

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. September 2002 (19.09.2002)

PCT

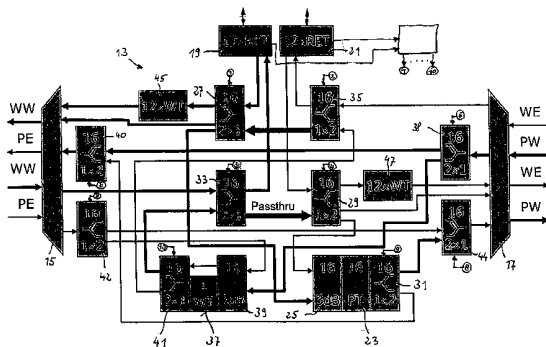
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/073855 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H04J 14/02 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ADVA AG [DE/DE]; Optical Networking, Fraunhoferstrasse 22, 82152 Martinsried (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/00879 (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GROBE, Klaus [DE/DE]; Kestnerstrasse 15, 30159 Hannover (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 12. März 2002 (12.03.2002) (74) Anwalt: EDER & SCHIESCHKE; Elisabethstrasse 34, 80796 München (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
101 12 173.3 12. März 2001 (12.03.2001) DE
101 16 558.7 3. April 2001 (03.04.2001) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SELF-HEALING RING STRUCTURE FOR THE OPTICAL TRANSMISSION OF INFORMATION BY WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING AND CORRESPONDING ADD/DROP-MULTIPLEXER

(54) Bezeichnung: SELBSTTHEILENDE RINGSTRUKTUR ZUR OPTISCHEN NACHRICHTENÜBERTRAGUNG IM WELLENLÄNGENMULTIPLEX UND ADD/DROP-MULTIPLEXER HIERFÜR



(57) Abstract: The invention relates to a self-healing ring structure for the optical transmission of information by wavelength division multiplexing with at least three optical add/drop multiplexers (13) that form one node (I, II, III, IV) each. Every add/drop multiplexer (13) is linked with two neighboring add/drop multiplexers (13) each via two optical waveguides each to give a ring structure. Between the add/drop multiplexers (13) a bi-directional transmission of information is possible, with N useful wavelengths (λ_1 to λ_N) that are different from one another being provided for one or more useful transmitter elements arranged in the add/drop multiplexers (13). M protection wavelengths (λ_{1p} to λ_{Mp}) are provided for the protection transmitter elements arranged in the add/drop multiplexers (13). If the transmission path between two add/drop multiplexers established by the optical waveguides is interrupted, the respective neighboring add/drop multiplexers (13) replace the optical signals that were intended to be transmitted at the respective useful wavelengths (λ_1 to λ_N) via the interrupted point by corresponding signals at one protection wavelength (λ_{1p} to λ_{Mp}) each in the respective opposite sense. The invention further relates to a corresponding self-healing ring structure, whereby the add/drop multiplexer comprises a protection transponder (23) for the optional generation of protection wavelengths and a corresponding number of controlled optical switch units, with which the optical paths of the optical signals that are present in the add/drop multiplexer in a demultiplexed form can be correspondingly interswitched.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Selbstheilende Ringstruktur zur optischen Nachrichtenübertragung im Wellenlängenmultiplex mit wenigstens drei jeweils einen Verkehrsknoten (I, II, III, IV) bildenden optischen Add/Drop-Multiplexern (13), wobei jeder Add/Drop-Multiplexer

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/073855 A2



LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(13) über jeweils zwei Lichtwellenleiter mit jeweils zwei benachbarten Add/Drop-Multiplexern (13) einer Ringstruktur verbunden ist, wobei zwischen den Add/Drop-Multiplexern (13) eine bidirektionale Nachrichtenübertragung durchführbar ist, wobei N voneinander verschiedene Nutz-Wellenlängen (λ_1 bis λ_N) für jeweils ein oder mehrere in den Add/Drop-Multiplexern (13) angeordnete optische Nutz-Sendeelemente vorgesehen sind, wobei M voneinander verschiedene Protection-Wellenlängen (λ_{1P} bis λ_{MP}) für in den Add/Drop-Multiplexern (13) angeordnete Protection-Sendeelemente vorgesehen sind, und wobei im Fall einer Unterbrechung einer durch die Lichtwellenleiter gebildeten Übertragungsstrecke zwischen zwei Add/Drop-Multiplexern die jeweils benachbarten Add/Drop-Multiplexer (13) die optischen Signale, die bei den jeweiligen Nutz-Wellenlängen (λ_1 bis λ_N) über die Unterbrechungsstelle übertragen werden sollten, durch entsprechende Signale bei jeweils einer Protection-Wellenlänge (λ_{1P} bis λ_{MP}) in der jeweils entgegengesetzten Richtung ersetzen. Des Weiteren betrifft die Erfindung einen Add/Drop-Multiplexer (13) zur Realisierung einer derartigen selbstheilenden Ringstruktur, wobei im Add/Drop-Multiplexer ein Protection-Transponder (23) zur bedarfsweisen Erzeugung der Protection-Wellenlängen und eine entsprechende Anzahl von steuerbaren optischen Schaltereinheiten vorgesehen sind, mit denen die optischen Pfade der im Add/Drop-Multiplexer gedemultiplext vorliegenden optischen Signale entsprechend verschaltbar sind.

Selbsteilende Ringstruktur zur optischen Nachrichtenübertragung im Wellenlängenmultiplex und Add/Drop-Multiplexer hierfür

5

Die Erfindung betrifft eine selbstheilende Ringstruktur zur optischen Nachrichtenübertragung im Wellenlängenmultiplex, bei der die Nachrichtenübertragung in einem Ring erfolgt, der durch wenigstens drei optische Add/Drop-Multiplexer gebildet wird, die jeweils über zwei Lichtwellenleiter verbunden sind.

10

In städtischen und regionalen Bereichen werden existierende SDH/SONET-Netze mehr und mehr durch transparente oder semi-transparente optische Netzwerke ersetzt. Derartige Netze müssen einen gewissen Grad von Fehlertoleranz aufweisen. Hierzu wurden selbstheilende Netzstrukturen entwickelt, die zumindest einen auftretenden Fehler tolerieren, beispielsweise die vollständige Unterbrechung der Ringstruktur an einer Stelle. Dies kann beispielsweise durch das Zerstören von Lichtwellenleiterkabeln bei Erdarbeiten erfolgen.

15

20

Bei bekannten selbstheilenden Ringstrukturen können die einzelnen Add/Drop-Multiplexer durch jeweils vier Lichtwellenleiter verbunden sein. Hiervon dient ein Lichtwellenleiterpaar zur Nachrichtenübertragung im optischen Wellenmultiplex, wobei jeweils ein Lichtwellenleiter zur Nachrichtenübertragung in einer Richtung dient. Wird beispielsweise bei Erdarbeiten dasjenige Lichtwellenleiterkabel zerstört, welches sämtliche der vier Lichtwellenleiter umfasst, so kann in jedem der beiden dieser Fehlerstelle benachbarten Add/Drop-Multiplexer derjenige Verkehr, der über die gestörte Lichtwellenleiterverbindung übertragen werden sollte, auf das zweite Lichtwellenleiterpaar aufgeschaltet werden und in der Gegenrichtung übertragen werden. Für diese Übertragung können durch das Verdoppeln der eigentlich erforderlichen Lichtwellenleiterverbindungen die selben Wellenlängen verwendet werden, mit denen die Nachrichten über die gestörte Verbindung übertragen werden sollten. Der Nachteil einer derartigen

25

30

Struktur besteht darin, dass eine Verdopplung der Lichtwellenleiterverbindungen zwischen den einzelnen Netzknoten erforderlich ist. Bei bestehenden Netzen ist dies jedoch in Folge knapper Lichtwellenleiterressourcen häufig nicht möglich.

5 Bei einer anderen bekannten selbstheilenden Ringstruktur sind die einzelnen Netzknoten bzw. Add/Drop-Multiplexer nur durch jeweils zwei Lichtwellenleiter verbunden. Jeweils ein Lichtwellenleiter dient zur Übertragung eines Wellenlänge-Multiplexsignals in einer Richtung. Jeder Add/Drop-Multiplexer sendet das identische Wellenlängen-Multiplexsignal in beiden Richtungen. Der betreffende empfangende Netzknoten bzw.
10 Add/Drop-Multiplexer wählt zwischen den beiden Möglichkeiten des empfangenen Signals aus. Hierdurch kann das Signal von einem Netzknoten zu einem anderen in jedem Fall auch dann übertragen werden, wenn der Ring an einer beliebigen Stelle unterbrochen ist oder eine bestimmte Wellenlänge des Multiplexsignals in der einen Richtung nicht mehr übertragen werden kann, beispielsweise weil das betreffende optische Sendeelement bzw. der betreffende Laser ausgefallen ist.
15

Nachteilig bei dieser Ringstruktur ist jedoch, dass die Übertragungskapazität der Lichtwellenleiter nur mit geringer Effizienz ausgenutzt wird, da eine Wellenlänge vollständig belegt ist, auch wenn diese im Normalfall (kein Fehler bzw. keine Unterbrechung des
20 Rings) nur zur Übertragung eines Signals zwischen zwei benachbarten Netzknoten erforderlich ist.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine selbstheilende Ringstruktur zur optischen Nachrichtenübertragung im Wellenlängenmultiplex zu schaffen, welche lediglich zwei Lichtwellenleiterverbindungen zwischen zwei benachbarten Netzknoten
25 erfordert und bei der eine ausreichende Selbstheilungsfähigkeit (Protection) gewährleistet ist. Des Weiteren liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Add/Drop-Multiplexer zur Realisierung einer derartigen selbstheilenden Ringstruktur zu schaffen.

30 Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 bzw. 7.

Die Erfindung sieht vor, dass zwischen den Netzknoten bzw. Add/Drop-Multiplexern eine bidirektionale Nachrichtenübertragung durch die Verwendung eines Wellenlängen-Multiplexsignals mit N voneinander verschiedenen Nutz-Wellenlängen erfolgt. Die Selbstheilungsfähigkeit wird dadurch erreicht, dass in den Add/Drop-Multiplexern M
5 voneinander verschiedene (und auch gegenüber den Nutz-Wellenlängen verschiedene) Protection-Wellenlängen erzeugt werden können. Im Fall einer Unterbrechung der Übertragungsstrecken zwischen zwei Add/Drop-Multiplexern ersetzen die jeweils dieser Unterbrechung benachbarten Add/Drop-Multiplexer diejenigen optischen Teilsig-
10 nale des gesamten optischen Wellenlängen-Multiplexsignal, die mit den jeweiligen Nutz-Wellenlängen über die Unterbrechungsstelle übertragen werden sollten, durch entsprechende Teilsignale mit jeweils einer Protection-Wellenlänge in der jeweils entgegengesetzten Richtung. Die Anzahl der Nutz-Wellenlängen kann gleich der Anzahl der Protection-Wellenlängen sein. Auch wenn diese Bedingung nicht erfüllt sein sollte,
15 erweist es sich als vorteilhaft, wenn jede Protection-Wellenlänge einer bestimmten Nutz-Wellenlänge zugeordnet ist. Diese Zuordnung kann durch das Vorsehen fester optischer Pfade in den Add/Drop-Multiplexern starr vorgegeben oder aber durch das Vorsehen von lösbaren Lichtwellenleiterverbindungen, z.B. in Form von Patch-Kabeln, flexibel sein.

20 Bei der bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Ringstruktur finden Add/Drop-Multiplexer Anwendung, bei denen in beiden möglichen Senderichtungen identische Nutz-Wellenlängen benutzt werden. Hierdurch ergibt sich eine optimale Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Bandbreite der Lichtwellenleiter.

25 Um ein möglichst einfaches Management der Ringstruktur zu gewährleisten, wird nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ein Signal mit einer Protection-Wellenlänge in jedem Fall über den nicht-gestörten Teil der Ringstruktur bis zu dem der Unterbrechungsstelle benachbarten Add/Drop-Multiplexer übertragen und von diesem
30 in ein entsprechendes Signal mit der ursprünglichen Nutz-Wellenlänge umgesetzt, wel-

ches in der entgegengesetzten Richtung an den Ziel-Netzknotten bzw. Ziel-Add/Drop-Multiplexer übertragen wird.

5 Durch diese Maßnahme muss bei Auftreten eines Fehlers lediglich das Verhalten derjenigen Add/Drop-Multiplexer verändert werden, die auf beiden Seiten der gestörten Übertragungsstrecke liegen.

10 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind die Add/Drop-Multiplexer so ausgebildet, dass der Protection-Mechanismus für vorbestimmbare Nutz-Wellenlängen deaktivierbar ist. Dies ist dann erforderlich, wenn das an einen Add/Drop-Multiplexer angeschlossene Equipment bereits seinerseits eine Protection-Fähigkeit für eine oder mehrere vorbestimmte Wellenlängen aufweist. Ansonsten bestünde in diesem Fall die Gefahr, dass sich die beiden, gegebenenfalls unterschiedlichen Protection-Mechanismen gegenseitig stören.

15 Bei dem Add/Drop-Multiplexer nach der Erfindung findet eine Protection-Transpondereinheit Verwendung, welche ihr zugeführte optische Signale bei jeweils einer Nutz-Wellenlänge in entsprechende optische Signale jeweils einer Protection-Wellenlänge umsetzt. Dabei ist eine Steuereinheit vorgesehen, welche Störungen in
20 einem oder mehreren Signalübertragungswegen für Nutz-Wellenlängen aktiv detektiert oder der ein entsprechendes Fehlersignal zuführbar ist und welche bei Vorliegen einer Störung eine oder mehrere optische Schaltereinheiten (ggf. selektiv) so ansteuert, dass die betreffenden Signale der Protection-Transpondereinheit zugeführt werden.

25 In einer Ausführungsform der Erfindung ist im Add/Drop-Multiplexer eine erste steuerbare Schaltereinheit vorgesehen, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu schaltenden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welche die optischen Add-Signale einer ersten Transceivereinheit entweder der ersten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit oder der Protection-Transpondereinheit zuführt. Die
30 erste steuerbare Schaltereinheit kann dabei so ausgebildet sein, dass ein oder mehrere

optische Passthrough-Signale entweder der ersten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit oder der Protection-Transpondereinheit zugeführt werden.

5 In einer Weiterbildung kann der Add/Drop-Multiplexer nach der Erfindung eine zweite steuerbare Schaltereinheit aufweisen, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu schaltenden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welche die optischen Add-Signale der zweiten Transceivereinheit entweder der zweiten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit oder der Protection-Transpondereinheit 10 zuführt. Auch diese zweite steuerbare Schaltereinheit kann so ausgebildet sein, dass sie der zweiten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit oder der Protection-Transpondereinheit ein oder mehrere optische Passthrough-Signale zuführt.

Die optischen Ausgänge der ersten und zweiten steuerbaren Schaltereinheit können über eine Koppeleinheit mit den optischen Eingängen der Protection-Transpondereinheit 15 verbunden sein. Die Koppeleinheit kann als optische Schaltereinheit, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu koppelnden optischen Signale entsprechend Anzahl von optischen Umschaltern umfasst, oder als optische 2x1-Koppeleinheit, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu koppelnden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen 2x1-Kopplern umfasst, ausgebildet sein.

20 In einer Weiterbildung der Erfindung können die optischen Ausgänge der Protection-Transpondereinheit mit einer dritten steuerbaren optischen Schaltereinheit verbunden sein, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu koppelnden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welche die optischen Ausgangssignale der Protection-Transpondereinheit entweder der ersten oder der zweiten 25 Multiplexer/Demultiplexer-Einheit zuführt.

Die von der ersten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit demultiplexten optischen Signale können einem ersten Eingang einer vierten steuerbaren optischen Schaltereinheit zugeführt sein, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu schaltenden optischen Signale 30

entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welche einen Teil der optischen Signale als optische Drop-Signale der ersten Transceivereinheit und den verbleibenden Teil der optischen Signale als Passthrough-Signale dem Eingang der zweiten Schaltereinheit zuführt.

5

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass unter einem Eingang oder Ausgang einer optischen Schaltereinheit innerhalb des Add/Drop-Multiplexers immer eine Mehrzahl von einzelnen Eingängen oder Ausgängen verstanden wird, wobei jeder einzelne Eingang oder Ausgang, vorzugsweise mittels eines einzigen optischen Umschalters schaltbar ist.

10

Die von der zweiten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit gedemultiplexten optischen Signale können einem ersten Eingang einer fünften steuerbaren optischen Schaltereinheit zugeführt sein, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu schaltenden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welche einen Teil der optischen Signale als optische Drop-Signale der zweiten Transceivereinheit und den verbleibenden Teil der optischen Signale als Passthrough-Signale dem Eingang der ersten Schaltereinheit zuführt.

15

20

Nach der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist in jedem Add/Drop-Multiplexer eine Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit vorgesehen, welche eine Koppeleinheit umfasst, der an einem ersten Eingang die von einer ersten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit gedemultiplexten Signale mit Protection-Wellenlängen und der an einem zweiten Eingang die von einer zweiten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit gedemultiplexten Signale mit Protection-Wellenlängen zugeführt sind. Die Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit setzt zumindest oder ausschließliche die als Passthrough-Signale zu behandelnden Signale bei Protection-Wellenlängen in entsprechende Signale mit Nutz-Wellenlängen um. Sämtliche optischen Ausgangssignale der Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit werden mittels einer sechsten steuerbaren Schaltereinheit, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu schaltenden optischen

25

30

Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst, entweder einem zweiten Eingang der vierten Schaltereinheit oder einem zweiten Eingang der fünften Schaltereinheit zugeführt.

- 5 Auf diese Weise wird das vorstehend erläuterte Rückübersetzen von Protection-Wellenlängen in Nutz-Wellenlängen durchgeführt, das erforderlich ist, wenn lediglich die zwei einer gestörten Übertragungsstrecke benachbarten Add/Drop-Multiplexer im Fehlerfall entsprechend geschwitched werden.
- 10 Die Koppereinheit der Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit kann als optische Schaltereinheit ausgebildet sein, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu koppelnden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst, oder als optische 2x1-Koppereinheit, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu koppelnden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen 2x1-Kopplern umfasst.
- 15 In einer Ausführungsform der Erfindung können die von der ersten und/oder zweiten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit zu multiplexenden optischen Signale von einer ersten und/oder zweiten Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit erzeugt werden, deren optische Ausgänge unmittelbar mit den optischen Eingängen der betreffenden Multiplexer/Demultiplexer-Einheit verbunden sind. Die erste und/oder zweite Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit kann so ausgebildet sein, dass das Vorhandensein der optischen Ausgangssignale bzw. ein ausreichender Sendepiegel detektierbar ist. Dies kann beispielsweise über entsprechende Monitordioden erfolgen. Bei Detektieren eines
- 20 Fehlers übermittelt die erste und/oder zweite Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit ein Fehlersignal an die Steuereinheit. Als Reaktion hierauf kann die Steuereinheit die steuerbaren optischen Schaltereinheiten selektiv so ansteuern, dass für die fehlenden optischen Signale mit Nutz-Wellenlängen jeweils ein optisches Signal mit einer Protection-Wellenlänge der ersten oder zweiten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit zugeführt wird.
- 25
- 30

Nach einer Ausführungsform der Erfindung kann eine siebte steuerbare optische Schaltereinheit (38) vorgesehen sein, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu schaltenden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welcher eingangsseitig die von der zweiten Multiplexer/Demultiplexereinheit gedemultiplexten optischen Signale mit Protection-Wellenlängen (λ_{1p} bis λ_{Mp}) zugeführt sind. Der eine Ausgang der siebten Schaltereinheit (38) ist mit einem Eingang einer achten optischen Schaltereinheit (40) verbunden, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu schaltenden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welche mit ihrem Ausgang mit der ersten Multiplexer/Demultiplexereinheit (15) verbunden ist. Der andere Ausgang der siebten Schaltereinheit (38) ist mit einem Eingang der Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit (37) verbunden. Dem anderen Eingang der achten Schaltereinheit (40) sind die Ausgangssignale der Protection-Transpondereinheit (23) zugeführt.

In gleicher Weise kann eine neunte steuerbare optische Schaltereinheit (42) vorgesehen sein, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu schaltenden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welcher eingangsseitig die von der ersten Multiplexer/Demultiplexereinheit (15) gedemultiplexten optischen Signale mit Protection-Wellenlängen (λ_{1p} bis λ_{Mp}) zugeführt sind. Der eine Ausgang der neunten Schaltereinheit (42) ist mit einem Eingang einer zehnten optischen Schaltereinheit (44) verbunden, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu schaltenden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welche mit ihrem Ausgang mit der zweiten Multiplexer/Demultiplexereinheit (17) verbunden ist. Der andere Ausgang der neunten Schaltereinheit (42) ist mit einem Eingang der Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit (37) verbunden. Dem anderen Eingang der zehnten Schaltereinheit (44) sind die Ausgangssignale der Protection-Transpondereinheit (23) zugeführt.

Weitere Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand in der Zeichnung dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- 5 Fig. 1 schematische Darstellungen einer aus vier Verkehrsknoten bestehenden selbstheilenden Ringstruktur nach der Erfindung im fehlerfreien Fall (Fig. 1a) und im Fall einer vollständigen Leitungsunterbrechung zwischen zwei Verkehrsknoten (Fig. 1b);
- 10 Fig. 2 eine erste Ausführungsform eines Add/Drop-Multiplexers nach der Erfindung und
- Fig. 3 eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Add/Drop-Multiplexers.
- 15 Die in Fig. 1a dargestellte selbstheilende Ringstruktur 1 besteht aus vier Verkehrsknoten I bis IV, welche über jeweils ein Lichtwellenleiterpaar 3 ringförmig verbunden sind. Aus Gründen der Einfachheit ist jeder Verkehrsknoten in Fig. 1a so ausgebildet, dass an jedem Knoten nur eine einzige Client-Einheit 5, 7, 9 und 11 angeschlossen ist. Jede Client-Einheit führt dem betreffenden Verkehrsknoten, der durch einen optischen
- 20 Add/Drop-Multiplexer gebildet ist, ein optisches Signal zu, welches zu einem anderen Verkehrsknoten bzw. einer damit verbundenen Client-Einheit übertragen werden soll. In gleicher Weise empfängt jede Client-Einheit ein entsprechendes optisches Signal von dem betreffenden anderen Verkehrsknoten bzw. der damit verbundenen Client-Einheit, so dass sich zwischen jeweils zwei Client-Einheiten eine bidirektionale Verkehrsbeziehung ergibt. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die am Verkehrsknoten I ange-
- 25 geschlossene Client-Einheit 5 bidirektional mit der am Verkehrsknoten IV verbundenen Client-Einheit 11 verbunden. In entsprechender Weise ist die am Verkehrsknoten II angeschlossene Client-Einheit 7 mit der am Verkehrsknoten III angeschlossenen Client-Einheit 9 verbunden. Der Begriff Client-Einheit umfasst dabei sämtliche beliebigen
- 30 Einheiten, die dem betreffenden Verkehrsknoten bzw. Add/Drop-Multiplexer ein opti-

5 sches oder elektrisches Signal (je nach Ausbildung der Schnittstelle im Add/Drop-Multiplexer) zuführen können. Hierbei kann es sich auch bereits um ein optisches Wellenlängen-Multiplex-Signal handeln, so dass zwischen zwei eine Verkehrsbeziehung unterhaltende Client-Einheiten eine Übertragung auf mehreren Wellenlängen-Kanälen erfolgen kann.

10 Die Zuordnung der Verkehrsbeziehungen zu den das Lichtwellenleiterpaar 3 bildenden Lichtwellenleitern erfolgt vorzugsweise derart, dass ein Lichtwellenleiter nur Signale in einer Richtung überträgt und der jeweils andere Lichtwellenleiter Signale in der Gegenrichtung. Auf diese Weise werden Probleme mit Reflexionen vermieden, die bei der Verwendung derselben Wellenlänge in beiden Richtungen auf einem Lichtwellenleiter zu einer Beeinträchtigung der Übertragungsqualität führen können.

15 Der Einfachheit halber sei angenommen, dass die Signale der Client-Einheiten 5 und 11 innerhalb der Ringstruktur 1 in beiden Richtungen mit den Nutz-Wellenlängen λ_1 und die Signale der Client-Einheiten 7 und 9 mit den Nutz-Wellenlängen λ_2 übertragen werden. Diese Signale sind in den Figuren 1a und 1b durchgezogen dargestellt.

20 Während in Fig. 1a der ungestörte Betriebsfall dargestellt ist, wird im Folgenden anhand Fig. 1b der Betriebsfall bei einer vollständigen Unterbrechung der Verkehrsbeziehungen zwischen den Knoten I und IV erläutert.

25 Der in Fig. 1b dargestellte Fall kann in der Praxis beispielsweise dadurch entstehen, dass bei Erdarbeiten ein Lichtwellenleiterkabel vollständig zerstört wird, in dem beide Lichtwellenleiter, die die Verkehrsknoten I und IV verbinden, enthalten sind.

30 Dieser Fehlerfall kann in den Verkehrsknoten dadurch detektiert werden, dass ein entsprechender Detektor, beispielsweise ein optisches Empfangselement den Fall "Loss of Light" detektiert. In den der Fehlerstelle benachbarten Verkehrsknoten werden dann durch das Auslösen entsprechender Schaltvorgänge diejenigen Signale mit Nutz-

Wellenlängen, die im ungestörten Fall über die Fehlerstelle hinweg zu übertragen sind, durch entsprechende Signale auf Protection-Wellenlängen im ungestörten Teil der ringförmigen Struktur 1 ersetzt. Im dargestellten Fall muss somit das Wellenlängen-Multiplex-Signal, welches die Teilsignale mit den Nutz-Wellenlängen λ_1 und λ_2 umfasst, jeweils durch ein entsprechendes Multiplexsignal bei Protection-Wellenlängen λ_{1p} und λ_{2p} ersetzt werden. Hierzu müssen ganz allgemein so viele Protection-Wellenlängen vorgesehen werden, wie im Fehlerfall entsprechende Nutz-Wellenlängen ersetzt werden müssen.

Selbstverständlich dürfen die Protection-Wellenlängen nicht mit den Nutz-Wellenlängen übereinstimmen, da die optischen Teilsignale mit den Protection-Wellenlängen auf ein und demselben Lichtwellenleiter übertragen werden müssen, auf dem gegebenenfalls bereits ein Nutzsignal mit entsprechenden Nutz-Wellenlänge übertragen wird.

Ganz allgemein setzt sich das auf einem Lichtwellenleiter übertragene Multiplexsignal somit aus einem (Teil-) Multiplexsignal mit M Protection-Wellenlängen und einem (Teil-) Multiplexsignal mit N Nutz-Wellenlängen zusammen.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Fall wird in den Verkehrsknoten I und IV bzw. den betreffenden Add/Drop-Multiplexern der Fehler detektiert. Daraufhin wird im Verkehrsknoten I ein Schaltvorgang ausgelöst, der bewirkt, dass anstelle des Signals mit der Wellenlänge λ_1 in direkter Richtung auf den Verkehrsknoten IV ein Protection-Signal mit der Protection-Wellenlänge λ_{1p} in der Gegenrichtung gesendet wird. Die Protection-Signale sind in Fig. 1b punktiert dargestellt.

Das vom Verkehrsknoten I gesendete Protection-Signal mit der Wellenlänge λ_{1p} wird von den Verkehrsknoten II und III als Passthrough-Signal durchgeschleift und vom Verkehrsknoten IV empfangen. Der Verkehrsknoten IV, der den Fehler ebenfalls detektiert hat, erkennt, dass der Client-Einheit 11 anstelle des im fehlerfreien Fall erwarteten

Signals mit der Wellenlänge λ_1 das Protection-Signal mit der Wellenlänge λ_{1p} zugeführt werden muss. Ein Umsetzen der Wellenlänge ist hier in der Regel nicht erforderlich, da optische Empfangselemente in der Praxis eine breite Empfangscharakteristik aufweisen.

- 5 In gleicher Weise wird vom Verkehrsknoten IV anstelle eines direkt zum Verkehrsknoten I gesendeten Signals mit der Wellenlänge λ_1 ein Protection-Signal mit der Wellenlänge λ_{1p} in umgekehrter Richtung zum Verkehrsknoten I gesandt.

10 Auf diese Weise wird die gestörte direkte Übertragung zwischen den Verkehrsknoten I und IV durch eine Übertragung bei der Protection-Wellenlänge λ_{1p} über die Verkehrsknoten II und III ersetzt.

15 Die Signalübertragung zwischen den Client-Einheiten 7 und 9 wird auf analoge Weise durchgeführt. Anstelle eines Signals über den in Fig. 1a dargestellten Weg wird das Signal der Wellenlänge λ_2 vom Verkehrsknoten I in ein Signal der Protection-Wellenlänge λ_{2p} umgesetzt und über den Verkehrsknoten II und den Verkehrsknoten III dem Verkehrsknoten IV zugeführt. Der Verkehrsknoten IV setzt das empfangene Signal der Protection-Wellenlänge λ_{2p} wieder in ein entsprechendes Signal mit der Nutz-Wellenlänge λ_2 um und führt dieses dem Verkehrsknoten III zu, der das empfangene
20 Signal der Client-Einheit 9 zuleitet. Die Übertragung von der Client-Einheit 9 über Client-Einheit 7 erfolgt in umgekehrter Weise.

25 Das Zuführen der einzelnen Signale bis zu den Verkehrsknoten I bzw. IV, die der eigentlichen Fehlerstelle benachbart sind, bringt den Vorteil mit sich, dass lediglich in diesen, der Fehlerstelle benachbarten Verkehrsknoten entsprechende Schaltvorgänge ausgelöst werden müssen. Die übrigen Verkehrsknoten verbleiben in ihrer Grundstellung und müssen daher keine Kenntnis vom Ort und der Beschaffenheit der Fehlerstelle haben. Sie müssen lediglich so ausgelegt sein, dass entsprechende Protection-Signale durchgeschleift werden können. Insgesamt betrachtet ergibt sich hierdurch ein sehr

einfaches Management für die selbstheilende Ringstruktur, da lediglich die einer Fehlerstelle benachbarten Verkehrsknoten in geeigneter Weise reagieren müssen.

5 Fig. 2 zeigt einen Add/Drop-Multiplexer 13, mit dem eine vorstehend erläuterte selbstheilende Ringstruktur realisiert werden kann. Der Add/Drop-Multiplexer umfasst zwei Multiplexer/Demultiplexer-Einheiten 15, 17, welche jeweils ein ankommendes optisches Wellenlängen-Multiplexsignal in die einzelnen optischen Teilsignale bei den entsprechenden (Nutz- und Protection-) Wellenlängen demultiplexen bzw. welche ihr
10 zugeführte optische Teilsignale vorbestimmter (Nutz- und Protection-) Wellenlängen zu einem optischen Wellenlänge-Multiplexsignal multiplexen. Entsprechende Multiplexer können z.B. als AWG's (Arrayed Waveguide Gratings) ausgebildet sein.

Des Weiteren umfasst die Multiplexer/Demultiplexer-Einheit 13 eine Transceivereinheit 19 für die West-Seite und eine weitere Transceivereinheit 21 für die Ost-Seite des
15 Add/Drop-Multiplexers. Die Transceivereinheiten 19, 21 erzeugen im dargestellten Ausführungsbeispiel jeweils 12 optische Teilsignale mit vorbestimmten, unterschiedlichen Nutz-Wellenlängen λ_1 bis λ_{12} . In gleicher Weise sind die Transceivereinheiten 19, 21 dafür ausgelegt, 12 optische Signale mit den Nutz-Wellenlängen λ_1 bis λ_{12} zu empfangen. In den Transceivern 19, 21 kann eine Umwandlung in elektrische Signale und
20 eine entsprechende Signalaufbereitung und/oder Signalverarbeitung erfolgen.

Der Begriff Transceiver soll dabei auch reine Signal-Transponder umfassen, in denen lediglich eine Umsetzung optischer Signale erfolgt, beispielsweise von einer Wellenlänge auf eine andere, bzw. von breitbandigen optischen Eingangssignalen (in Richtung
25 zum Add/Drop-Multiplexer) auf optische schmalbandige Signale. Den Transceivern 19, 21 können somit elektrische oder optische Signale von maximal 12 unterschiedlichen Client-Einheiten zugeführt werden, denen jeweils ein (Wellenlängen-) Kanal zugeordnet werden kann.

Der Add/Drop-Multiplexer gemäß Fig. 2 umfasst des Weiteren eine Protection-Transpondereinheit 23, die, im dargestellten Ausführungsbeispiel, maximal 16 optische Signale mit Nutz-Wellenlängen λ_1 bis λ_{16} in entsprechende optische Signale mit Protection-Wellenlängen λ_{1p} bis λ_{16p} umsetzt. Der Protection-Transpondereinheit 23 ist eine Koppereinheit 25 vorgeschaltet, die zwei optische Eingänge zu einem einzigen Ausgang zusammenfasst, welcher mit dem Eingang der Protection-Transpondereinheit verbunden ist. Dabei besteht jeder Eingang und jeder Ausgang aus insgesamt 16 Teileingängen bzw. Teilausgängen, wobei jeweils zwei Teileingänge zu einem optischen Teilausgang zusammengefasst werden. Die Koppereinheit 25 kann beispielsweise aus 16 einzelnen optischen 2x1-Kopplern bestehen. Koppelverluste von jeweils 3 dB sind hierbei akzeptabel, da die empfangene optische Leistung durch die nachgeschaltete Protection-Transpondereinheit ohnehin verstärkt wird. Selbstverständlich kann die Koppereinheit 25 jedoch auch als optische Schaltereinheit ausgebildet sein, welche eine entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern aufweist. Jeder Umschalter schaltet dabei jeweils einen der beiden korrespondierenden 16 optischen Teileingänge auf den betreffenden optischen Teilausgang.

Die Eingänge der Koppereinheit 25 sind jeweils mit optischen Ausgängen von Schaltereinheiten 27 bzw. 29 verbunden, welche wiederum 16 einzelne optische Schalter aufweisen, die als Umschalter ausgebildet sind. Den Schaltereinheiten 27, 29 sind jeweils die maximal 12 optischen Sendesignale der Transceivereinheiten 19 bzw. 21 zugeführt. Darüber hinaus sind den Schaltereinheiten 27, 29 jeweils vier weitere optische Passthrough-Signale zugeführt. Die optischen Schaltereinheiten 27, 29 schalten daher die maximal 16 ihr zugeführten optischen Signale entweder auf die Multiplexer/Demultiplexer-Einheit 15 bzw. 17 oder auf den Eingang der Koppereinheit 25.

Der Protection-Transpondereinheit 23 ist eine weitere optische Schaltereinheit 31 nachgeschaltet, die wiederum 16 einzelne optische Umschalter umfassen kann. Der optische Eingang der Schaltereinheit 31 ist auf diese Weise mit einem der beiden optischen Ausgänge (die Ein- und Ausgänge bestehen wiederum aus 16 einzelnen Teilein- bzw. -

ausgängen) verbindbar. Der eine optische Ausgang ist dabei mit der westseitigen und der andere optische Ausgang mit ostseitigen Multiplexer/Demultiplexer-Einheit verbunden.

5 Die Verbindung erfolgt jeweils über eine Schaltereinheit 40 bzw. 44, die wiederum 16 einzelne optische Umschalter umfassen können, wobei der optische Ausgang der Schaltereinheit 31 mit jeweils einem von zwei Eingängen der Schaltereinheit 40 bzw. 44 verbunden ist.

10 Darüber hinaus umfasst der Add/Drop-Multiplexer 13 zwei weitere optische Schaltereinheiten 33, 35, welche wiederum aus 16 einzelnen optischen Umschaltern bestehen können. Die optischen Schaltereinheiten 33, 35 weisen jeweils zwei optische Eingänge bzw. zwei Sätze von jeweils 16 optischen Teileingängen auf, wobei der eine Satz von 16 optischen Teileingängen mit den optischen Pfaden verbunden ist, denen die betref-

15 fende optische Multiplexer/Demultiplexer-Einheit 15 bzw. 17 die gedemultiplexten optischen Signale mit den 16 Nutz-Wellenlängen λ_1 bis λ_{16} zuführt.

Jeweils 12 Pfade des optischen Ausgangs der optischen Schaltereinheiten 33, 35 sind der betreffenden Transceiver-Einheit 19 bzw. 21 zugeführt. Die verbleibenden optischen

20 Signale mit den Nutz-Wellenlängen λ_{13} bis λ_{16} werden auf jeweils vier optischen Pfaden als Passthrough-Signale dem Eingang bzw. den betreffenden vier Teileingängen der optischen Schaltereinheiten 27, 29 zugeführt.

Schließlich umfasst der Add/Drop-Multiplexer 13 eine Nutz-Wellenlängen-

25 Transpondereinheit 37, welche im dargestellten Ausführungsbeispiel insgesamt vier Protection-Signale mit entsprechenden Protection-Wellenlängen λ_{1p} bis λ_{16} in vier entsprechende Signale mit Nutz-Wellenlängen λ_{13} bis λ_{16} umsetzen kann.

Die Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit 37 umfasst eingangsseitig eine Kopperein-

30 heit 39, die wiederum zwei Eingänge aufweist. Dem einen Eingang sind die 16 von der

Multiplexer/Demultiplexer-Einheit 15 gedemultiplexten Teilsignale mit Protection-Wellenlängen λ_{1p} bis λ_{16} zuführbar und dem anderen Eingang die von der Multiplexer/Demultiplexer-Einheit 17 gedemultiplexten optischen Protection-Signale mit den Protection-Wellenlängen λ_{1p} bis λ_{16p} . Das Zuführen der Signale mit Protection-Wellenlängen erfolgt jeweils über weitere steuerbare optische Schaltereinheiten 38 bzw. 42, wobei den Schaltereinheiten 38 bzw. 42 eingangsseitig von der Multiplexer/Demultiplexereinheit 17 bzw. 15 jeweils die gedemultiplexten Signale mit Protection-Wellenlängen zugeführt sind. Die Schaltereinheiten 38, 42 umfassen vorzugsweise 16 einzelne steuerbare optische Schalter. Die jeweils anderen Ausgänge der Schaltereinheiten 38 bzw. 40 sind mit weiteren Eingängen der Schaltereinheiten 40 bzw. 44 verbunden. Auf diese Weise können Protection-Signale durch den Add/Drop-Multiplexer, abgesehen von einer geringen Signaldämpfung, unverändert durchgeschleift werden.

Ausgangsseitig weist die Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit 37 eine weitere optische Schaltereinheit 41 auf, welche die 12 optischen Teilsignale mit Protection-Wellenlängen und die vier optischen Teilsignale, die auf Nutz-Wellenlängen umgesetzt wurden, entweder dem zweiten Eingang der Schaltereinheit 33 oder dem zweiten Eingang der Schaltereinheit 35 zuführt.

Schließlich umfasst der Add/Drop-Multiplexer 13 eine Steuereinheit 43, welche die optischen Schaltereinheiten 27, 29, 33, 35, 31 und 41, wie nachstehend erläutert, ansteuert.

Im Folgenden wird die Funktionsweise des Add/Drop-Multiplexers nach Fig. 2 näher erläutert:

Detektiert die Steuereinheit 43 keinen Fehler innerhalb oder außerhalb des Add/Drop-Multiplexers, beispielsweise durch Abfrage der ihr zugeführten Signale der Transceiver-einheiten 19, 21, ob auf einer Seite des Add/Drop-Multiplexers ein "Loss of Light"

vorliegt, so steuert die Steuereinheit 43 die steuerbaren optischen Schaltereinheiten 27, 29, 33, 35, 31 und 41 in den Normalzustand (dieser ist in den Fig. 2 und 3 durch die Doppelstriche in den Schaltersymbolen angedeutet). In diesem wird das von Westen empfangene und gedemultiplexten Nutzsignal mit den Nutz-Wellenlängen λ_1 bis λ_{16} der Schaltereinheit 33 zugeführt. Von den 16 Empfangssignalen werden 12 Signale als Drop-Signale der Transceivereinheit 19 zugeführt und die verbleibenden vier Signale als Passthrough-Signale der Schaltereinheit 29. Die Schaltereinheit 29 erhält an ihrem Eingang des Weiteren die 12 Add-Signale von der Transceivereinheit 21. Über den Ausgang der Schaltereinheit 29 werden die insgesamt 16 Signale mit Nutz-Wellenlängen λ_1 bis λ_{16} der ostseitigen Multiplexer/Demultiplexer-Einheit 17 zugeführt. Diese multiplext die 16 optischen Signale zu einem optischen Wellenlänge-Multiplexsignal, welches in ostseitiger Richtung dem betreffenden Lichtwellenleiter zugeführt wird. In gleicher Weise wird das von Osten empfangene optische Wellenlängen-Multiplexsignal von der Multiplexer/Demultiplexer-Einheit 17 gedemultiplext und der optischen Schaltereinheit 35 zugeführt. Diese führt wiederum 12 Signale als Drop-Signale der Transceivereinheit 21 zu. Die verbleibenden vier Signale mit Nutz-Wellenlängen werden als Passthrough-Signale der optischen Schaltereinheit 27 zugeführt. Dem optischen Eingang dieser Schaltereinheit 27 werden des Weiteren von der Transceivereinheit 19 12 optische Signale mit Nutz-Wellenlängen als Add-Signale zugeführt. In der normalen Arbeitsweise des Add/Drop-Multiplexers führt die Schaltereinheit 27 die an ihrem Eingang anliegenden 16 optischen Signale der optischen Multiplexer/Demultiplexer-Einheit 15 zu, welche diese zu einem optischen Wellenlängen-Multiplexsignal multiplext und dem betreffenden Lichtwellenleiter als abgehendes Nutzsignal WW zuzuführt.

25

Falls an einer Stelle im Ring, welcher der Add/Drop-Multiplexer 13 nicht benachbart ist, eine Unterbrechung vorliegt, so erhält dieser von der Westseite ein Protection-Signal PE. Dieses wird üblicherweise in demselben Lichtwellenleiter geführt, in dem auch das ankommende Nutzsignal WW geführt wird. In diesem Fall wird dem optischen Multiplexer/Demultiplexer 15 somit ein optisches Wellenlänge-Multiplex-Signal zugeführt,

30

das maximal 16 Teilsignale mit Nutz-Wellenlängen und 16 Teilsignale mit Protection-Wellenlängen umfasst.

5 Nach dem Demultiplexen der optischen Signale mit Protection-Wellenlängen werden diese der Koppeleinheit 39 und der Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit 37 zugeführt. Die durch den Add/Drop-Multiplexer 13 durchzuschleifenden Signale mit Protection-Wellenlängen werden von der Multiplexer/Demultiplexer-Einheit 15 gedemultiplext und der steuerbaren optischen Schaltereinheit 42 eingangsseitig zugeführt. Im Normalbetrieb des Add/Drop-Multiplexers 13 ist die Schalterstellung der einzelnen
10 Schalter der Schaltereinheit 42 so gewählt, dass die Teilsignale mit den Protection-Wellenlängen λ_{1p} bis λ_{16p} dem entsprechenden Eingang der optischen Schaltereinheit 44 zugeführt werden. Durch eine entsprechende Ansteuerung der Schaltereinheit 44 im Normalbetrieb des Add/Drop-Multiplexers 13 werden die Protection-Signale der Multiplexer/Demultiplexer-Einheit 17 zugeführt, von dieser gemultiplext und als abgehendes
15 Protection-Multiplexsignal PW dem betreffenden Ost-seitigen Lichtwellenleiter zugeführt.

In gleicher Weise wird das der Multiplexer/Demultiplexer 17 zugeführte Protection-Signal PW im Normalbetrieb des Add/Drop-Multiplexers durchgeschleift. Die gedemultiplexten Teilsignale werden der Schaltereinheit 38 zugeführt, die im Normalbetrieb
20 so geschaltet ist, dass die Teilsignale dem betreffenden Eingang der Schaltereinheit 40 zugeführt werden. Die Schaltereinheit 40 ist im Normalbetrieb des Add/Drop-Multiplexers 13 so geschaltet, dass die gedemultiplexten Teilsignale der Multiplexer/Demultiplexer-Einheit 15 zugeführt werden. Das gedemultiplexten Protection-Signal
25 PE wird westseitig dem betreffenden Lichtwellenleiter zugeführt.

Im Folgenden wird nunmehr das Verhalten des Add/Drop-Multiplexers 13 bei einer ostseitigen Unterbrechung der Übertragungstrecken näher beschrieben:

Das westseitig zugeführte Nutz-Signal WW wird nach dem Demultiplexen der optischen Schaltereinheit zugeführt, die in die Stellung wie im Normalbetrieb gesteuert ist. Die zu droppenden Signale werden der Transceivereinheit 19 zugeführt. Die vier Passthrough-Signale werden zusammen mit den Add-Signalen, die von der Transceivereinheit 21 erzeugt werden, der Schaltereinheit 29 zugeführt. Da die Steuereinheit 43 einen "Loss of Light" auf der Ostseite festgestellt hat, steuert diese die Schaltereinheit 29 in die zweite Schalterstellung "Fehler Ost", wodurch die 16 Teilsignale der Koppereinheit 25 und damit der Protection-Transpondereinheit 23 zugeführt werden. Die betreffenden Teilsignale werden somit auf betreffende Protection-Wellenlängen umgesetzt. Die so erzeugten Protection-Signale werden der Schaltereinheit 32 zugeführt, die von der Steuereinheit 43 so angesteuert wird, dass die Teilsignale über den betreffenden Ausgang der Schaltereinheit 40 zugeführt werden.

Auch die Schaltereinheit 40 wird von der Steuereinheit 43 aus der Stellung "Normalbetrieb" in die Stellung "Fehler Ost" gesteuert, so dass die Protection-Teilsignale der Multiplex/Demultiplex-Einheit 15 zugeführt und von dieser gemultiplext und als Protection-Multiplexsignal PE dem betreffenden westseitigen Lichtwellenleiter zugeführt werden.

Da bei einer ostseitigen Unterbrechung der Übertragungsstrecken von dem Add/Drop-Multiplexer auf der anderen Seite der Unterbrechung ebenfalls Protection-Signale erzeugt werden, erhält der gerade betrachtete Add/Drop-Multiplexer ein westseitig ankommendes Protection-Signal PE. Dieses wird wiederum von der Multiplexer/Demultiplexer-Einheit 15 gedemultiplext und der Schaltereinheit 42 zugeführt. Diese wird von der Steuereinheit 43 in die Stellung "Fehler Ost" gesteuert, wodurch die betreffenden Protection-Teilsignale der Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit 37 zugeführt werden. Wie bereits erläutert, werden von der Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit 37 nur die vier Protection-Teilsignale auf Nutz-Wellenlängen umgesetzt, die im Add/Drop-Multiplexer 13 nicht gedroppt werden. Sämtliche optischen Teilsignale werden durch eine entsprechende Ansteuerung der Schaltereinheit 41 der Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit 37 der Schaltereinheit 35 zugeführt. Diese wird

von der Steuereinheit 43 in die Schaltstellung "Fehler Ost" gesteuert. Entsprechend werden die zu droppenden Teilsignale der Transceivereinheit 21 zugeführt. Wie bereits erläutert, ist hier eine Umsetzung der Protection-Wellenlängen nicht erforderlich, da die optischen Empfangselemente entsprechend breitbandig ausgebildet sind. Die auf Nutz-Wellenlängen umgesetzten optischen Teilsignale gelangen als Passthrough-Signale zur Schaltereinheit 27 und werden von dieser zusammen mit den 12 Add-Signalen, die von der Transceivereinheit 19 erzeugt werden, der Multiplex/Demultiplex-Einheit 15 zugeführt. Die Schaltereinheit 27 ist hierzu von der Steuereinheit 43 nach wie vor in die Schaltstellung "Normalbetrieb" gesteuert. Die Teilsignale werden wiederum von der Multiplex/Demultiplex-Einheit 15 gemultiplext und als Multiplexsignal WW dem betreffenden westseitigen Lichtwellenleiter zugeführt.

Das Verhalten des Add/Drop-Multiplexers 13 bei einer westseitigen Unterbrechung ergibt sich analog: Das der Multiplex/Demultiplex-Einheit zugeführte Nutz-Signal WE wird gedemultiplext und der Schaltereinheit 35 zugeführt. Diese befindet sich in der Schaltstellung "Normalbetrieb". Die Drop-Signale werden der Transceivereinheit 21 zugeführt. Die vier Passthrough-Signale gelangen zusammen mit den von der Transceivereinheit 19 erzeugten Add-Signalen zum Eingang der Schaltereinheit 27. Diese ist von der Steuereinheit 43 in die Schaltstellung "Fehler West" gesteuert. Demzufolge gelangen die Teilsignale zum betreffenden Eingang der Koppereinheit 25 und damit zur Protection-Transpondereinheit 23. Die auf Protection-Wellenlängen umgesetzten Teilsignale werden durch eine Ansteuerung der Schaltereinheit 31 in die Stellung "Fehler West" der Schaltereinheit 44 zugeführt. Die Schaltereinheit 44 wird von der Steuereinheit 43 in die Schaltstellung "Fehler West" gesteuert, so dass die Teilsignale der Multiplexer/Demultiplexer-Einheit 17 zugeführt, von dieser gemultiplext und als Protection-Multiplexsignal PW dem entsprechenden ostseitigen Lichtwellenleiter zugeführt werden.

Das auf der Ostseite ankommende Protection-Multiplexsignal PW wird von der Multiplex/Demultiplex-Einheit 17 gedemultiplext und der Schaltereinheit 38 zugeführt.

Diese wird von der Steuereinheit 43 in die Stellung "Fehler West" gesteuert, so dass die Teilsignale bei Protection-Wellenlängen dem betreffenden Eingang der Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit 37 zugeführt werden. Deren Schaltereinheit 41 ist von der Steuereinheit 43 in die Schaltstellung "Fehler West" gesteuert, so dass die optischen Teilsignale, von denen 12 nach wie vor die Protection-Wellenlängen aufweisen und vier auf Nutz-Wellenlängen umgesetzt wurden, zur Schaltereinheit 33 gelangen. Diese befindet sich, angesteuert von der Steuereinheit 43, ebenfalls in der Schaltstellung "Fehler West", so dass die 12 Drop-Signale der Transceivereinheit 19 und die vier umgesetzten Teilsignale als Passthrough-Signale der Schalteinheit 29 zugeführt werden. Zusammen mit den 12 von der Transceivereinheit 21 erzeugten Add-Signalen gelangen diese über die Schaltereinheit 29 zur Multiplex/Demultiplex-Einheit 17, wobei die Schaltereinheit 29 hierzu von der Steuereinheit 23 in die Schaltstellung "Fehler West" gesteuert wird. Nach dem Multiplexen werden die Teilsignale als Multiplexsignal WE dem betreffenden ostseitigen Lichtwellenleiter zugeführt.

Neben einer vollständigen Unterbrechung von Übertragungsstrecken können mit dem in Fig. 2 dargestellten Add/Drop-Multiplexer auch solche Fehler "protected" werden, die nur den Ausfall einzelner Verkehrsbeziehungen bei einzelnen Nutz-Wellenlängen betreffen. Fällt beispielsweise ein optisches Sendeelement in einer Transceivereinheit 21 aus, so kann dies von der empfangenden Transceivereinheit detektiert und der betreffende Fehler an die Steuereinheit 43 gemeldet werden. Diese kann dann in der vorstehend erläuterten Weise die betreffenden Schaltereinheiten so ansteuern, dass nur die eine Wellenlänge in eine betreffende Protection-Wellenlänge umgesetzt wird. Hierzu muss die Steuereinheit 43 die betreffenden Schaltereinheiten lediglich selektiv so ansteuern, dass die dem betreffenden optischen Pfad zugeordneten Schalterelemente der Schaltereinheiten in die erforderliche Schaltstellung gelangen.

Der Aufbau der in Fig. 3 dargestellten weiteren Ausführungsform eines Add/Drop-Multiplexers 13 entspricht weitestgehend dem Aufbau in Fig. 2. Die Transceivereinheiten 19, 21 beinhalten hier jedoch kostengünstige Sendeelemente, z.B. kostengünstige

breitbandige Laser. Die Transceivereinheiten 19, 21 können auch als einfache Receive-End-Transponder ausgebildet sein, die lediglich eine definierte optische Schnittstelle für den Anschluss einer entsprechenden Anzahl von Clients darstellen. Die dennoch erforderlichen schmalbandigen optischen Sendeelemente sind bei dieser Ausführungsform in

5 Nutz-Wellenlängen-Transpondern 45 bzw. 47 enthalten, denen jeweils die optischen Signale (Add-Signale) der Transceivereinheiten 19 bzw. 21 über die Schaltereinheiten 27 bzw. 29 zugeführt sind, wenn sich die Schaltereinheiten 27 bzw. 29 in der Schaltstellung "Normalbetrieb" befinden. Diese Struktur weist den Vorteil auf, dass zwischen dem Ausgang der schmalbandigen optischen Sendeelemente und dem betreffenden

10 Lichtwellenleiter kein Schaltelement angeordnet ist. Hierdurch werden unnötige Dämpfungsverluste vermieden. Des Weiteren ergibt sich eine höhere Sicherheit, da bei Ausfall eines der leistungsstärkeren schmalbandigen optischen Sendeelemente in den Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheiten 45 bzw. 47 das betreffende Signal durch ein Protection-Signal ersetzt werden kann. Der Ausfall eines optischen Sendeelements kann

15 dabei entweder durch eine entsprechende Detektoreinrichtung, z.B. eine Monitordiode, im Add/Drop-Multiplexer selbst detektiert werden oder durch den Erhalt eines Signals von einem benachbarten Add/Drop-Multiplexer (beispielsweise entsprechend dem Alarm-Indicator-Signal bei einer SDH-Struktur), in dem der Ausfall einer bestimmten Empfangswellenlänge detektiert wird.

Patentansprüche

- 5 1. Selbstheilende Ringstruktur zur optischen Nachrichtenübertragung im Wellenlängenmultiplex
- a) mit wenigstens drei jeweils einen Verkehrsknoten (I, II, III, IV) bildenden optischen Add/Drop-Multiplexern (13),
- 10 b) wobei jeder Add/Drop-Multiplexer (13) über jeweils zwei Lichtwellenleiter mit jeweils zwei benachbarten Add/Drop-Multiplexern (13) zu einer Ringstruktur verbunden ist,
- 15 c) wobei zwischen den Add/Drop-Multiplexern (13) eine bidirektionale Nachrichtenübertragung durchführbar ist,
- d) wobei N voneinander verschiedene Nutz-Wellenlängen (λ_1 bis λ_N) für jeweils ein oder mehrere in den Add/Drop-Multiplexern (13) angeordnete optische Nutz-Sendeelemente vorgesehen sind,
- 20 e) wobei M voneinander verschiedene Protection-Wellenlängen (λ_{1p} bis λ_{Mp}) für in den Add/Drop-Multiplexern (13) angeordnete Protection-Sendeelemente vorgesehen sind,
- 25 f) wobei im Fall einer Unterbrechung einer durch die Lichtwellenleiter gebildeten Übertragungsstrecke zwischen zwei Add/Drop-Multiplexern die jeweils benachbarten Add/Drop-Multiplexer (13) die optischen Signale, die bei den jeweiligen Nutz-Wellenlängen (λ_1 bis λ_N) über die Unterbrechungsstelle übertragen werden sollten, durch entsprechende Signale bei jeweils
- 30

einer Protection-Wellenlänge (λ_{1p} bis λ_{Mp}) in der jeweils entgegengesetzten Richtung ersetzen.

2. Ringstruktur nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Protection-Wellenlänge (λ_{1p} bis λ_{Mp}) einer bestimmten Nutz-Wellenlänge (λ_1 bis λ_N) zugeordnet ist.
5
3. Ringstruktur nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl N der Nutz-Wellenlängen gleich der Anzahl M der Protection-Wellenlängen ist.
10
4. Ringstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die von einem Add/Drop-Multiplexer gesendeten Signale in beiden möglichen Senderichtungen im Wesentlichen identische Nutz-Wellenlängen (λ_1 bis λ_N) aufweisen.
15
5. Ringstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Signal mit einer Protection-Wellenlänge (λ_{1p} bis λ_{Mp}) in jedem Fall über den nicht-gestörten Teil der Ringstruktur bis zu dem der Unterbrechungsstelle benachbarten Add/Drop-Multiplexer (13) übertragen wird und dass dieser Add/Drop-Multiplexer das Signal mit der Protection-Wellenlänge (λ_{1p} bis λ_{Mp}) in ein entsprechendes Signal mit der ursprünglichen Nutz-Wellenlänge (λ_1 bis λ_N) in der entgegengesetzten Richtung umsetzt.
20
6. Ringstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Add/Drop-Multiplexern (13) für vorbestimmbare Nutz-Wellenlängen (λ_1 bis λ_N) das Umsetzen des betreffenden Signals in ein entsprechendes Signal einer Protection-Wellenlänge (λ_{1p} bis λ_{Mp}) deaktivierbar ist.
25
7. Add/Drop-Multiplexer für eine Ringstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
30

- 5 a) mit einer ersten (West-Seite) (15) und einer zweiten (Ost-Seite) (17) optischen Multiplexer/Demultiplexer-Einheit, welche jeweils mit den beiden Lichtwellenleitern verbindbar ist und welche ein ihnen auf einem der Lichtwellenleiter zugeführtes optisches Wellenlängen-Multiplexsignal mit maximal $N+M$ optischen Teilsignalen demultiplexen und maximal $N+M$ ihnen zugeführte optische Teilsignale zu einem optischen Wellenlängen-Multiplexsignal multiplexen,
- 10 b) mit einer ersten Transceivereinheit (West-Seite) (19) für das Senden von einer vorbestimmten Anzahl von Add-Signalen bei jeweils einer Nutz-Wellenlänge (λ_1 bis λ_N) und das Empfangen einer vorbestimmten Anzahl von Drop-Signalen mit jeweils einer Nutz- oder Protection-Wellenlänge,
- 15 c) mit einer zweiten Transceivereinheit (Ost-Seite) (21) für das Senden von einer vorbestimmten Anzahl von Add-Signalen mit jeweils einer Nutz-Wellenlänge (λ_1 bis λ_N) und das Empfangen einer vorbestimmten Anzahl von Drop-Signalen mit jeweils einer Nutz- oder Protection-Wellenlänge,
- 20 d) mit einer Protection-Transpondereinheit (23), welche ihr zugeführte optische Signale bei jeweils einer Nutz-Wellenlänge (λ_1 bis λ_N) in entsprechende optische Signale bei jeweils einer Protection-Wellenlänge (λ_{1p} bis λ_{Mp}) umsetzt,
- 25 e) mit einer Steuereinheit (43), welche Störungen in einem oder mehreren Signalübertragungswegen für Nutz-Wellenlängen detektiert oder welcher ein entsprechendes Fehlersignal zuführbar ist, wobei die Steuereinheit (43) bei einer festgestellten Störung einen oder mehrere optische Schalter (27, 29, 40, 44) so ansteuert, dass die betreffenden Signale mit Nutz-Wellenlängen (λ_1 bis λ_N) der Protection-Transpondereinheit zugeführt und die entsprechenden auf vorbestimmte Protection-Wellenlängen (λ_{1p} bis λ_{Mp}) umge-
- 30

setzte Signale der ersten (15) oder zweiten (17) optischen Multiplexer/Demultiplexer-Einheit zugeführt werden.

- 5
8. Add/Drop-Multiplexer nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine erste steuerbare optische Schaltereinheit (27) vorgesehen ist, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu schaltenden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welche die optischen Add-Signale der ersten Transceivereinheit (19) entweder der ersten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit (15) oder der Protection-Transpondereinheit (23) zuführt.
- 10
9. Add/Drop-Multiplexer nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste steuerbare Schaltereinheit (27) ein oder mehrere optische Passthrough-Signale entweder der ersten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit (15) oder der Protection-Transpondereinheit (23) zuführt.
- 15
10. Add/Drop-Multiplexer nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine zweite steuerbare optische Schaltereinheit (29) vorgesehen ist, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu schaltenden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welche die optischen Add-Signale der zweiten Transceivereinheit (21) entweder der zweiten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit (17) oder der Protection-Transpondereinheit (23) zuführt.
- 20
11. Add/Drop-Multiplexer nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite steuerbare Schaltereinheit (29) ein oder mehrere optische Passthrough-Signale entweder der zweiten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit (17) oder der Protection-Transpondereinheit (23) zuführt.
- 25
12. Add/Drop-Multiplexer nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optischen Ausgänge der ersten (27) und zweiten (29) Schalter-
- 30

einheit über eine Koppeleinheit (25) mit den optischen Eingängen der Protection-Transpondereinheit (23) verbunden sind, wobei die Koppeleinheit (25) als optische Schaltereinheit, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu koppelnden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst, oder
5 als optische 2x1-Koppeleinheit, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu koppelnden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen 2x1-Kopplern umfasst, ausgebildet ist.

13. Add/Drop-Multiplexer nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optischen Ausgänge der Protection-Transpondereinheit (23) mit
10 einer dritten steuerbaren optischen Schaltereinheit (32) verbunden sind, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu koppelnden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welche die optischen Ausgangssignale der Protection-Transpondereinheit (23) entweder der ersten (15) oder
15 zweiten (17) Multiplexer/Demultiplexer-Einheit zuführt.

14. Add/Drop-Multiplexer nach einem der Ansprüche 7 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die von der ersten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit (15) gedemultiplixten optischen Signale mit Nutz-Wellenlängen (λ_1 bis λ_N) einem ersten
20 Eingang einer vierten steuerbaren optischen Schaltereinheit (33) zugeführt sind, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu schaltenden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welche einen Teil der optischen Signale als optischen Drop-Signale der ersten Transceivereinheit (19) und den verbleibenden Teil der optischen Signale als Passthrough-Signale dem
25 Eingang der zweiten Schaltereinheit (29) zuführt.

15. Add/Drop-Multiplexer nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die von der zweiten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit (17) gedemultiplixten optischen Signale mit Nutz-Wellenlängen (λ_1 bis λ_N) einem ersten Eingang einer fünften
30 steuerbaren optischen Schaltereinheit (35) zugeführt sind, welche vorzugsweise

eine der Anzahl der zu schaltenden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welche einen Teil der optischen Signale als optischen Drop-Signale der zweiten Transceivereinheit (17) und den verbleibenden Teil der optischen Signale als Passthrough-Signale dem Eingang der ersten Schaltereinheit (27) zuführt.

5

16. Add/Drop-Multiplexer nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit (37) vorgesehen ist, welche eine Koppel-
- 10 einheit (39) umfasst, der an einem ersten Eingang die von der ersten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit (15) gedemultiplexten Signale mit Protection-Wellenlängen (λ_{1p} bis λ_{Mp}) und der an einem zweiten Eingang die von der zweiten Multiplexer/Demultiplexer-Einheit (17) gedemultiplexten Signale mit Protection-
- 15 Wellenlängen (λ_{1p} bis λ_{Mp}) zugeführt sind, wobei die Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit (37) zumindest oder ausschließlich die als Passthrough-Signale zu behandelnden Signale bei Protection-Wellenlängen (λ_{1p} bis λ_{Mp}) in entsprechende Signale mit Nutz-Wellenlängen (λ_1 bis λ_N) umsetzt und sämtliche optischen Ausgangssignale mittels einer sechsten steuerbaren Schaltereinheit (41), welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu schaltenden optischen Signale ent-
- 20 sprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst, entweder einem zweiten Eingang der vierten Schaltereinheit (33) oder einem zweiten Eingang der fünften Schaltereinheit (35) zuführt.

10

15

20

17. Add/Drop-Multiplexer nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Koppel-
- 25 einheit (39) als optische Schaltereinheit, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu koppelnden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst, oder als optische 2x1-Koppeleinheit, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu koppelnden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen 2x1-Kopplern umfasst, ausgebildet ist.

25

30

18. Add/Drop-Multiplexer nach einem der Ansprüche 7 bis 17, dass eine siebte steuerbare optische Schaltereinheit (38) vorgesehen ist, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu schaltenden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welcher eingangsseitig die von der zweiten Multiplexer/Demultiplexereinheit gedemultiplexten optischen Signale mit Protection-Wellenlängen (λ_{1p} bis λ_{Mp}) zugeführt sind, wobei der eine Ausgang der siebten Schaltereinheit (38) mit einem Eingang einer achten optischen Schaltereinheit (40) verbunden ist, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu schaltenden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welche mit ihrem Ausgang mit der ersten Multiplexer/Demultiplexereinheit (15) verbunden ist, und wobei der andere Ausgang der siebten Schaltereinheit (38) mit einem Eingang der Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit (37) verbunden oder verbindbar ist und wobei einem anderen Eingang der achten Schaltereinheit (40) die Ausgangssignale der Protection-Transpondereinheit (23) zugeführt sind.

19. Add/Drop-Multiplexer nach einem der Ansprüche 7 bis 18, dass eine neunte steuerbare optische Schaltereinheit (42) vorgesehen ist, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu schaltenden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welcher eingangsseitig die von der ersten Multiplexer/Demultiplexereinheit (15) gedemultiplexten optischen Signale mit Protection-Wellenlängen (λ_{1p} bis λ_{Mp}) zugeführt sind, wobei der eine Ausgang der neunten Schaltereinheit (42) mit einem Eingang einer zehnten optischen Schaltereinheit (44) verbunden ist, welche vorzugsweise eine der Anzahl der zu schaltenden optischen Signale entsprechende Anzahl von optischen Umschaltern umfasst und welche mit ihrem Ausgang mit der zweiten Multiplexer/Demultiplexereinheit (17) verbunden ist, und wobei der andere Ausgang der neunten Schaltereinheit (42) mit einem Eingang der Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit (37) verbunden oder verbindbar ist und wobei einem anderen Eingang der zehnten Schaltereinheit (44) die Ausgangssignale der Protection-Transpondereinheit (23) zugeführt sind.

20. Add/Drop-Multiplexer nach einem der Ansprüche 7 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die von der ersten (15) und/oder zweiten (17) Multiplexer/Demultiplexer-Einheit zu multiplexenden optischen Signale mit Nutz-Wellenlängen (λ_1 bis λ_N) von einer ersten (45) und/oder zweiten (47) Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit erzeugt werden, deren optischen Ausgänge unmittelbar mit den optischen Eingängen der betreffenden Multiplexer/Demultiplexer-Einheit (15, 17) verbunden sind, und dass die Steuereinheit (43) bei Ausfall eines oder mehrerer optischer Sendeelemente der ersten (45) und/oder zweiten (47) Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit die steuerbaren optischen Schaltereinheiten (27, 31, 44; 29, 31, 40) selektiv so ansteuert, dass für die fehlenden optischen Signale mit Nutz-Wellenlängen (λ_1 bis λ_N) jeweils ein optisches Signal mit einer Protection-Wellenlänge (λ_{1p} bis λ_{Mp}) der ersten (15) oder zweiten (17) Multiplexer/Demultiplexer-Einheit zugeführt wird.
21. Add/Drop-Multiplexer nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste (45) und/oder zweite (47) Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit das Vorhandensein der optischen Ausgangssignale detektiert und im Fehlerfall ein Fehler-signal an die Steuereinheit (43) übermittelt.
22. Add/Drop-Multiplexer nach Anspruch 20 oder 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optischen Sendeelemente der ersten (19) und zweiten (21) Transceivereinheit als kostengünstige optische Sendeelemente, vorzugsweise breitbandige Laser ausgebildet sind.
23. Add/Drop-Multiplexer nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optischen Sendeelemente mit geringerer Leistung betrieben werden als die optischen Sendeelemente der ersten (45) und/oder zweiten (47) Nutz-Wellenlängen-Transpondereinheit.

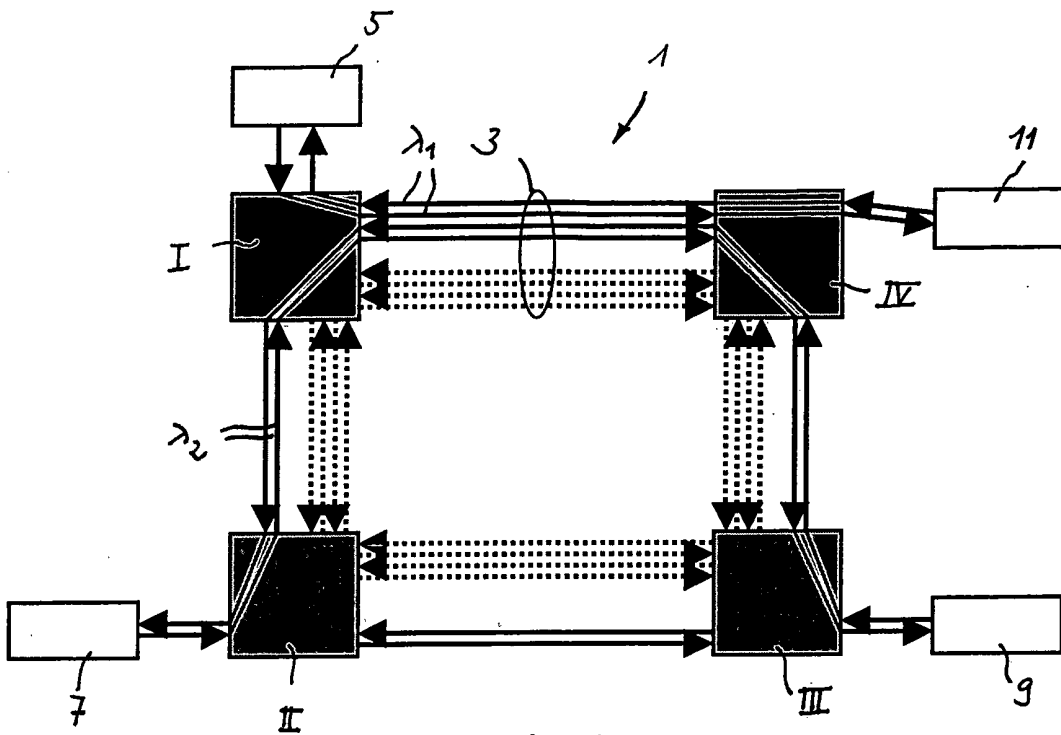


Fig. 1a

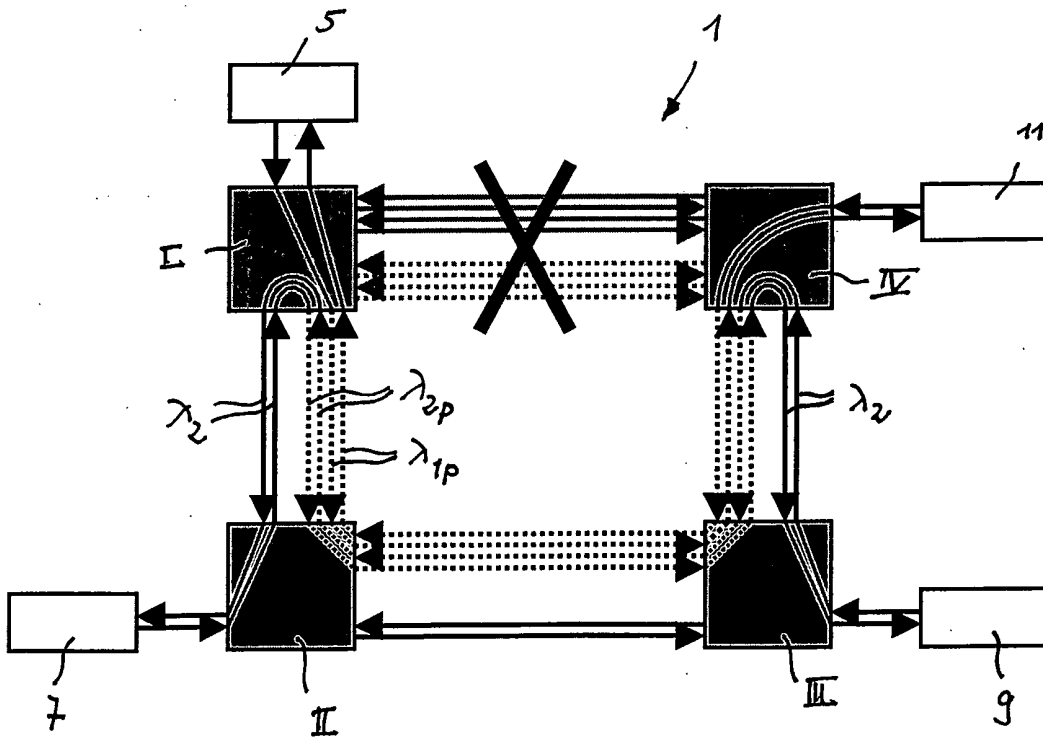


Fig. 1b

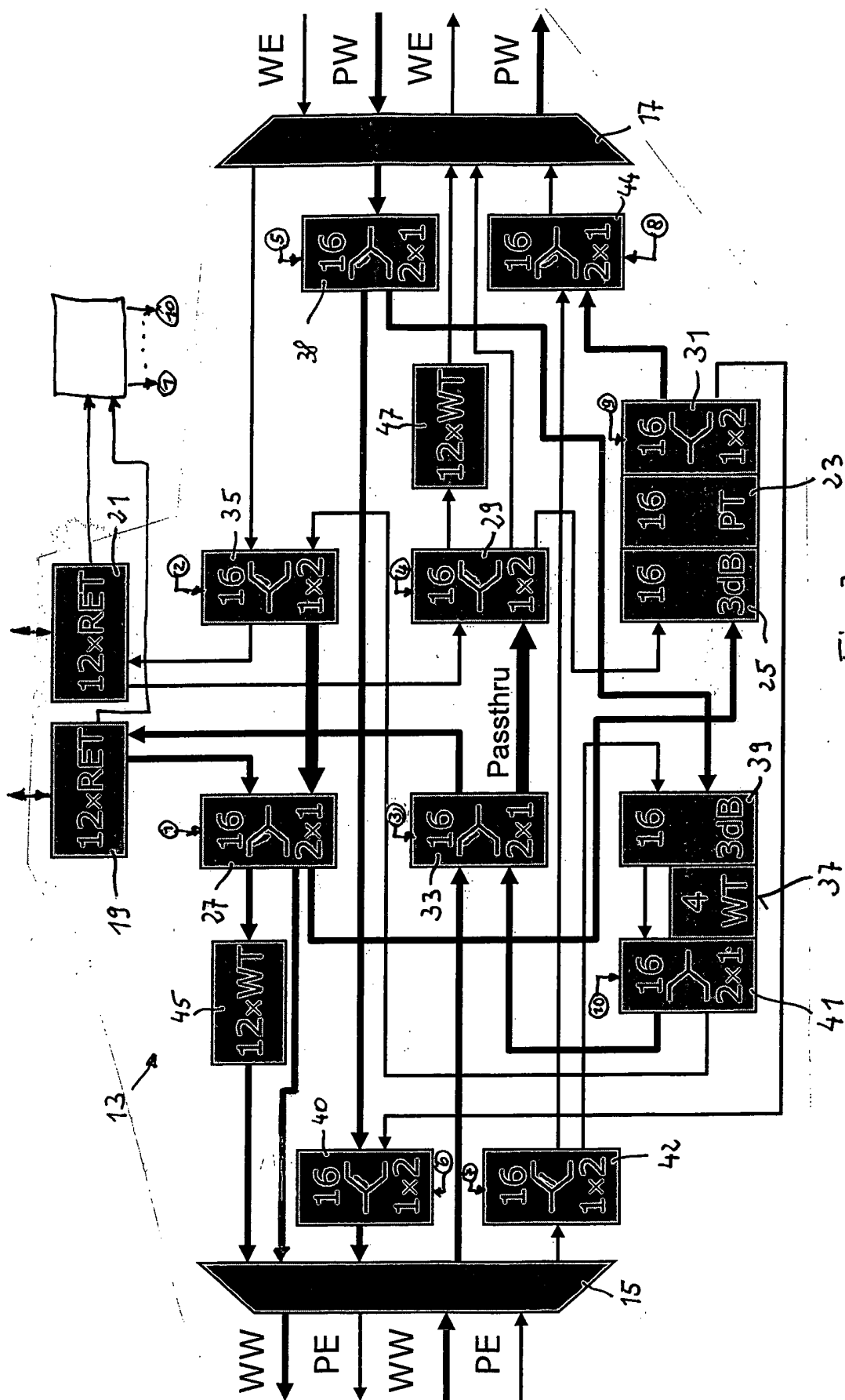


Fig. 3