet und geroutet werden, mit einer integrierten Steuerung der verschiedenen Teile, welche die Paket- und Nicht-Paket-Signale verwalten. Das Vorhandensein von Nicht-Paket-Schnittstellen, welche keine Paket-Elaboration erfordern, sowie von Paket-Schnittstellen, welche beide durch eine Schalteinheit mit einer WDM-Schnittstelleneinheit verbunden sind, ermöglicht eine reibungslose Weiterentwicklung von einem Netz, das auf herkömmlichen TDM-(Time Division Multiplexing, Zeitmultiplexing-)Schaltungen beruht, zu einem Netz, das auf moderneren IP/MPLS- und/oder GMPLS(Generalized Multi-Protocol Label Switching)Diensten beruht.

[0010] Insbesondere ermöglicht die Rekonfigurierbarkeit der elektrischen Schalteinheit, dass jedes Mal ein variabler Anteil von Eingängen/Ausgängen für Paket- und Nicht-Paket-Signale mit der WDM-Schnittstelleneinheit verbunden wird. Das Verhältnis von verbundenen Nicht-Paket-Eingängen/Ausgängen zu verbundenen Paket-Eingängen/Ausgängen ist daher veränderlich entsprechend

den Erfordernissen, was ein hohes Maß an Flexibilität und Kosteneinsparungen aufgrund der Tatsache bietet, dass es im Allgemeinen möglich ist, die Anzahl der Laser zu verringern, die in den WDM-Schnittstellen eingebaut sind.

[0011] Gemäß der Erfindung werden eine Paket- und optische Routing-Einrichtung, ein optisches Netz vom Wellenlängen-Multiplex-Typ und ein Verfahren zum optischen Paket- und Nicht-Paket-Signal-Routing entsprechend den Ansprüchen 1, 13 und 14 bereitgestellt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0012] Um das Verständnis der vorliegenden Erfindung zu erleichtern, werden nunmehr, ausschließlich als nicht einschränkendes Beispiel, unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen Ausführungsformen derselben beschrieben, wobei:

[0013] [Fig. 1](#) ein wellenlängengemultiplextes optisches Netz vom Ring-Typ gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigt;

[0014] [Fig. 2](#) ein Blockschaltbild eines der Knoten des Netzes von [Fig. 1](#) ist;

[0015] [Fig. 3](#) ein detaillierteres Blockschaltbild einer der Komponenten des Knotens von [Fig. 2](#) ist;

[0016] [Fig. 4](#) ein detaillierteres Blockschaltbild des Knotens von [Fig. 2](#) ist;

[0017] [Fig. 5](#) den Fluss von Steuer- und Datensignalen in dem Netz von [Fig. 1](#) zeigt;

[0018] [Fig. 6](#) ein Blockschaltbild eines Knotens eines wellenlängengemultiplexten optischen Netzes von einem vermaschten Typ ist;

[0019] [Fig. 7](#) ein detaillierteres Blockschaltbild einiger Komponenten des Blockschaltbildes von [Fig. 6](#) ist;

[0020] [Fig. 8](#) ein detaillierteres Blockschaltbild des Knotens von [Fig. 2](#) in einer Ausführungsform ist, die zu derjenigen von [Fig. 4](#) alternativ ist.

[0021] In der folgenden Beschreibung bezeichnet der Ausdruck "Nicht-Paket-Schnittstelle" einen beliebigen Typ einer Schnittstelle, welche Signale verarbeitet, welche keine Verarbeitung auf einer Paketebene erfordern, unabhängig vom Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Paket- oder Nicht-Paket-Verkehr innerhalb der Signale (z. B. SDH, ATM, Gigabit Ethernet, Fibre Channel); umgekehrt bezeichnet der Ausdruck "Paket-Schnittstelle" einen beliebigen Typ einer Schnittstelle, welche Signale auf einer Paketebene verarbeitet. Dementsprechend be-

zeichnet der Ausdruck "Nicht-Paket-Signale" einen beliebigen Typ von Signalen, welche zu einer Nicht-Paket-Schnittstelle ausgegeben oder geleitet werden, unabhängig vom Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Paket- oder Nicht-Paket-Verkehr innerhalb der Signale (z. B. SDH, ATM, Gigabit Ethernet, Fibre Channel).

BESTE AUSFÜHRUNGSFORM DER ERFINDUNG

[0022] [Fig. 1](#) zeigt ein optisches Netz **1**, das ein Verfahren des Wellenlängenmultiplexings (Wavelength Division Multiplexing, WDM) implementiert und eine ringförmige Konfiguration aufweist. Die ringförmige Konfiguration ist nur ein Beispiel, und die Erfindung ist auch auf Netze vom vermaschten Typ anwendbar, wie später noch klar wird.

[0023] Gemäß [Fig. 1](#) umfasst das optische Netz **1** eine Anzahl von Knoten **2**, hier vier, die jeweils eine Paket- und optische Routing-Einrichtung (Packet and Optical Routing Equipment, P&ORE) definieren. Jeder Knoten **2** ist mit einem Nachbarknoten **2** über Lichtwellenleiter **3** verbunden, wobei jeder Lichtwellenleiter **3** in der Lage ist, eine gewisse Anzahl (z. B. 40) optischer Wellenlängen $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ zu transportieren. Die Lichtwellenleiter **3** bilden einen äußeren Ring **4a** und einen inneren Ring **4b**. Zum Beispiel ist der äußere Ring **4a** dazu bestimmt, Signale in einer Richtung entgegen dem Uhrzeigersinn zu transportieren, und der innere Ring **4b** ist dazu bestimmt, Signale in einer Richtung im Uhrzeigersinn zu transportieren.

[0024] Jeder Knoten **2** ist mit einer ersten und einer zweiten Gruppe von Schnittstellen **5, 6** verbunden. Die erste Gruppe von Schnittstellen **5** verbindet den Knoten **2** mit Nicht-Paket-Clients (z. B. SDH-Einrichtungen); die zweite Gruppe von Schnittstellen **6** verbindet den Knoten **2** mit Paket-Clients (z. B. Edge-Router).

[0025] [Fig. 2](#) zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild eines Knotens **2**. Der Knoten **2** umfasst eine optische Weiterleitungs- und Multiplex-Einheit **10** mit zwei Eingangsenden **10a1, 10a2** und zwei Ausgangsenden **10b1, 10b2**, die mit den Lichtwellenleitern **3** über Lichtwellenleiter-Schnittstellen **11** verbunden sind, welche nur schematisch dargestellt sind. Die optische Weiterleitungs- und Multiplex-Einheit **10** hat die Aufgabe, in ein/aus einem austretenden/eintretenden gemultiplexten Signal die optischen Signale einzukoppeln/auszukoppeln, welche in dem Knoten einzuspeisen/zu extrahieren sind; ferner hat sie die Aufgabe, die optischen Signale, die von einem eintretenden Lichtwellenleiter **3** kommen und zu einem nächsten Knoten **2** zu übertragen sind, zu einem austretenden Lichtwellenleiter **3** zu übertragen.

[0026] Die optische Weiterleitungs- und Multiplex-

lex-Einheit **10** ist, wie später noch genauer beschrieben wird, mit einer WDM-Schnittstelleneinheit **12** verknüpft, welche die im Knoten **2** extrahierten optischen Signale in elektrische Signale umwandelt und die in die Lichtwellenleiter **3** einzuspeisenden elektrischen Signale in optische Signale mit einer geeigneten Wellenlänge umwandelt.

[0027] Die WDM-Schnittstelleneinheit **12** ist mit einer elektrischen Schalteinheit **13** verbunden, welche elektrische Signale zwischen der WDM-Schnittstelleneinheit **12** einerseits und einer Nicht-Paket-Schnittstelle **14** und einem Paket-Weiterleitungsmodul **15** andererseits schaltet. Zu diesem Zweck weist die elektrische Schalteinheit **13** Nicht-Paket-Eingänge/Ausgänge **18a**, die mit der Nicht-Paket-Schnittstelle **14** verbunden sind, Paket-Eingänge/Ausgänge **18b**, die mit dem Paket-Weiterleitungsmodul **15** verbunden sind, und Schalt-Eingänge/Ausgänge **19**, die mit der WDM-Schnittstelleneinheit **12** verbunden sind, auf.

[0028] Die Hauptaufgabe der Nicht-Paket-Schnittstelle **14** ist, die elektrischen Signale, die von der elektrischen Schalteinheit **13** kommen (auch Zweig-Nicht-Paket-Signale genannt), in optische Signale umzuwandeln, die der ersten Gruppe von Schnittstellen **5** über Nicht-Paket-Anschlüsse **21** zugeführt werden, und umgekehrt. Ferner hat die Nicht-Paket-Schnittstelle **14** die Aufgabe, falls erforderlich, eine spezifische Signalverarbeitung durchzuführen, wie etwa Client-Overhead-Verarbeitung.

[0029] Das Paket-Weiterleitungsmodul **15** hat die Aufgabe, paketartige Signale zu verwalten, und kann die Weiterleitungsebene von handelsüblichen Paket-Routern sein (z. B. IP/MPLS-Router – Internet Protocol/Multi-Protocol Label Switching Router). Das Paket-Weiterleitungsmodul **15** koppelt somit die elektrische Schalteinheit **13** mit Paket-Schnittstellen **16**, deren Hauptaufgabe es ist, die von dem Paket-Weiterleitungsmodul **15** kommenden elektrischen Signale (auch Zweig-Paket-Signale genannt) in optische Signale umzuwandeln, die der zweiten Gruppe von Schnittstellen **6** über Paket-Anschlüsse **22** zugeführt werden, und umgekehrt. Ferner haben die Paket-Schnittstellen **16** die Aufgabe, eine spezifische Signalverarbeitung durchzuführen, wie für eine beliebige standardmäßige Paket-Schnittstelle bekannt ist. Das Paket-Weiterleitungsmodul **15** hat außerdem die Aufgabe, unter speziellen Betriebsbedingungen und im Falle einer speziellen Einstellung des Netzes, wie weiter unten erläutert wird, Steuersignale über eine Verbindungsleitung **24** zu/von einer Paket- und optischen Steuerebene **20** weiterzuleiten.

[0030] Die Paket- und optische Steuerebene **20** ist mit sämtlichen Komponenten des Knotens **2** verbunden und steuert deren Betrieb, wie später ausführlicher erläutert wird; die Paket- und optische Steuerebene

20 ist außerdem mit Außeneinrichtungen verbunden, mit welchen sie Informationen/Steuersignale austauscht. Die Paket- und optische Steuerebene **20** kann eine Software-Verbesserung einer handelsüblichen Paket-Steuerebene sein, mit der Fähigkeit, Signalisierung zu überwachen, welche von den Lichtwellenleitern **3** und/oder von Management-Systemen und/oder von Legacy-Geräten kommt (z. B. Optische Benutzer-Netz-Schnittstelle, Optical User-to-Network Interface O-UNI, welche im OIF – Optical Internetworking Forum definiert wurde), um wie angegeben Befehle an die Komponenten des Knotens **2** zu senden und das Paket-Routing des Paket-Weiterleitungsmoduls **15** anzusteuern. Die Paket- und optische Steuerebene **20** und das Paket-Weiterleitungsmodul **15** bilden zusammen eine Paket-Weiterleitungs-Stufe, die für eine Verarbeitung von Paket-Signalen geeignet ist.

[0031] Im Knoten **2** von [Fig. 2](#) werden optische Paket- und Nicht-Paket-Signale, die von der ersten und zweiten Gruppe von Schnittstellen **5**, **6** geliefert werden, in elektrische Signale umgewandelt und in den Nicht-Paket- und Paket-Schnittstellen **14**, **16** (und in der Paket-Weiterleitungs-Einheit **15** im Falle von Paket-Signalen) verarbeitet, danach werden sie über die Schalteinheit **13** den WDM-Schnittstellen **12** zugeführt. Die WDM-Schnittstellen **12** wandeln die elektrischen Signale in optische Signale mit geeigneter Wellenlänge um und führen sie der optischen Weiterleitungs- und Multiplex-Einheit **10** zu. Die optische Weiterleitungs- und Multiplex-Einheit **10** speist die umgewandelten optischen Signale in die abgehenden Lichtwellenleiter **3** ein. Umgekehrt werden optische Signale mit vorgewählten Wellenlängen, die den Knoten **2** zu Ziel haben, durch die optische Weiterleitungs- und Multiplex-Einheit **10** extrahiert, in elektrische Signale umgewandelt und gegebenenfalls durch WDM-Schnittstellen **12** verarbeitet. Diese Signale werden dann im Falle von Nicht-Paket-Signalen zu der Nicht-Paket-Schnittstelle **14** geschaltet und der ersten Gruppe von Schnittstellen **5** zugeführt, oder im Falle von Paket-Signalen zu dem Paket-Weiterleitungsmodul **15**. Paket-Signale werden anschließend der zweiten Gruppe von Schnittstellen **6** zugeführt oder im Falle von Paketen, die an andere Knoten **2** adressiert sind, zu WDM-Schnittstellen **12** gesendet, je nach ihrem Ziel.

[0032] Dadurch werden mit einer einfachen Architektur sowohl Paket- als auch Nicht-Paket-Signale in demselben Knoten weitergeleitet und geroutet, mit einer integrierten Steuerung der verschiedenen Teile, welche die Paket- und Nicht-Paket-Signale verwalten. Auf diese Weise wird eine Kostensenkung erzielt, infolge der Reduzierung von teuren optischen/elektrischen/optischen Schnittstellen zwischen dem Router und der optischen Weiterleitungs- und Multiplex-Einheit **10**. Dieser Vorteil wird durch das zusätzliche Vorhandensein von keine Paket-Ela-

boration erfordernden Teilen (Nicht-Paket-Schnittstellen **14**) vergrößert, die mit der optischen Weiterleitungs- und Multiplex-Einheit **10** nur durch die Schalteinheit **13** verbunden sind. Diese Vorgehensweise ermöglicht eine reibungslose Weiterentwicklung von einem Netz, das auf herkömmlichen TDM-(Time Division Multiplexing, Zeitmultiplexing-)Schaltungen beruht, zu einem Netz, das auf moderneren IP/MPLS- und/oder GMPLS-(Generalized Multi-Protocol Label Switching) Diensten beruht.

[0033] Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist die elektrische Schalteinheit **13** von einem rekonfigurierbaren Typ und ermöglicht, dass jedes Mal ein veränderlicher Anteil von Eingängen/Ausgängen **18a** und **18b** mit den Schalt-Eingängen/Ausgängen **19** verbunden wird, je nach den Erfordernissen. Zu diesem Zweck weist die elektrische Schalteinheit **13** m_1 Nicht-Paket-Eingänge/Ausgänge **18a** auf, die mit der Nicht-Paket-Schnittstelle **14** verbunden sind, m_2 Paket-Eingänge/Ausgänge **18b**, die mit dem Paket-Weiterleitungsmodul **15** verbunden sind, und n Schalt-Eingänge/Ausgänge **19**, die mit der WDM-Schnittstelleneinheit **12** verbunden sind, wobei $m = m_1 + m_2$ im Allgemeinen größer oder gleich n ist. Daher können im Allgemeinen nicht alle Nicht-Paket- und Paket-Eingänge/Ausgänge **18a**, **18b** gleichzeitig mit den Schalt-Eingängen/Ausgängen **19** verbunden sein, und normalerweise existiert keine feste Verbindung zwischen den Nicht-Paket- und Paket-Eingängen/Ausgängen **18a**, **18b** einerseits und den Schalt-Eingängen/Ausgängen **19** andererseits. Die Paket- und optischen Steuerebene **20** entscheidet während des Betriebs über die spezifischen Verbindungen, die zu aktivieren sind, entsprechend den Nicht-Paket- und Paket-Signalen, die zwischen der Nicht-Paket-Schnittstelle **14** und dem Paket-Weiterleitungsmodul **15** einerseits und der WDM-Schnittstelleneinheit **12** andererseits auszutauschen sind. Das Verhältnis von verbundenen Nicht-Paket-Eingängen/Ausgängen **18a** zu verbundenen Paket-Eingängen/Ausgängen **18b** ist daher veränderlich entsprechend den Erfordernissen, was ein hohes Maß an Flexibilität und Kosteneinsparungen aufgrund der Tatsache bietet, dass es im Allgemeinen möglich ist, die Anzahl der Laser zu verringern, die in den WDM-Schnittstellen eingebaut sind.

[0034] Die Rekonfigurierbarkeit der elektrischen Schalteinheit **13** ermöglicht eine einfache Implementierung von Schutzprozeduren, indem sie ein Aufteilen eines Signals, das entweder auf den Nicht-Paket- oder den Paket-Eingängen/Ausgängen **18a**, **18b** empfangen wurde, in zwei gleiche Signale ermöglicht, denen unterschiedliche Wellenlängen zugewiesen werden und/oder die auf beiden Ringen **4a**, **4b** übertragen werden, um eine Redundanzübertragung zu erhalten. Ferner ist es im Falle einer elektrischen Schalteinheit **13**, die dafür konfiguriert ist, eine Verbindung zwischen zwei verschiedenen Schalt-Ein-

gängen/Ausgängen **19** zu ermöglichen, auch möglich, Signale, die auf einem der Ringe (z. B. dem äußeren Ring **4a**) transportiert werden, zu dem anderen Ring (z. B. dem inneren Ring **4b**) zu routen, um irgendeine Störung im Netz zu überwinden.

[0035] Die elektrische Schalteinheit **13** kann, wie im Blockschaltbild von [Fig. 3](#) schematisch dargestellt, durch ein Koppelpunkt-Schalter-Array (Crosspoint Switch Array) **25** und eine Steuerelektronik **26** implementiert sein.

[0036] Die Steuerelektronik **26** sollte im Allgemeinen einen oder mehrere Prozessoren zum Steuern des wirksamen Schaltens des Koppelpunkt-Schalter-Arrays **25** sowie eine Schaltungsanordnung, z. B. für Betriebs- und Wartungszwecke, beinhalten.

[0037] Die Signale, die in das Koppelpunkt-Schalter-Array **25** mit hoher Frequenz (z. B. einige/-zig GHz) eintreten, können in parallele Ströme aufgeteilt werden, so dass ihre Frequenz verringert wird, und bei einer niedrigeren Frequenz geschaltet werden. Danach werden die aufgeteilten Signale am Ausgang wieder miteinander vereinigt, um das ursprüngliche eintretende Signal mit hoher Frequenz zu erhalten.

[0038] Das Koppelpunkt-Schalter-Array **25** kann eine handelsübliche Komponente sein. Zum Beispiel kann bei einem Netz, das gemäß der Spezifikation G.709 mit einer Frequenz von 10,709 Gb/s arbeitet, unter der Annahme, dass 8 + 8 Schalt-Eingänge/Ausgänge **19** vorhanden sind (Fähigkeit, 8 Kanäle für jeden Ring **4a**, **4b** einzukoppeln/auszukoppeln), unter Berücksichtigung dessen, dass jeder Kanal bidirektional ist, so dass 16 Kanäle für jeden Ring auszutauschen sind, und unter der Annahme, dass jeder Kanal in z. B. vier Kanäle demultiplext wird, die parallel mit einer niedrigeren Frequenz arbeiten, so dass in der Praxis das Schalten von 128 Kanälen erforderlich ist, das Koppelpunkt-Schalter-Array **25** durch die Komponente VSC 3140 von Vitesse Semiconductor Corporation (144×144 Kanäle mit 3,6 Gb/s) implementiert werden.

[0039] [Fig. 4](#) zeigt eine Ausführungsform des Knotens **2**, wobei sie insbesondere den Aufbau der WDM-Schnittstelleneinheit **12** und der optischen Weiterleitungs- und Multiplex-Einheit **10** darstellt. [Fig. 4](#) zeigt außerdem die Verbindungen zwischen den Funktionsblöcken. Solche Verbindungen repräsentieren nicht notwendigerweise physikalische Bindeglieder, sondern allgemein Daten- und/oder logische Signalisierungsflüsse, und es könnte auch eine andere Mischung von Lichtwellenleitern und elektrischen Verbindungen verwendet werden. Im Allgemeinen stellen dicke Linien optische Verbindungen dar, dünne Linien stellen elektrische Verbindungen für den Datenaustausch dar, und gestrichelte Linien stellen Steuerverbindungen zwischen der Paket- und

optischen Steuerebene **20** und den Steuerungslogik-Einheiten jedes Blockes dar.

[0040] Insbesondere umfasst die optische Weiterleitungs- und Multiplex-Einheit **10** zwei Gruppen von optischen Abzweigmultiplexern (Optical Add/Drop Multiplexers, OADMs) **27**. Die Gruppe von OADMs **27** kann entweder verwendet werden, um eine Wellenlänge aus einem einzelnen Ring einzukoppeln/auszukoppeln, der auf einer Seite des Knotens **2** eintritt und auf der anderen austritt (Ring **4a** oder **4b**), oder um eine Wellenlänge aus den zwei Lichtwellenleitern **3** an derselben gemultiplexten Schnittstelle **11** einzukoppeln/auszukoppeln, wie in [Fig. 8](#) dargestellt. Jede Gruppe umfasst mehrere OADMs **27**, die in Kaskade geschaltet sind, um einen Durchlauf der Signale zu einem nächsten Knoten **2** in der vorgegebenen Richtung sowie eine Extraktion der Signale, die in dem Knoten **2** abzuschließen sind, und eine Einspeisung des Signals, das in den jeweiligen Lichtwellenleiter **3** einzukoppeln ist, zu ermöglichen. Vorzugsweise sind die OADMs **27** abstimmbar, so dass sie eine Wahl der Wellenlängen der einzukoppelnden/auszukoppelnden Signale ermöglichen, und haben eine bekannte Struktur (siehe z. B. die optischen Rezirkulatoren und zugehörigen optischen Kanalwähler, die in US 2002/0024698 A1 beschrieben sind; geeignete OADMs können auch die handelsüblichen Komponenten "Lambda Flow", vertrieben von Lambda Crossing; "CP-3204", vertrieben von Clarendon Photonics; oder "Fasma tunable filters", vertrieben von Ondax, sein).

[0041] Im Falle von OADMs **27**, die mit dem Ring **4a** oder **4b**, [Fig. 4](#), verbunden sind, ist jede Gruppe von OADMs **27** an den Eingangs- und Ausgangsenden **10a1**, **10a2**, **10b1**, **10b2** mit dem jeweiligen Ring **4a**, **4b** durch Steuerkanal-Abschlusseinheiten **31** von bekanntem Typ verbunden. Optische Verstärker **30** können zwischen den Steuerkanal-Abschlusseinheiten **31** und den OADMs **27** eingefügt sein, falls sie für Zwecke des Leistungsbudgets benötigt werden. Insbesondere sind die Steuerkanal-Abschlusseinheiten **31** mit der Paket- und optischen Steuerebene **20** und mit dem Paket-Weiterleitungsmodul **15** verbunden und bewirken, dass die Signale, die auf dem Steuerkanal transportiert werden, extrahiert/eingefügt werden, bevor sie die optischen Verstärker **30**, falls vorhanden, erreichen, wie weiter unten erläutert wird.

[0042] Die WDM-Schnittstelleneinheit **12** umfasst zwei Batterien von Sende-/Empfangseinrichtungen **28**, eine für jeden Satz jedes OADM **27**. Jede Sende-/Empfangseinrichtung **28** ist mit einem jeweiligen OADM **27** und mit einem jeweiligen Schalt-Eingang/Ausgang **19** verbunden und wird von drei eilen gebildet, auf eine an sich bekannte Weise, die in [Fig. 4](#) nur schematisch dargestellt ist. Im Einzelnen umfasst jede Sende-/Empfangseinrichtung **28** einen Sender, einen Empfänger und eine Verarbeitungse-

lektronik. Die Sender sind durch Laser implementiert, welche das elektrische Signal, das auf dem jeweiligen Schalt-Eingang/Ausgang **19** zugeführt wird, in ein optisches Signal umwandeln, das durch die zugehörigen OADMs **27** in den jeweiligen Lichtwellenleiter einzukoppeln ist. Vorzugsweise sind die Laser abstimmbar und werden bei einer Wellenlänge betrieben, die durch die Paket- und optischen Steuerebene **20** eingestellt wird. Somit führen sie eine Wellenlängenanpassung zwischen den Client-Signalen und dem optischen Ringnetz durch. Die Empfänger sind Photodetektoren vom Grau-Typ und sind in der Lage, die durch die jeweiligen OADMs **27** extrahierten optischen Signale zu empfangen und sie in elektrische Signale umzuwandeln. Die Verarbeitungselektronik führt spezielle Funktionen im Zusammenhang mit den Netz-Wellenlängen aus, wie etwa Overhead-Verarbeitung (z. B. Kanalidentifizierung, Leistungsüberwachung usw.).

[0043] Obwohl in [Fig. 4](#) die Sende-/Empfangseinrichtungen **28** als in einem eigenständigen Modul (WDM-Schnittstelleneinheit **12**) angeordnet dargestellt sind, können sie teilweise in die optische Weiterleitungs- und Multiplex-Einheit **10** integriert sein; z. B. können nur die Sender, die Empfänger oder die optoelektronischen Komponenten (Sender + Empfänger) in die optische Weiterleitungs- und Multiplex-Einheit **10** integriert sein.

[0044] [Fig. 4](#) zeigt außerdem eine Client-Vorrichtung **33**, die mit der ersten Gruppe von Schnittstellen **5** verbunden ist, eine Paket-Routing-Einrichtung **34** (z. B. einen IP-Router), die mit der zweiten Gruppe von Schnittstellen **6** verbunden ist, und einen Netz-Hauptmanager **35**. Die Client-Vorrichtung **33** und die Paket-Routing-Einrichtung **34** sind zum Austauschen von Steuersignalen mit der Paket- und optischen Steuerebene **20** verbunden; der Netz-Hauptmanager **35** kann mit der Paket- und optischen Steuerebene **20** über Zwischenschichten, die nicht dargestellt sind, verbunden sein.

[0045] Mit der in den [Fig. 1-Fig. 4](#) dargestellten Architektur kann eine Signalverbindung zwischen zwei generischen Knoten **2** aufgebaut werden als eine explizite Anforderung von einem Nicht-Paket-Client **33** oder einer Paket-Routing-Einrichtung **34**; als eine interne Entscheidung von der Paket- und optischen Steuerebene **20** infolge bestimmter Erfordernisse des Paketverkehrs oder als eine Anforderung von dem Hauptmanager **35**.

[0046] Gemäß einer möglichen Implementierung wird die Anforderung dem Knoten **2** durch eine direkte Kommunikation zwischen dem Client und dem Quellknoten **2** übermittelt, unter Verwendung der direkten Leitung, welche die Client-Vorrichtung **33** oder die Paket-Routing-Einrichtung **34** mit der Paket- und optischen Steuerebene **20** verbindet, mit Hilfe eines

Standard-Protokolls wie etwa OIF (Optical Internet-working Forum) O-UNI (Optical User Network Interface) Schnittstelle oder mit Hilfe anderer Protokolle. Als Alternative wird eine indirekte Kommunikation zwischen dem Client und dem Knoten **2** durchgeführt, durch eine Signalisierung, an welcher der Hauptmanager **35** beteiligt ist.

[0047] Wenn die Paket- und optischen Steuerebene **20** eines Knotens **2** eine Anforderung erzeugt (von Clients kommend oder intern erzeugt), eine Verbindung aufzubauen (Lichtweg-Aufbauanforderung), wählt sie eine gewisse Wellenlänge (λ_x) auf entweder dem äußeren oder dem inneren Ring **4a**, **4b** und signalisiert die Anforderung zu einem Zielknoten **2**, z. B. durch GMPLS-Signalisierung. Die Anforderung wird auf einem Steuerkanal gesendet, welcher bei der dargestellten Ausführungsform als ein In-Fiber/Out-of-Band (im Lichtwellenleiter/bandextern) Modus implementiert ist, das heißt, er verwendet auf den Lichtwellenleitern **3** eine spezielle Wellenlänge, die nicht in dem üblichen Band der Datensignale enthalten ist (z. B. bei 1510 nm, außerhalb des bekannten C- und L-Bandes optischer Verstärker für die Datensignale).

[0048] Alternativ dazu ist es durch Vorsehen spezieller Schnittstellen zu dem Knoten **2** oder Nutzung einer bereits existierenden Verkehrs-Schnittstelle zu Paket-(z. B. IP-)Einrichtungen möglich, einen Steuerkanal außerhalb des Lichtwellenleiters (Out-of-Fiber) zu implementieren, z. B. durch ein separates (wie etwa IP-)Paketnetz.

[0049] Gemäß einer anderen Ausführungsform kann der Steuerkanal in einem In-Fiber/In-Band (im Lichtwellenleiter/bandintern) Modus implementiert sein, mit einer vorgegebenen Wellenlänge, wobei in diesem Falle die Steuersignale auf dem inneren oder äußeren Ring **4a**, **4b** durch eine eigene OADM **27** und eine eigene Sende-/Empfangseinrichtung **28** extrahiert und hinzugefügt werden, welche mit einer festen Wellenlänge arbeiten, die für die Steuersignalisierung gewählt wurde. In diesem Falle werden die Steuersignale, die durch den zugehörigen OADM **27** extrahiert und durch die zugehörige Sende-/Empfangseinrichtung **28** umgewandelt wurden, durch die elektrische Schalteinheit **13** zu dem Paket-Weiterleitungsmodul **15** und anschließend (über die Verbindungsleitung **24**) zu der Paket- und optischen Steuerebene **20** geroutet, wo sie verarbeitet werden. In analoger Weise werden Steuersignale, die zu einem nachfolgenden Knoten **2** gesendet werden sollen, durch die Paket- und optische Steuerebene **20** über die Verbindungsleitung **24**, das Paket-Weiterleitungsmodul **15** und die Schalteinheit **13** zu der zugehörigen Sende-/Empfangseinrichtung **28** übertragen, in optische Signale umgewandelt und durch den zugehörigen OADM **27** zu den anderen optischen Signalen auf dem gewählten Ring **4a**, **4b** hinzugefügt.

[0050] Die Lichtweg-Aufbauanforderung wird entweder durch die Kanalabschlusseinheit **31** (im Falle des In-Fiber/Out-of-Band Modus) oder durch den zugehörigen OADM **27** (im Falle des In-Fiber/In-Band Modus) eines nachfolgenden Knotens **2** auf dem gewählten Ring **4a**, **4b** extrahiert und zu der entsprechenden Paket- und optischen Steuerebene **20** gesendet, welche die Anforderung verarbeitet, intern die Verfügbarkeit von Ressourcen (z. B. einer gewissen Wellenlänge) prüft und eine eventuelle weitere erforderliche Elaboration (z. B. Politik, Prioritäten) durchführt. Falls die Anforderung angenommen wird, bucht die Paket- und optische Steuerebene **20** die erforderlichen Ressourcen und sendet die Anforderung auf dem gewählten Ring **4a**, **4b** zum nächsten Knoten **2** weiter; andernfalls wird die Anforderung zurückgewiesen, indem eine Zurückweisungsnachricht an den Quellknoten **2** gesendet wird. Am Zielknoten **2** prüft die Paket- und optische Steuerebene **20** die Verfügbarkeit einer Sende-/Empfangseinrichtung **28** und eines zugehörigen OADM **27** sowie alle anderen Anforderungen, wie oben beschrieben. Außerdem muss die Paket- und optische Steuerebene **20** die Verfügbarkeit von Ressourcen für die Übertragung zum Client prüfen, und im Allgemeinen sollte sie mit dem Client den Weg vereinbaren, die Konnektivität zu realisieren.

[0051] Wenn alle Prüfungen erfolgreich durchlaufen wurden, wird die Anforderung angenommen, es werden Ressourcen zugewiesen, und durch den Zielknoten **2** wird eine positive Antwort an den Quellknoten **2** gesendet. In Abhängigkeit von der Implementierung kann für eine bidirektionale Verbindung der Rückwärtsweg entweder auf demselben Teil von Ring **4a**, **4b** auf den Lichtwellenleitern **3**, welche zuvor nicht verwendet wurden, eingerichtet werden, oder auf dem komplementären Teil von Ring **4a**, **4b**. Im letzteren Falle muss eine neue Signalisierungsprozedur, wie oben beschrieben, aktiviert werden; die erforderliche Wellenlänge und eine eventuelle andere Anforderung (z. B. Priorität) kann von derjenigen verschiedenen sein, die vom Quellknoten **2** aus verwendet wird.

[0052] Im Falle eines Out-of-Fiber/Out-of-Band Modus kommt dieselbe Prozedur wie oben beschrieben zur Anwendung, abgesehen davon, dass die Steuersignale auf einem separaten Netz, z. B. einem IP-Netz, transportiert werden.

[0053] Die Verbindung wird daher aufgebaut, indem die elektrische Schalteinheit **13** richtig eingestellt wird und der abstimmbare Laser der Sende-/Empfangseinrichtungen **28** sowohl des Quell- als auch des Zielknotens **2** gegebenenfalls abgestimmt wird, und indem die OADMs **27** des Quell- und des Zielknotens **2** gegebenenfalls abgestimmt werden.

[0054] Daher kann, wie oben erläutert, der Quellknoten **2** Nicht-Paket- und Paket-Daten auf dem re-

servierten Kanal (festgelegte Wellenlänge auf dem gewählten äußeren oder inneren Ring **4a**, **4b**) über die Laser von Sende-/Empfangseinrichtungen **28** und über OADMs **27** senden, wobei die einen oder die anderen oder beide gegebenenfalls auf geeignete Weise abgestimmt werden. Datensignale, welche aus dem Quell-/Zielknoten **2** austreten, durchlaufen daher die Zwischenknoten **2**, ohne in ihnen verarbeitet zu werden, bis zum Ziel-/Quellknoten **2**, wo sie durch die OADMs **27** extrahiert und durch die Sende-/Empfangseinrichtungen **28** umgewandelt werden, wobei die einen oder die anderen oder beide gegebenenfalls auf geeignete Weise abgestimmt werden. Entsprechend der Natur der Signale werden die Datensignale danach durch die elektrische Schalteinheit **13** des Zielknotens **2** (und des Quellknotens **2** für den entgegengesetzt gerichteten, vom Zielknoten kommenden Fluss) geschaltet und zu der Nicht-Paket-Schnittstelle **14** oder zu dem Paket-Weiterleitungsmodul **15** weitergesendet, von wo aus sie zu der Client-Vorrichtung **33** oder zu der Paket-Routing-Einrichtung **34** übertragen werden.

[0055] Die obige Funktionsweise des Netzes ist in **Fig. 5** schematisch dargestellt, wobei nur drei Knoten detaillierter dargestellt sind, und nur im Hinblick auf die speziellen Blöcke, die erforderlich sind, um die unterschiedliche Verarbeitung von Steuersignalen (deren Übertragung durch gestrichelte Linien dargestellt ist, welche die Paket- und optischen Steuerebene-POCP-20 aller Knoten durchlaufen, und die, falls erforderlich, an dieser verarbeitet werden) und von (Paket- und Nicht-Paket-)Datensignalen (deren optischer Weg durch Strichpunktlinien dargestellt ist, welche durch alle entlang des Weges befindlichen Knoten verlaufen, die jedoch nur am Quell- und am Zielknoten **2** verarbeitet werden) zu zeigen. Hierbei wurden die optische Weiterleitungs- und Multiplex-Einheit **10**, die WDM-Schnittstelleneinheit **12** und die elektrische Schalteinheit **13** als ein einziger (Weiterleitungs- und Schalt-)Block **37** dargestellt.

[0056] Entsprechend einer Besonderheit des vorliegenden Netzes kann die Konnektivität von Datenpaket-Signalen auf eine flexible Weise implementiert werden. Dabei wird, wenn der Datenpaket-Verkehr unter einem gewissen Schwellenwert liegt, eine Basis-Konnektivität aufgebaut, indem der Steuerkanal auch für Paket-Kommunikation verwendet wird. Diese Vorgehensweise ermöglicht, dass eine Wellenlänge eingespart wird, solange der Verkehr geringer ist als ein gewisser Schwellenwert. In diesem Falle werden Datenpaket-Signale bei allen Knoten **2** verarbeitet, einschließlich der Zwischenknoten **2**, wo Pakete die jeweiligen Paket-Weiterleitungs-Module **15** erreichen und durch diese zu dem entsprechenden nächsten Knoten **2** geroutet werden. Wenn der Verkehr stärker wird und den Schwellenwert überschreitet, werden Datenpakete auf einem optischen Weg geroutet, der zu diesem Zweck eingerichtet wurde,

wie oben unter Bezugnahme auf die **Fig. 1–Fig. 4** beschrieben, mit direkter Verbindung zwischen dem Quell- und dem Zielknoten **2** und ohne eine Verarbeitung an den Zwischenknoten **2**. Falls sich danach der Verkehr auf dem optischen Weg bis unter den Schwellenwert (oder einen anderen Schwellenwert) verringert, wird wieder die Basis-Konnektivität verwendet, um Datenpaket-Signale zu übertragen, wie oben erläutert.

[0057] Gemäß einer Lösung wird im Falle von Verkehr mit geringem Volumen eine Basis-Konnektivität von Paket-(z. B. IP-)Datenverkehr unter Verwendung des optischen Weges implementiert, der zuvor für Steuersignale eingerichtet wurde, wie oben beschrieben; gemäß einer anderen Alternative wird eine Basis-Konnektivität unter Verwendung einer speziellen Wellenlänge implementiert, die zu denjenigen gehört, die zur Übertragung von Daten verwendet werden.

[0058] **Fig. 6** zeigt das vereinfachte Blockschaltbild eines Knotens **200**, der für ein optisches Netz geeignet ist, das ein Wellenlängenmultiplexing-(Wavelength Division Multiplexing, WDM-)Verfahren implementiert und eine einem Maschennetz ähnliche Konfiguration aufweist. Der Grundaufbau des Knotens **200** ist derselbe wie derjenige des in **Fig. 2** dargestellten Knotens **2**, und daher wurden ähnliche Teile mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet und werden nicht nochmals beschrieben. Der Knoten **200** von **Fig. 6** unterscheidet sich vom Knoten **2** der **Fig. 2**, **Fig. 4** hauptsächlich in Bezug auf den optischen Weiterleitungs- und Multiplex-Teil, wie unten erläutert.

[0059] Gemäß **Fig. 6** umfasst die optische Weiterleitungs- und Multiplex-Einheit **10** eine Multiplex-/Demultiplex-Einheit **201**, die Eingänge **10a** und Ausgänge **10b** aufweist, welche mit mehreren Lichtwellenleitern verbunden sind, die mit den anderen Knoten des Netzes verbunden sind und optische Signale zu und von dem Knoten **200** transportieren. Die Multiplex-/Demultiplex-Einheit **201**, die in **Fig. 7** detaillierter dargestellt ist und im Folgenden beschrieben wird, ist mit der WDM-Schnittstelle **12** über eine optische Schalteinheit **202** verbunden, welche die optischen Signale entsprechend ihrem Ziel routet.

[0060] Im Einzelnen umfasst, wie in **Fig. 7** dargestellt, die Multiplex-/Demultiplex-Einheit **201** einen Satz von Demultiplex-Elementen **204** und einen Satz von Multiplex-Elementen **205**. Jedes Demultiplex-Element **204** hat einen Eingang, der mit einem eigenen Lichtwellenleiter **3** verbunden ist, der eintretende Signale trägt, und mehrere Ausgänge, die mit der optischen Schalteinheit **202** verbunden sind. Jeder Ausgang jedes Demultiplex-Elementes **204** liefert daher ein einziges Signal mit einer vorgegebenen Wellenlänge. Jedes Multiplex-Element **205** hat mehrere Eingänge, die mit der optischen Schalteinheit

202 verbunden sind und ein eigenes Signal mit einer vorgegebenen Wellenlänge empfangen, und einen Ausgang, der mit einem eigenen Lichtwellenleiter **3** verbunden ist und mehrere austretende Signale liefert.

[0061] Die optische Schalteinheit **202** ist mit allen Ausgängen der Demultiplex-Elemente **204**, allen Eingängen der Multiplex-Elemente **205** und allen Ein-/Ausgängen der Sende-/Empfangseinrichtungen **28** verbunden und verbindet sie entsprechend dem gewünschten Routing der optischen Signale. Insbesondere kann die optische Schalteinheit **202** einen speziellen Ausgang eines Demultiplex-Elementes **204** mit dem Empfänger einer der Sende-/Empfangseinrichtungen **28** der WDM-Schnittstelle **12** oder mit einem Eingang eines Multiplex-Elements **205**, entsprechend dem Ziel des optischen Signals, verbinden, analog zu dem, was für die OADMs **27** unter Bezugnahme auf [Fig. 5](#) beschrieben wurde. Ferner kann die optische Schalteinheit **202** einen Ausgang der Sende-/Empfangseinrichtungen **28** der WDM-Schnittstelle **12** mit einem Eingang eines Multiplex-Elements **205** verbinden; jedes Multiplex-Element **205** addiert dann die optischen Signale an seinen Eingängen (die entweder von einem eintretenden Lichtwellenleiter **3** über ein Demultiplex-Element **204** kommen, oder von der WDM-Schnittstelle **12**) und führt sie zusammen einem eigenen Ausgangs-Lichtwellenleiter **3** zu.

[0062] Die tatsächlichen Verbindungen, die durch die optische Schalteinheit **202** zwischen den Demultiplex-Elementen **204**, den Multiplex-Elementen **205** und der WDM-Schnittstelle **12** implementiert werden, werden durch die Paket- und optische Steuerebene **20** gemäß den Einstellungen gesteuert, die entsprechend den Anforderungen optischer Wege und dem Netzzustand vorgenommen werden, analog zu dem, was oben für ein Netz vom Ring-Typ beschrieben wurde.

[0063] Die elektrische Schalteinheit **13** wickelt dann das Routing von Signalen, die in den Knoten **200** eintreten und der WDM-Schnittstelle **12** zugeführt werden, zu dem Paket-Weiterleitungsmodul **15** und der Nicht-Paket-Schnittstelle **14** ab, sowie das Routing von Signalen von dem Paket-Weiterleitungsmodul **15** und der Nicht-Paket-Schnittstelle **14** zu der WDM-Schnittstelle **12**, wodurch eine hohe Schaltungs-Flexibilität entsprechend den Verbindungsanforderungen der Paket- und der Nicht-Paket-Signale gewährleistet wird, wie oben beschrieben.

[0064] Schließlich ist klar, dass zahlreiche Modifikationen und Varianten der Einrichtung, des Netzes und des Verfahrens, die hier beschrieben und dargestellt wurden, vorgenommen bzw. hergestellt werden können, die alle in den Schutzbereich der Erfindung fallen, der in den beigefügten Ansprüchen definiert ist.

Patentansprüche

1. Paket und optische Routing-Einrichtung (**2**; **200**) mit:

- einer zum Empfang gemultiplexer optischer Eingangssignale geeigneten optischen Eingabeeinrichtung (**10a1**, **10a2**; **10a**);
 - einer zur Zufuhr gemultiplexer optischer Ausgangssignale geeigneten optischen Ausgabebereinrichtung (**10b1**, **10b2**; **10b**);
 - einem zum Austausch von optischen Zweig-Nicht-Paket-Signalen geeigneten optischen Nicht-Paket-Anschluss (**21**);
 - einem zum Austausch von optischen Zweig-Paket-Signalen geeigneten optischen Paket-Anschluss (**22**);
 - einer zwischen der optischen Eingabeeinrichtung (**10a1**, **10a2**; **10a**) und der optischen Ausgabebereinrichtung (**10b1**, **10b2**; **10b**) verbundenen optischen Weiterleitungs- und Multiplex-Stufe (**10**);
 - einer zwischen dem optischen Paket-Anschluss (**22**) und der optischen Weiterleitungs- und Multiplex-Stufe (**10**) verbundenen Paket-Weiterleitungs-Stufe (**15**, **20**);
 - einem mit dem optischen Nicht-Paket-Anschluss (**21**) verbundenen und zur Umwandlung der Zweig-Nicht-Paket-Signale in und aus elektrischen Nicht-Paket-Signalen geeigneten optischen/elektrischen Nicht-Paket-Wandler (**14**);
 - einer elektrischen Schalteinheit (**13**), die mit dem optischen/elektrischen Nicht-Paket-Wandler (**14**) und der Paket-Weiterleitungs-Stufe (**15**, **20**) zum Austausch der elektrischen Nicht-Paket- und Paket-Signale damit verbunden ist; und
 - einem zwischen der elektrischen Schalteinheit (**13**) und der optischen Weiterleitungs- und Multiplex-Stufe (**10**) zum Umwandeln der elektrischen Nicht-Paket-Signale in und aus zu und von der optischen Weiterleitungs- und Multiplex-Stufe (**10**) zugeführten optischen Signalen verbundenen Schnittstellen-Wandler (**12**);
- dadurch gekennzeichnet**, dass
- die Einrichtung (**2**; **200**) einen optischen/elektrischen Paket-Wandler (**16**) aufweist, der direkt mit dem optischen Paket-Anschluss (**22**) und der Paket-Weiterleitungs-Stufe (**15**, **20**) verbunden und zwischen ihnen angeordnet ist; wobei der optische/elektrische Paket-Wandler (**16**) zur Umwandlung der optischen Zweig-Paket-Signale in und aus mit der Paket-Weiterleitungs-Stufe (**15**, **20**) ausgetauschten elektrischen Paket-Signalen geeignet ist;
 - der Schnittstellen-Wandler (**12**) die elektrischen Paket-Signale in und aus von und zu der optischen Weiterleitungs- und Multiplex-Stufe (**10**) zugeführten optischen Signalen umwandelt;
 - die optische Weiterleitungs- und Multiplex-Stufe ausgebildet ist, optisch optische Zweig-Signale zwischen der optischen Eingabe/Ausgabebereinrichtung und der Schnittstelleneinrichtung auszutauschen, indem die optischen Zweig-Signale aus den gemultip-

lexten optischen Eingangssignalen optisch extrahiert werden und die optischen Zweig-Signale zu den gemultiplexten optischen Ausgangssignalen optisch hinzugefügt werden.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, wobei die elektrische Schalteinheit (13) eine erste Mehrzahl von mit dem optisch/elektrischen Nicht-Paket-Wandler (14) verbundenen Eingängen/Ausgängen (18a), eine zweite Mehrzahl von mit der Paket-Weiterleitungs-Stufe (15, 20) verbundenen Eingängen/Ausgängen und eine dritte Mehrzahl von mit dem Schnittstellen-Wandler (12) verbundenen Eingängen/Ausgängen (19) besitzt, wobei die elektrische Schalteinheit (13) konfiguriert ist, eine veränderliche Anzahl von Eingänge/Ausgängen (18a, 18b) der ersten und zweiten Mehrzahl mit der dritten Mehrzahl von Eingängen/Ausgängen (19) zu verbinden.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die optische Eingabeeinrichtung einen ersten und einen zweiten Eingang (10a1, 10a2) aufweist und die optische Ausgabereinrichtung einen ersten und einen zweiten Ausgang (10b1, 10b2) aufweist; wobei die optische Weiterleitungs- und Multiplex-Stufe (10) einen ersten Satz von in Kaskade verbundenen optischen Abzweigmultiplexern (27) und einen zweiten Satz von in Kaskade verbundenen optischen Abzweigmultiplexern (27) aufweist.

4. Einrichtung nach Anspruch 3, wobei der erste Satz von optischen Abzweigmultiplexern (27) zwischen dem ersten Eingang (10a1) und dem ersten Ausgang (10b1) und der zweite Satz von optischen Abzweigmultiplexern (27) zwischen dem zweiten Eingang (10a2) und dem zweiten Ausgang (10b2) verbunden ist.

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 4, wobei die optischen Abzweigmultiplexer (27) von einem abstimmbaren Typ sind.

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei der Schnittstellen-Wandler (12) eine Mehrzahl von Sende/Empfangseinrichtungen (28) aufweist, wobei jede Sende/Empfangseinrichtung (28) mit einem jeweiligen der optischen Abzweigmultiplexer (27) verbunden ist.

7. Einrichtung nach Anspruch 6, wobei jede Sende/Empfangseinrichtung (28) einen Sendelaser vom abstimmbaren Typ, einen Grauempfänger und eine elektronische Einheit aufweist.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Paket-Weiterleitungs-Stufe (15, 20) ein Paket-Weiterleitungs-Modul (15), das zwischen der elektrischen Schalteinheit (13) und dem optischen/elektrischen Paket-Wandler (16) verbunden ist, und eine Paket und optische Steuerebene (20)

aufweist, die zur Erzeugung von Steuersignale für die optische Eingabe- und Ausgabereinrichtung, die optische Weiterleitungs- und Multiplexer-Stufe (10), den Schnittstellen-Wandler (12), die elektrische Schalteinheit (13) und die optischen/elektrischen Nicht-Paket- und Paket-Wandler (14, 16) geeignet sind.

9. Einrichtung nach Anspruch 8, wobei die optische Eingabe- und Ausgabereinrichtung Kanalabschlusseinheiten (31) aufweist, die zur Extraktion und/oder Addition von Steuersignalen mit einer unterschiedlichen Wellenlänge im Hinblick auf die gemultiplexten Eingangs- und Ausgangssignale geeignet ist.

10. Einrichtung nach Anspruch 9, wobei die Kanalabschlusseinheiten (31) mit dem Paket-Weiterleitungs-Modul (15) zum Austausch der Steuersignale mit ihnen verbunden sind.

11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei die Paket und optische Steuerebene (20) zur Erzeugung von Steuersignalen für die optische Weiterleitungs- und Multiplexer-Stufe (10) geeignet ist und die optische Weiterleitungs- und Multiplexer-Stufe (10) konfiguriert ist, erste ausgewählte der gemultiplexten Eingangssignale zur optischen Ausgabereinrichtung (10b1, 10b2; 10b) zu leiten, zweite ausgewählte der gemultiplexten Eingangssignale zum Schnittstellen-Wandler (12) zu extrahieren und die optischen Signale zu den gemultiplexten Ausgangssignalen hinzuzufügen.

12. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die optische Eingabeeinrichtung eine Mehrzahl von Eingängen (10a) aufweist und die optische Ausgabereinrichtung eine Mehrzahl von Ausgängen (10b) aufweist und wobei die optische Weiterleitungs- und Multiplexer-Stufe (10) eine mit dem Schnittstellen-Wandler (12) verbundene optische Schalteinheit (202) und eine zwischen der optischen Schalteinheit (202) und den Eingängen und Ausgängen verbundene Multiplexer/Demultiplexer-Einheit (201) aufweist.

13. Optisches Netz vom Wellenlängen-Multiplex-Typ, mit einer Mehrzahl von Paket und optischer Routing-Einrichtungen (2; 200) gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12 und einer Mehrzahl von sich zwischen Paaren von Paket und optischen Routing-Einrichtungen (2; 200) erstreckenden optischen Verbindungen (3).

14. Verfahren zum Paket und optischen Signal-Routing, mit den Schritten:

- Empfangen von gemultiplexten optischen Eingangssignalen;
- Empfangen von optischen Zweig-Nicht-Paket-Signalen;
- Weiterleiten von ersten ausgewählten der gemultiplexten optischen Eingangssignale, Extrahieren von

zweiten ausgewählten der gemultiplexten optischen Eingangssignale und Hinzufügen der optischen Zweig-Nicht-Paket- und Paket-Signale zu den gemultiplexten optischen Ausgangssignalen;

- Umwandeln der empfangenen optischen Zweig-Nicht-Paket-Signale in elektrische Nicht-Paket-Signale;
- Schalten von elektrischen Nicht-Paket- und Paket-Signalen gemäß verfügbaren Ressourcen;
- Umwandeln der geschalteten elektrischen Nicht-Paket-Signale in optische Signale; dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Hinzufügens der optischen Zweig-Nicht-Paket- und Paket-Signale zu den gemultiplexten optischen Ausgangssignalen:
- ein Empfangen von optischen Zweig-Paket-Signalen;
- ein Umwandeln der empfangenen optischen Zweig-Paket-Signale in elektrische Paket-Signale;
- ein Umwandeln der geschalteten elektrischen Paket-Signale in optische Signale;
- ein Hinzufügen des optischen Signals zu den gemultiplexten Ausgangssignalen; aufweist; und

dass das Weiterleiten, das Extrahieren und das Hinzufügen optisch durchgeführt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, weiterhin mit den Schritten eines Umwandeln der zweiten ausgewählten der gemultiplexten Eingangssignale in extrahierte elektrische Signale; eines Schaltens der extrahierten elektrischen Signale, um erste und zweite elektrische Signale zu erhalten; eines Umwandeln der ersten elektrischen Signale in optische Zweig-Nicht-Paket-Signale; eines Sendens der optischen Zweig-Nicht-Paket-Signale zu einem Nicht-Paket-Ziel; eines Umwandeln der zweiten elektrischen in optische Zweig-Paket-Signale; und eines Leitens der optischen Zweig-Paket-Signale zu einem Paket-Ziel.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, weiterhin mit dem Schritt:

- Erzeugen von Steuersignalen in einer ersten Paket und optischen Routing-Einrichtung;
- Senden der Steuersignale zu einer ersten optischen Verbindungsleitung;
- Empfangen der Steuersignale an einer zweiten Paket und optischen Routing-Einrichtung;
- Überprüfen des Ziels der Steuersignale an einer zweiten Paket und optischen Routing-Einrichtung und, wenn die zweite Paket und optische Routing-Einrichtung nicht eine Ziel-Einrichtung ist,
- Routen der Steuersignale auf einer zweiten optischen Verbindungsleitung zu einer weiteren Paket und optischen Routing-Einrichtung und
- Wiederholen des vorhergehenden Schritts an der weiteren Paket und optischen Routing-Einrichtung bis eine Ziel-Paket und optische Routing-Einrichtung für die Steuersignale erreicht ist, um einen Pfad für

die Steuersignale einschließlich der Paket und optischen Routing-Teile der Einrichtung zwischen der ersten und der Ziel-Paket und optischen Routing-Einrichtung einzurichten;

- Überprüfen einer Verkehrsbedingung, um eine niedrige und eine hohe Verkehrsbedingung für die Zweig-Paket-Signale zu erfassen;
- im Fall einer niedrigen Verkehrsbedingung, Realisieren einer Basis-Verbindungs-fähigkeit für die optischen Zweig-Paket-Signale einschließlich der Paket und optischen Routing-Teile der Einrichtung zwischen der ersten und der Ziel-Paket und optischen Routing-Einrichtung;
- im Fall einer hohen Verkehrsbedingung, Realisieren einer direkten Verbindungs-fähigkeit für die optischen Zweig-Paket-Signale zwischen der ersten und der Ziel-Paket und optischen Routing-Einrichtung.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei der Schritt eines Realisierens einer Basis-Verbindungs-fähigkeit ein Senden der optischen Zweig-Paket-Signale zusammen mit den Steuersignalen von der ersten zur Ziel-Paket und optischen Routing-Einrichtung aufweist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

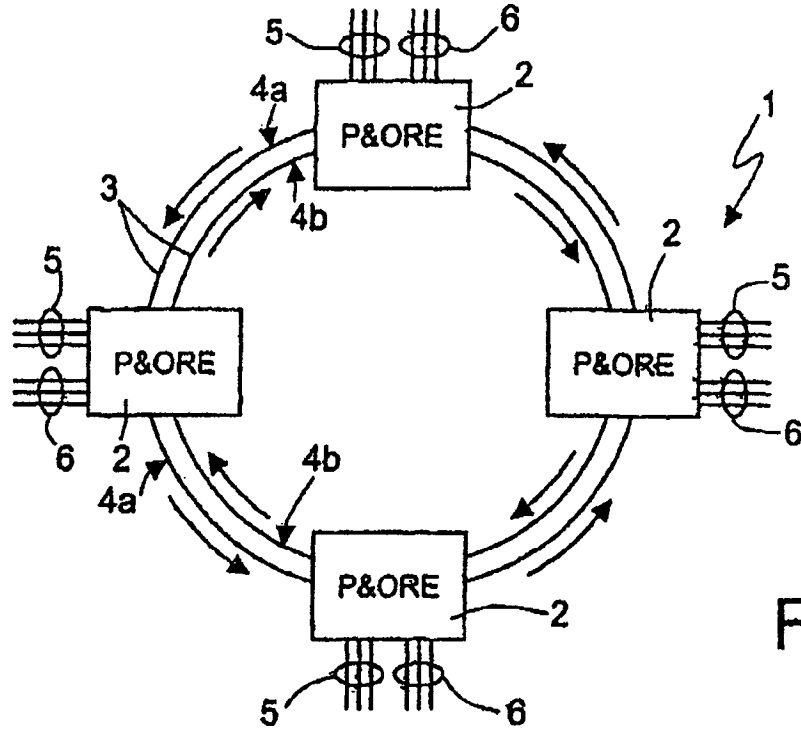


Fig.1

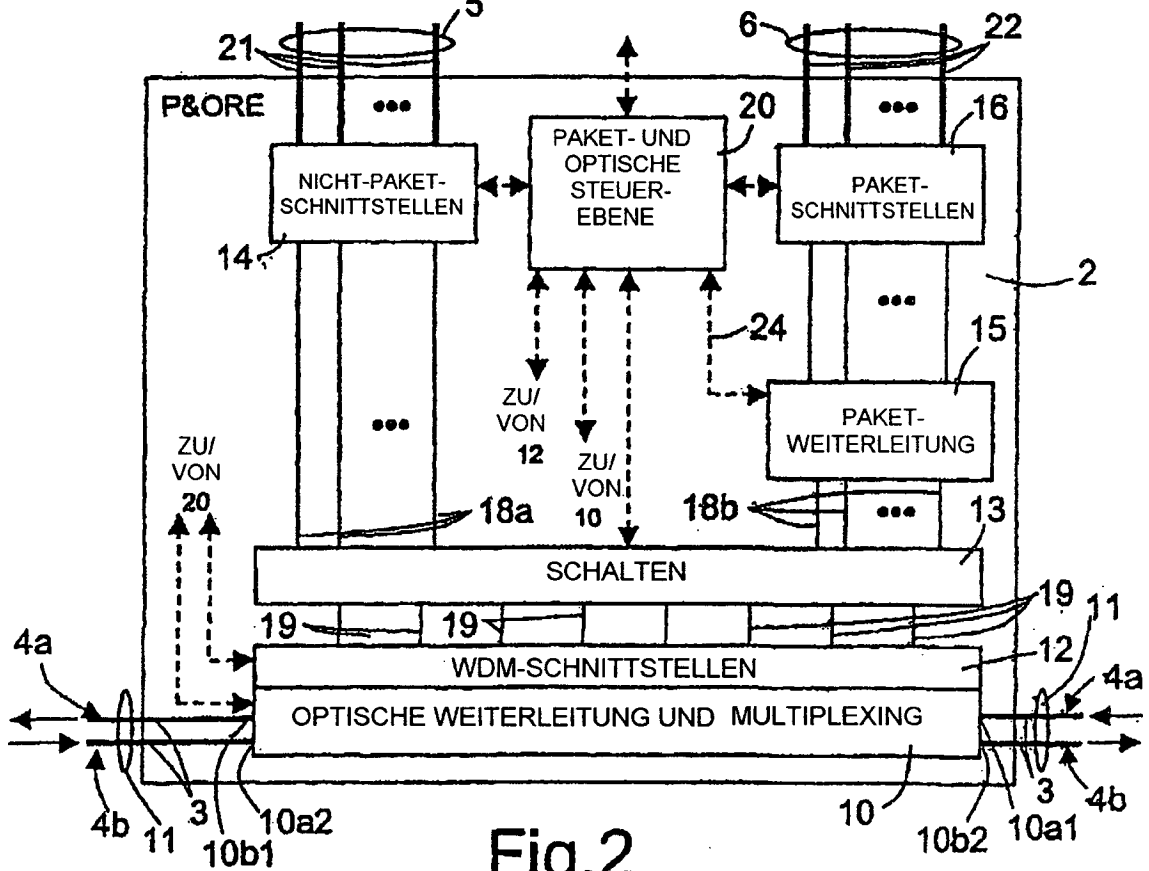


Fig.2

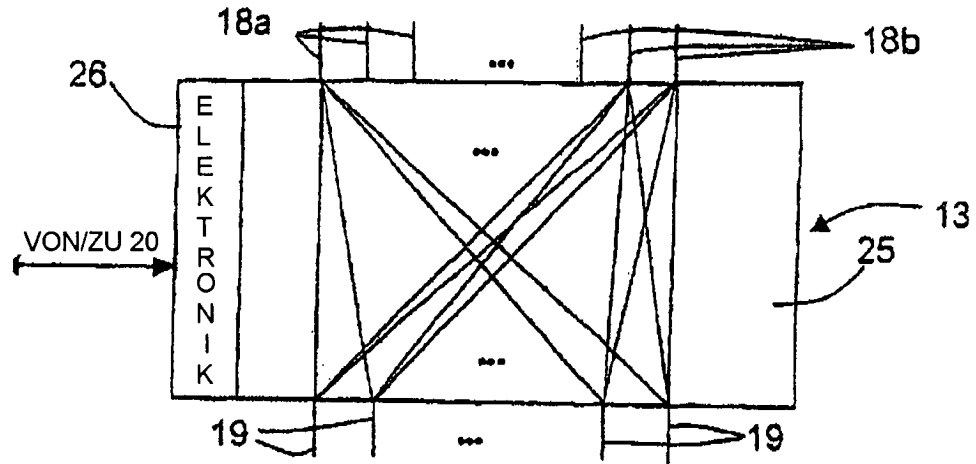


Fig.3

NPI = NICHT-PAKET-SCHNITTSTELLE
 PI = PAKET-SCHNITTSTELLE
 PF = PAKET-WEITERLEITUNG
 PO CP = PAKET- UND OPTISCHE
 STEUEREBENE

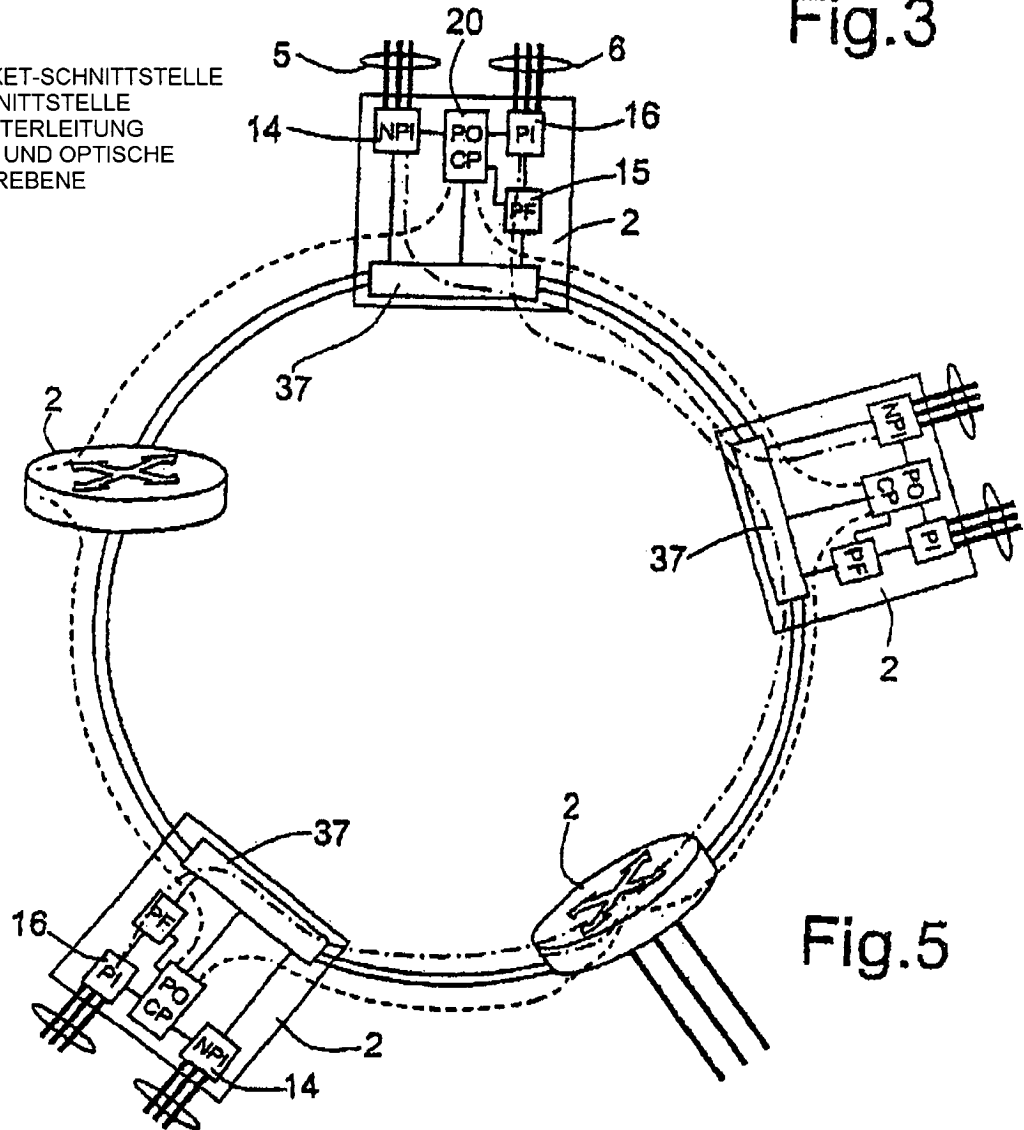


Fig.5

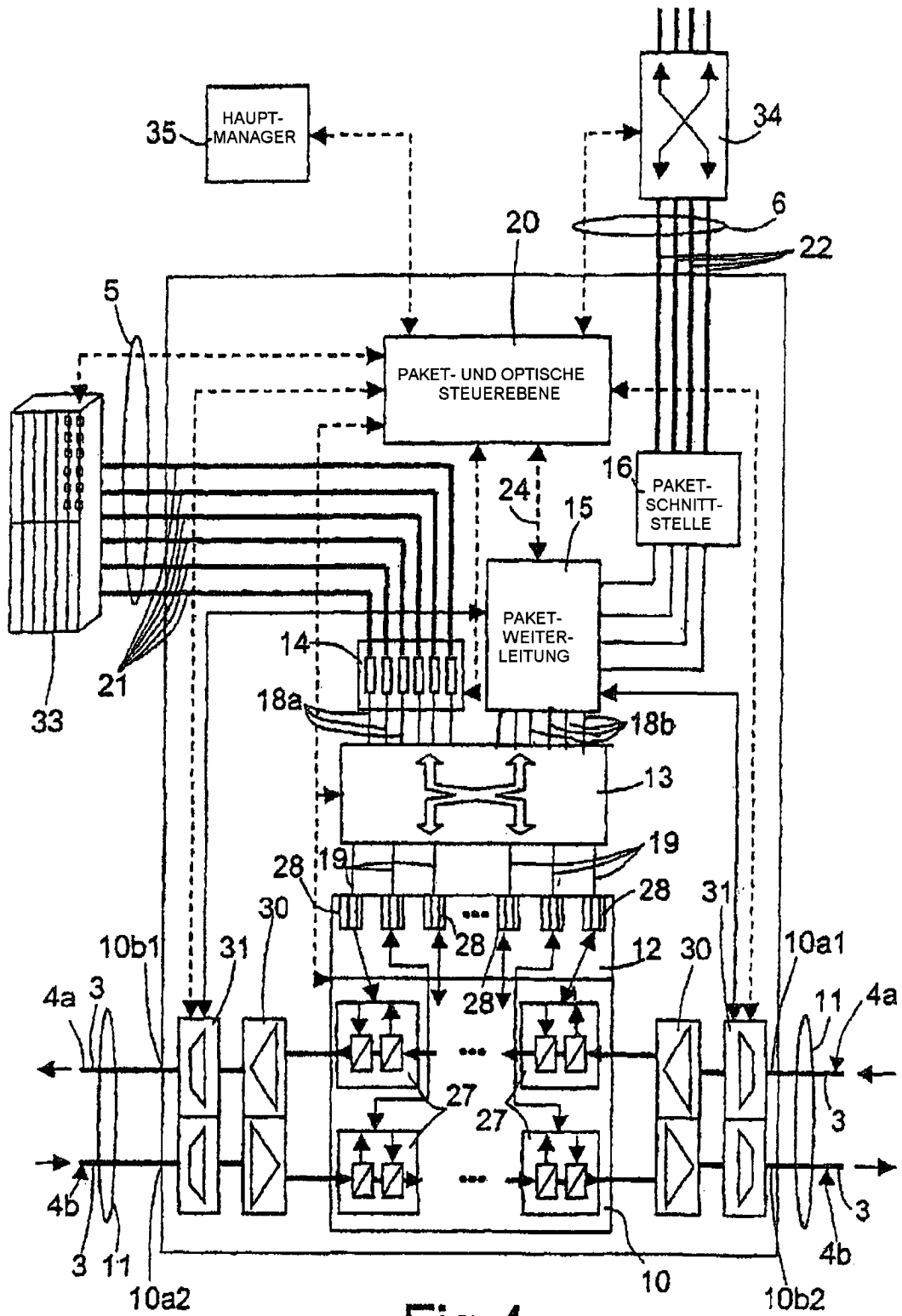


Fig.4

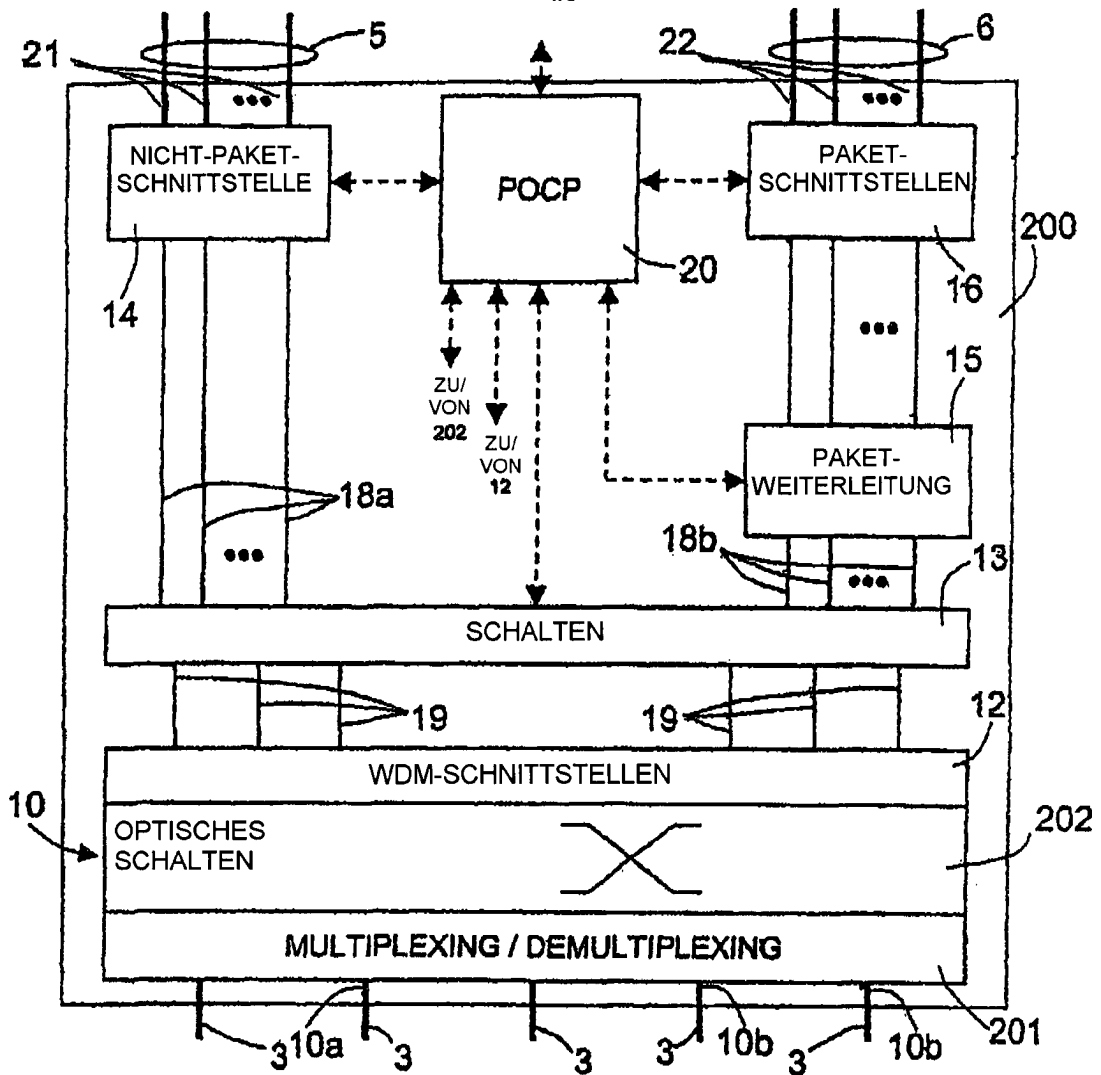


Fig.6

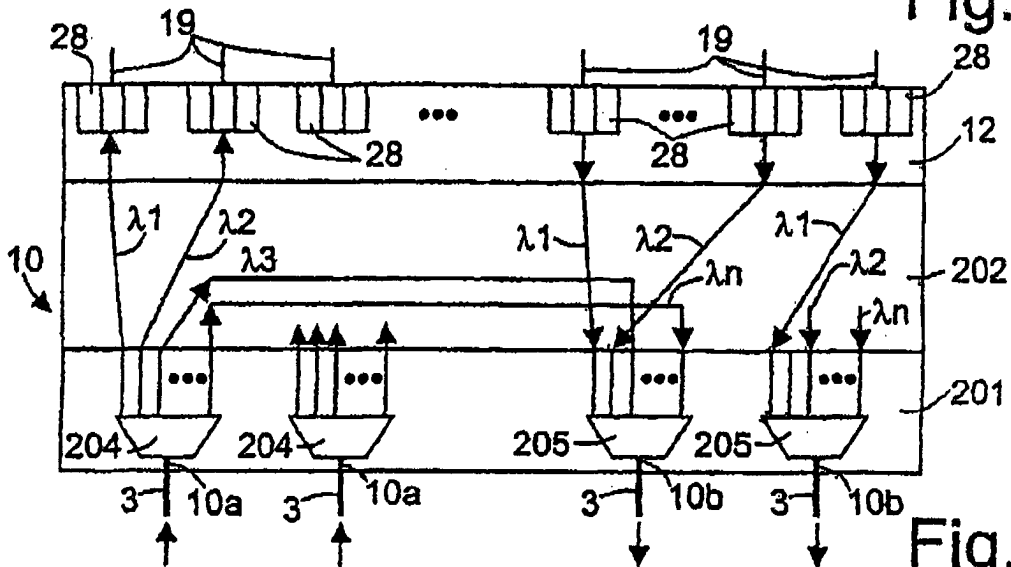


Fig.7

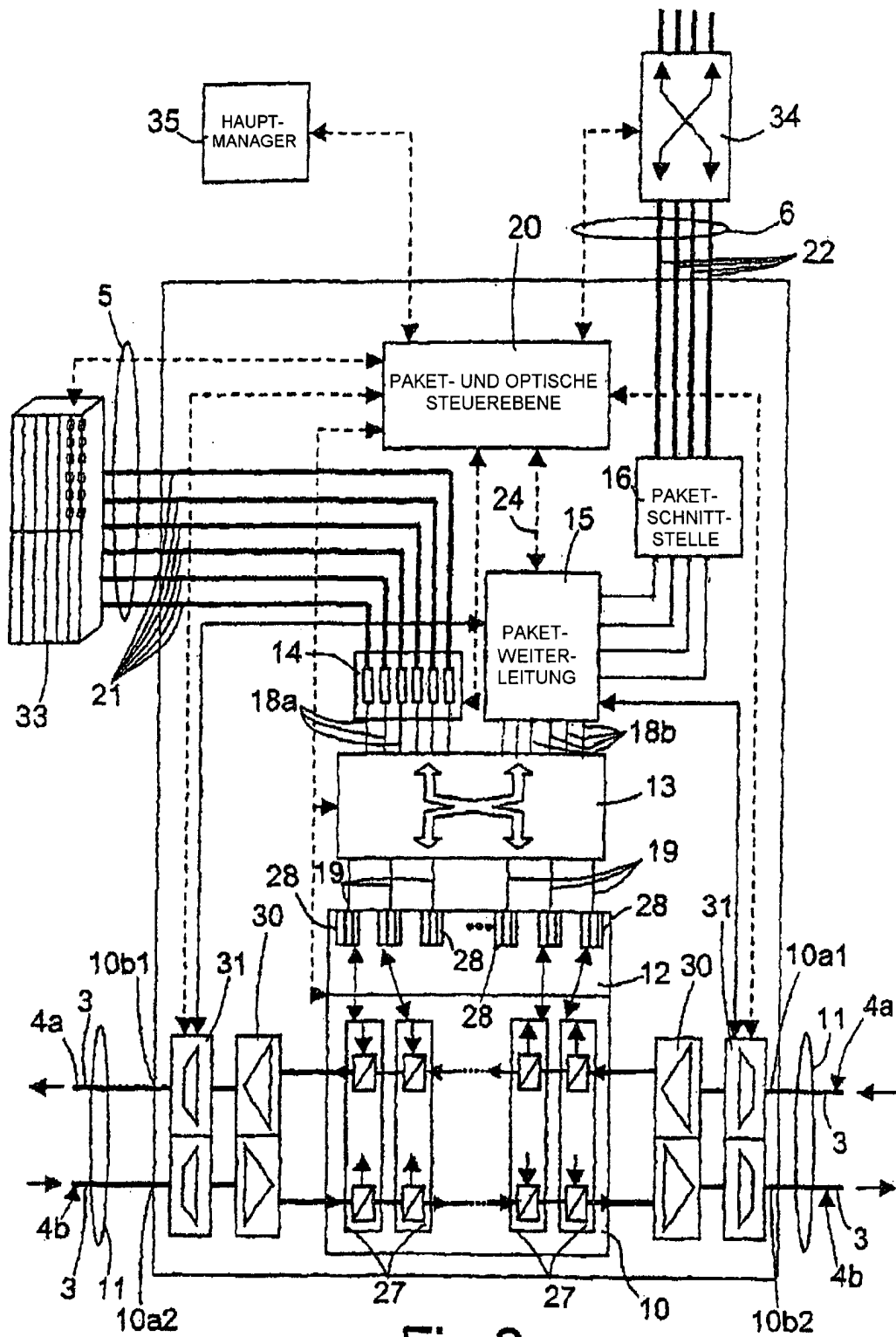


Fig.8