



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **102 36 936.4**
(22) Anmeldetag: **12.08.2002**
(43) Offenlegungstag: **04.03.2004**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **09.06.2011**

(51) Int Cl.: **H04J 14/02 (2006.01)**
H04B 10/08 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Nokia Siemens Networks GmbH & Co.KG, 81541 München, DE

(72) Erfinder:
Eder, Christian, 81373 München, DE

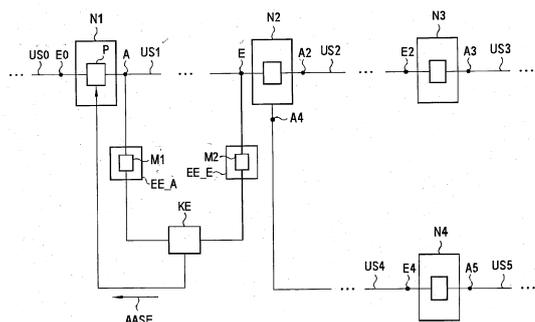
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 100 24 393 A1
WO 02/09 299 A2

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Regelung von Signal-Rauschabständen von in Kanälen übertragenen Signalen in einem WDM-Übertragungssystem**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Regelung von Signal-Rauschabständen von in Kanälen übertragenen Signalen in einem WDM-Übertragungssystem, das wenigstens eine transparente Übertragungsstrecke (US1) enthält, deren Eingang mit mindestens einer Netzwerkkomponente (N1) mit spektralem Einfluss auf die Signale in den Kanälen verbunden ist, demgemäss:

- a) dass zur Ermittlung von einem ersten und einem zweiten Signal-Rauschabstand (OSNR_A, OSNR_E) am Anfang (A) und am Ende (E) der transparenten Übertragungsstrecke (US1) eine erste Messung einer Signalleistung (S_A, S_E) bei mindestens einem Kanal mit übertragenem Signal und eine zweite Messung einer Rauschleistung (ASE_A, ASE_E) bei wenigstens einem Kanal ohne übertragenem Signal durchgeführt werden, und dadurch gekennzeichnet,
- b) dass aus den ermittelten Signal-Rauschabständen (OSNR_A, OSNR_E) ein erster Regelwert (AASE) errechnet wird, der einer Zunahme von Rauschleistung der Signale entlang der transparenten Übertragungsstrecke (US1) entspricht,
- c) dass in der Netzwerkkomponente (N1) oder am Anfang (A) der transparenten Übertragungsstrecke (US1) ein Leistungsregler gemäß dem Regelwert (AASE) derart gesteuert...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung von Signal-Rauschabständen von in Kanälen übertragenen Signalen in einem WDM-Übertragungssystem (WDM = Wellenlängenmultiplex, in englischer Sprache "wavelength division multiplex") nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 sowie einen Übertragungsabschnitt und ein Übertragungssystem nach den Oberbegriffen der weiteren Patentansprüche 10 und 12.

[0002] Zur Erzielung einer maximalen oder erforderlichen Reichweite von WDM-Signalen, die in einem WDM-Übertragungssystem mit vermaschten transparenten Übertragungsstrecken, Filtern, Add-Drop-Modulen, Inline-Verstärkern und weiteren Netzwerkkomponenten übertragen werden, muss ein optimales Signal Rauschverhältnis bei jedem Kanal geregelt werden. Dafür werden regelbare Dämpfungsglieder am Eingang eines Multiplexers z. B. in einem Terminal oder in einem Add-Drop-Modul eingesetzt. Auch bei Inline-Verstärkern können spektrale Leistungsversteller (spectral power equalizer) in dieser Hinsicht angeordnet werden.

[0003] Aus DE 100 24 393 A1 wird beispielweise ein Verfahren zur Regelung der Signal-Rauschabstände von optischen Add-Drop-Signalen bei einem Add-Drop-Modul für ein übertragenes WDM-Signal beschrieben, bei dem mittels einer Messung von Signalleistungsverhältnissen, z. B. zwischen der Leistung eines eingekoppelten Add-Signals und der Leistung des durch das Add-Drop-Modul übertragenen WDM-Signals, ein prozentuales Verhältnis übereinstimmt, ohne dass ein optischer Spektrumanalysator benötigt wird.

[0004] Da in einem optisch vermaschten WDM-Netz die Signale aus den Kanälen nicht an einem gemeinsamen Beginn und Ende, sondern beliebig aus verschiedenen WDM-Übertragungsstrecken kommen oder gehen, ist eine Optimierung bei Teilstrecken nur möglich, z. B. durch Messung der Bitfehlerrate bei asynchroner Amplitudenabtastung (asynchron amplitude sampling), wenn eine vor der Übertragung durchgeführte Modellierung der Netztopologie bekannt ist. Diese Methode zur Optimierung ist daher nicht brauchbar, wenn lokale Änderungen der Signale oder im Übertragungssystem vorkommen.

[0005] Ausserdem ändern optische Teilstrecken mit Multiplexern, Demultiplexern, Interleaver-Filtern oder weiteren Komponenten mit spektralem Einfluss auf die Kanäle die spektralen Eigenschaften eines gemessenen Leistungsspektrums je nach Messort. Damit ist auch eine Ermittlung der Rauschleistung hauptsächlich durch verstärkte spontane Emission ASE abhängig von diesen Komponenten wie auch von der Signalverschlechterung in optischen transparenten Übertragungsstrecken. Eine Messung der verstärkten spontanen Emission ASE ist daher je nach dem Messort und je nach Kanal im Übertragungssystem schwierig durchzuführen.

[0006] Aus WO 02 09299 A2 sind ein Verfahren und eine Anordnung zur Erzielung einer höheren Reichweite eines übertragenen WDM-Signals mit Hilfe von mehreren Preemphasen der Signale entlang der Übertragungsstrecke bekannt. Bei den Preemphasen werden die Leistungen der Signale so eingestellt, dass die Signalperformance wie z. B. die Signal-Rauschabstände OSNR entlang der Übertragungsstrecke erhöht werden. Aufgrund der Anwesenheit von Netzwerkkomponenten wie z. B. Multiplexern oder Demultiplexern muss zur Messung der Rauschleistung durch verstärkte spontane Emission ASE ein Messort am Kanal-Boden der übertragenen Signale genau und in Abhängigkeit von der Netzwerkkomponente gewählt werden. Daher werden verschiedene Methoden bei dieser Patentveröffentlichung beschrieben, bei denen die verstärkte spontane Emission ASE zwischen oder innerhalb der Kanäle zur Ermittlung der Signal-Rauschabstände OSNR je nach einer vorgeführten Netzplanung errechnet wird. Bei Verschlechterung der Signal-Rauschabstände OSNR relativ zu einem aus der Netzplanung vordefinierten Referenzwert werden Module zur Preemphase als z. B. ein dynamisches Flachgewinnfilter (Dynamical Gain Flattening Filter, DGFF) neu geregelt. Bei nicht aus der Netzplanung vordefiniertem Referenzwert wird der Referenzwert in einer der Teilstrecken mit einer Preemphase abgeschätzt.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, mit dem die Regelung von Signal-Rauschabständen OSNR von in Kanälen übertragenen Signalen in einem WDM-Übertragungssystem unabhängig von einer Netzplanung erfolgt. Insbesondere am Ende aller transparenten Übertragungsstrecken sollten die Signale eine gleiche Verschlechterung der Signal-Rauschabstände zeigen.

[0008] Eine Lösung der Aufgabe erfolgt hinsichtlich ihres Verfahrensaspekts durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 und hinsichtlich ihres Vorrichtungsaspekts durch einen Übertragungsabschnitt und durch ein Übertragungssystem mit den Merkmalen der Patentansprüche 11 und 13.

[0009] Erfindungsgemäß werden am Anfang und am Ende jeder transparenten Übertragungsstrecke eine Ermittlung der Signal-Rauschabstände OSNR oder der verstärkten spontanen Emission ASE mit anschliessen-

der Preemphase am Anfang der betrachteten transparenten Übertragungsstrecke durchgeführt. Damit werden die spektralen Einflüsse von Netzwerkkomponenten wie Filter, Multiplexer, Demultiplexer, Add-Drop-Module, etc, die den transparenten Übertragungsstrecken zwischengeschaltet sind, vorteilhafterweise vernachlässigt und lediglich die am Ende der transparenten Übertragungsstrecke ermittelten Verschlechterungen der Signal-Rauschabstände OSNR wegen der Dämpfung der Übertragungsstrecke für alle Kanäle kompensiert. Mit anderen Worten wird die verstärkte spontane Emission ASE am Anfang und am Ende einer transparenten Übertragungsstrecke ermittelt und deren spektrale Abhängigkeiten mit einer Preemphase so kompensiert, dass am Boden der Kanäle oder bei mit Signal unbesetzten Kanälen eine flache Rauschleistung am Ende der transparenten Übertragungsstrecke erzielt wird. Daher ist eine Netzsimulation nicht mehr erforderlich, um die Preemphase der Kanäle richtig einzustellen. Auch ist eine Suche des genauen Messorts der verstärkten spontanen Emission ASE zwischen oder ausserhalb der Kanäle durch die spektrale Ebenheit der Rauschleistung nicht mehr notwendig. Alle Artefakte einer oder mehrerer der transparenten Übertragungsstrecke vorgeschalteten Netzwerkkomponenten werden bei jedem Übertragungsabschnitt in einer unabhängigen Weise voneinander lokal kompensiert. Dieser Vorteil ist bei dynamischen transparenten Netzwerken von hohem Wert. Ein Referenzwert der Signal-Rauschabstände OSNR ist damit auch nicht erforderlich.

[0010] Bei hoher und dichter Kanalbelegung z. B. für eine DWDM-Übertragung ist eine Messung der verstärkten spontanen Emission ASE zwischen den Kanälen schwierig. Da der Boden der verstärkten spontanen Emission ASE einer ersten transparenten Übertragungsstrecke für alle Kanäle flach ist, ist in diesem Fall eine Messung der Verteilung der Signalleistung am Anfang und am Ende der transparenten Übertragungsstrecke zur anschliessenden Preemphase der Kanalleistungen am Anfang der transparenten Übertragungsstrecke realisierbar.

[0011] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist darin zu sehen, dass diese Regelung der Signal-Rauschabstände OSNR bzw. des Bodens der ermittelten verstärkten spontanen Emission ASE unabhängig von der Bitrate eines Signals ist.

[0012] Wenn auf einer Teilstrecke mit Inline-Verstärkern mehrere Signale mit unterschiedlichen Signal-Rauschabständen OSNR übertragen werden, sind Signaleigenschaften durch die Regelung der Summenleistung an den Inline-Verstärkern nicht beeinträchtigt.

[0013] Als Preemphase-Modul wird ein dynamisches Flachgewinnfilter verwendet, das im Vergleich zu Demultiplexer-Multiplexer-Modulen mit zwischengeschalteten Dämpfungsgliedern mit deutlich weniger Kosten verbunden ist.

[0014] Bei einem bidirektionalen Übertragungssystem eignet sich die erfindungsgemäße Regelung sehr gut aufgrund der symmetrischen Anfang/Ende-Messungen an jeder transparenten Übertragungsstrecke. Eine Bedingung ist dafür die Anwesenheit einer Preemphase zwischen jeder transparenten Übertragungsstrecke oder wenigstens an Orten, wo Signaleigenschaften spektral geändert werden.

[0015] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0016] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert.

[0017] Dabei zeigen:

[0018] [Fig. 1](#): ein erfindungsgemäßes Übertragungssystem mit mehreren vermaschten transparenten Übertragungsstrecken,

[0019] [Fig. 2](#): ein Leistungsspektrum mit drei Kanälen.

[0020] In [Fig. 1](#) ist ein erfindungsgemäßes WDM-Übertragungssystem mit mehreren vermaschten transparenten Übertragungsstrecken US0, US1, US2, US3, US4, US5 dargestellt. Den paarweise Übertragungsstrecken US0, US1, US2, US3 sowie US4, US5 sind Netzwerkkomponenten N1, N2, N3 bzw. N4 zwischengeschaltet. Die Netzwerkkomponente N2 ermöglicht als Add-Drop-Modul eine Verbindung von Kanälen zwischen den Übertragungsstrecken US1, US2 und US4. Die anderen Netzwerkkomponenten können beliebige Module sein, die einen spektralen Einfluss auf die Signale haben.

[0021] Hier werden Preemphase-Module P als Bestandteil der Netzwerkkomponenten vorgesehen. Sie können jedoch am Anfang A, A2, A3, A4, A5 der jeweiligen transparenten Übertragungsstrecke US1, US2, US3,

US4, US5 ausserhalb der Netzwerkkomponente geschaltet werden. Als Preemphase-Module P werden dynamische Flachgewinnfilter verwendet. Aus Klarheitsgründen ist in [Fig. 1](#) eine erfindungsgemäße Regelung von Signal-Rauschabständen nur bei der transparenten Übertragungsstrecke US1 dargestellt. Dem Fachmann ist bekannt, dass diese Regelung abschnittsweise bei den anderen Übertragungsstrecken angeordnet ist.

[0022] Am Ende E der Übertragungsstrecke US1 ist eine erste Ermittlungseinheit EE_E von Signal-Rauschabständen OSNR_E angeordnet. Dem Preemphase-Modul P ist eine zweite Ermittlungseinheit EE_A von Signal-Rauschabständen OSNR_A am Anfang A der Übertragungsstrecke US1 nachgeschaltet. Zum Ausgleich einer Verschlechterung zwischen den ermittelten Signal-Rauschabständen OSNR_A, OSNR_E steuert eine den beiden Ermittlungseinheiten EE_A, EE_E angeschlossene Kontrolleinheit KE das Preemphase-Modul P.

[0023] Alternativ ist auch anstelle einer Regelung von Signal-Rauschabständen OSNR eine Regelung der Rauschleistung durch verstärkte spontane Emission ASE oder bei dichter Kanalbelegung eine Regelung der Leistungsverteilung der Signale anwendbar. Hauptsache ist, dass nach Regelung in einer transparenten Übertragungsstrecke die Zunahme des Signal-Rauschabstandes OSNR oder des Signal-ASE-Abstandes OSAR (optical signal to ASE ratio) gleich für alle Kanäle ist. Bei Messung der Rauschleistung ASE wird die spektrale Verteilung des ASE-Bodens ASE_A, ASE_E am Anfang A und am Ende E der transparenten Übertragungsstrecke gemessen, deren Differenz gebildet und in der transparenten Übertragungsstrecke als Maß für die Preemphase der Signal-Rauschabstände OSNR verwendet.

[0024] Dafür wird zwischen den aktiven Kanälen und nicht möglichst nahe an einem aktiven Kanal gemessen. Wenn ein Interleaver-Filter, ein Multiplexer oder eine weiter spektral beeinflussbare Netzwerkkomponente an den Eingang der transparenten Übertragungsstrecke oder den Ausgang der vorigen transparenten Übertragungsstrecke geschaltet ist, wird bei der Differenzbildung zwischen den ASE-Böden ASE_A und ASE_E das ASE-Boden ASE_A auf null mittels der Preemphase zurück gesetzt.

[0025] Zur Erhaltung von Rauschleistungen durch ASE am Anfang und am Ende der transparenten Übertragungsstrecke, die aufgrund von fertigungsabhängigen Filtercharakteristiken und von Messunsicherheiten der Wellenlängen stark von der Wellenlänge abhängig sind, wird eine Messung der Rauschleistung durch ASE möglicherweise bei einem Signal unbesetzten Kanälen durchgeführt. Dort ist z. B. der Einfügeverlust eines Interleaver-Filters oder eines Multiplexers unabhängig von der Wellenlänge. Es können auch zwischen zwei aktiven Kanälen mit zwischenliegenden benachbarten und mit einem Signal unbesetzten Kanälen eine Extrapolation am Fuß der Signalleistungspeaks aktiver Kanäle mit Signalleistungen S_A, S_E oder eine Interpolation über dem ASE-Boden gemacht werden.

[0026] Mit Hilfe der Preemphase des Signal-ASE-Abstandes OSAR wird die optimale Leistungsverteilung zwischen dem Anfang und dem Ende der transparenten Übertragungsstrecke berechnet. Dies bedeutet, dass eine optische spektrale Vorverzerrung am Anfang der transparenten Übertragungsstrecke kompensiert wird, damit alle Signale gleiche Rauschleistungen am Ende der transparenten Übertragungsstrecke aufweisen.

[0027] Aus den ermittelten Signal-Rauschabständen OSNR_A, OSNR_E bzw. Rauschleistungen ASE_A, ASE_E wird ein erster Regelwert AASE in der Kontrolleinheit KE errechnet, der einer Zunahme von Rauschleistung der Signale über die Übertragungsstrecke US1 entspricht. In der der der Übertragungsstrecke US1 vorgeschalteten Netzwerkkomponente oder am Anfang der Übertragungstrecke US1 wird das Preemphase-Modul P als Leistungsversteller für jeden Kanal in Abhängigkeit von dem Regelwert AASE derart eingestellt, dass alle Signale bei der Übertragungsstrecke US1 eine gleiche Verschlechterung des Signal-Rauschabstandes erfahren. Der Regelwert AASE wird dabei aus der addierten verstärkten spontanen Emission ASE bei der Übertragungsstrecke US1 ermittelt.

[0028] Es wird ein Betrag OSAAR gemäß der folgenden Regel errechnet:

$$\frac{1}{\text{OSAAR}} = \frac{1}{\text{OSNR}_E} - \frac{1}{\text{OSNR}_A}$$

[0029] Gemäß folgender Beziehung zwischen dem Betrag OSAAR und dem Regelwert AASE wird mit Hilfe der gemessenen Signalleistung S_E eines besetzten Kanals am Ende einer Übertragungsstrecke der Regelwert AASE so ermittelt:

$$\text{OSAAR} = \frac{S_E}{\text{AASE}}$$

[0030] Anschliessend erfolgt bei einem Kanal K_i eine Verstellung ΔS_{A_i} der Leistung an dem Leistungsversteller gemäß der folgenden Regel:

$$\Delta S_{A_i} = S_{A_{TOT}} \times \frac{[S_{A_i} / OSAAR_i]}{\sum_i [S_{A_i} / OSAAR_i]}$$

wobei S_{A_i} die gemessene Signalleistung bei einem Kanal K_i , $S_{A_{TOT}}$ eine Summe der gemessenen Signalleistungen S_{A_i} und $OSAAR_i$ den Betrag $OSAAR$ für den Kanal K_i bezeichnen.

[0031] Beim Einsatz eines Leitungsausgleichers (power equalizer) für die Preemphase P z. B. am Anfang A der Übertragungsstrecke US1 sind die Ermittlungseinheiten am Ende der Übertragungsstrecke US0 und am Anfang A der Übertragungsstrecke US1 am gleichen Messort. Ein Signal zur Übermittlung der Verschlechterung der Signal-Rauschabstände zwischen jeweiligen Ermittlungseinheiten der Übertragungsstrecken kann vorhanden sein. Prinzipiell ist es nicht notwendig, da die Regelung in einer transparenten Übertragungsstrecke in einer abhängiger Weise erfolgt.

[0032] In **Fig. 2** ist das Leistungsspektrum $\cdot P$ als logarithmische Funktion der Wellenlänge λ für drei Kanäle K1, K2, K3 dargestellt. Drei Kurven a, b und c bezeichnen jeweils die Leistung am Ende einer ersten transparenten Übertragungsstrecke nach einer entsprechenden ersten Preemphase, die Leistung am Eingang einer zweiten aufeinanderfolgenden transparenten Übertragungsstrecke und die erwünschte Leistung am Ende der zweiten transparenten Übertragungsstrecke nach der zweiten Preemphase. Die Kurve a weist einen ASE-Boden ASE_E0 bei dem unbesetztem Kanal K2 sowie ausserhalb der besetzten Kanäle wie K1, K3 auf. Aus der Kurve b sind Dellen zwischen den besetzten Kanälen festzustellen, die aus der spektralen Eigenschaft einer den Übertragungsstrecken zwischengeschalteten Netzwerkkomponente erzeugt werden. Korrekte Messorte der Rauschleistung durch verstärkte spontane Emission ASE wären dabei an den in der Figur eingetragenen Punkten P1 und P2. Anstelle einer Suche des Messorts bei diesen Punkten für die Ermittlung der Rauschleistung bzw. der Signal-Rauschabstände wird, wie schon beschrieben, die addierte verstärkte spontane Emission AASE zwischen Ende und Anfang einer Übertragungsstrecke berechnet und zur Preemphase der Kanäle verwendet. AASE ist eigentlich eine Rauschleistungsdichte, die hier über 0,1 nm mittels eines Scanning-Filters integriert ist. Dieses gilt auch für die Peakleistungen der Kanäle K1, K3 zur Erhaltung der Signal-Rauschabstände OSNR. Die Preemphase regelt die Leistungen derart, dass der Abstand zwischen den flachen ASE-Boden ASE_E0, ASE_E1 der Kurve a und c einen konstanten Wert aufweist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung von Signal-Rauschabständen von in Kanälen übertragenen Signalen in einem WDM-Übertragungssystem, das wenigstens eine transparente Übertragungsstrecke (US1) enthält, deren Eingang mit mindestens einer Netzwerkkomponente (N1) mit spektralem Einfluss auf die Signale in den Kanälen verbunden ist, demgemäss:

a) dass zur Ermittlung von einem ersten und einem zweiten Signal-Rauschabstand (OSNR_A, OSNR_E) am Anfang (A) und am Ende (E) der transparenten Übertragungsstrecke (US1) eine erste Messung einer Signalleistung (S_A , S_E) bei mindestens einem Kanal mit übertragenem Signal und eine zweite Messung einer Rauschleistung (ASE_A, ASE_E) bei wenigstens einem Kanal ohne übertragenem Signal durchgeführt werden, und

dadurch gekennzeichnet,

b) dass aus den ermittelten Signal-Rauschabständen (OSNR_A, OSNR_E) ein erster Regelwert (AASE) errechnet wird, der einer Zunahme von Rauschleistung der Signale entlang der transparenten Übertragungsstrecke (US1) entspricht,

c) dass in der Netzwerkkomponente (N1) oder am Anfang (A) der transparenten Übertragungsstrecke (US1) ein Leistungsregler gemäß dem Regelwert (AASE) derart gesteuert wird, dass alle Signale entlang der Übertragungsstrecke (US1) eine gleiche Verschlechterung des Signal-Rauschabstandes erfahren, und dass der Regelwert (AASE) aus der addierten verstärkten spontanen Emission bei der Übertragungsstrecke (US1) ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

dass ein Betrag $OSAAR$ gemäß der folgenden Regel errechnet wird:

$$\frac{1}{OSAAR} = \frac{1}{OSNR_E} - \frac{1}{OSNR_A}$$

und dass gemäß folgender Beziehung zwischen dem Betrag OSAAR und dem Regelwert AASE mit Hilfe der gemessenen Signalleistung S_E des besetzten Kanals am Ende einer Übertragungsstrecke der Regelwert AASE so ermittelt wird:

$$AASE = \frac{S_E}{OSAAR}$$

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rauschleistungen (ASE_A , ASE_E) als der maximale Leistungswert aus benachbarten Kanälen ohne Signale vorgesehen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass für die Messung der Rauschleistung bei einem oder mehreren benachbarten und mit Signal unbesetzten Kanälen ein Rauschleistungswert im Kanal gewählt oder eine Interpolation mit Rauschleistungswerten von den Signal unbesetzten Kanälen umfassenden besetzten Kanälen durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Kanal (K_i) eine Verstärkung ΔS_{A_i} der Leistung an dem Leistungsregler gemäß der folgenden Regel durchgeführt wird:

$$\Delta S_{A_i} = S_{A_{TOT}} \times \frac{[S_{A_i} / OSAAR_i]}{\sum_i [S_{A_i} / OSAAR_i]}$$

wobei S_{A_i} die gemessene Signalleistung bei einem Kanal (K_i), $S_{A_{TOT}}$ eine Summe der gemessenen Signalleistungen S_{A_i} und $OSAAR_i$ den Betrag (OSAAR) für den Kanal (K_i) bezeichnen.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Netzwerkkomponente (N1) eine regelbare spektrale Filterung zur Leistungsverstellung der Kanäle durchgeführt ist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei dem WDM-Übertragungssystem die Regelung für eine bidirektionale Übertragung der Signale erfolgt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem WDM-Übertragungssystem mit weiteren transparenten Übertragungsstrecken (US2, US3, ...) jeweils mit spektral abhängigen zwischengeschalteten Netzwerkkomponenten (N2, N3, ...) die vorigen Verfahrensschritte a) bis c) gemäß Anspruch 1 abschnittsweise durchgeführt werden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass weitere Regelwerte ($AASE_1$, $AASE_2$, ...) zum Ausgleich der Verschlechterung der Signal-Rauschabstände am jeweiligen Ende der Übertragungsstrecke (US1, US2, ...) unabhängig von einer Netzplanung und -simulation ermittelt werden.

10. Übertragungsabschnitt für Multiplex-Signale mit mindestens einer transparenten Übertragungsstrecke (US1) und mit einem der ersten transparenten Übertragungsstrecke (US1) vorgeschaltetem Preemphase-Modul (P) zur Leistungsregelung der Signale, bei dem am Ende (E) der Übertragungsstrecke (US1) eine erste Ermittlungseinheit (EE_E) von Signal-Rauschabständen (OSNR_E) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet,

dass dem Preemphase-Modul (P) eine zweite Ermittlungseinheit (EE_A) von Signal-Rauschabständen (OSNR_A) am Anfang (A) der Übertragungsstrecke (US1) nachgeschaltet ist,

dass zum Ausgleich einer Verschlechterung zwischen den ermittelten Signal-Rauschabständen (OSNR_A, OSNR_E) aller Signale eine den beiden Ermittlungseinheiten (EE_A, EE_E) angeschlossene Kontrolleinheit (KE) das Preemphase-Modul (P) gemäß einem Regelwert (AASE), welcher aus der addierten verstärkten spontanen Emission beider Übertragungsstrecke (US1) ermittelt wird, steuert.

11. Übertragungsabschnitt nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlungseinheiten (EE_A, EE_E) jeweils eine Messeinrichtung (M1, M2) zur Messung einer Signalleistung (S_A , S_E) bei von einem Signalbesetzten Kanal des Multiplex-Signals und zur Messung einer Rauschleistung (ASE_A , ASE_E) bei benachbarten unbesetzten Kanälen aufweisen.

12. Übertragungssystem mit mehreren angeschlossenen Übertragungsabschnitten gemäß Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen transparenten Übertragungsstrecken (US1, US2, US3, ...)

von aufeinanderfolgenden Übertragungsabschnitten Netzelemente (N1, N2, ...) mit spektralem Einfluss auf die Signale angeschlossen sind.

13. Übertragungssystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass zu einer am Anfang (A2) oder am Ende der zweiten aufeinanderfolgenden transparenten Übertragungsstrecken (US2) angekoppelten Ermittlungseinheiten (EE_A, EE_E) ein Signal zur Vermittlung der Verschlechterung der aus einer Ermittlungseinheit am Ende (E1) der ersten transparenten Übertragungsstrecken (US1) ermittelten Signal-Rauschabstände zugeführt ist.

14. Übertragungssystem nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Übertragungssystem bidirektional ist und dass die Kontrolleinheit (KE) jeweils ein Preemphase-Modul (P) an beiden Ein- und Ausgängen (A, E) jeder Übertragungsstrecke steuert.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

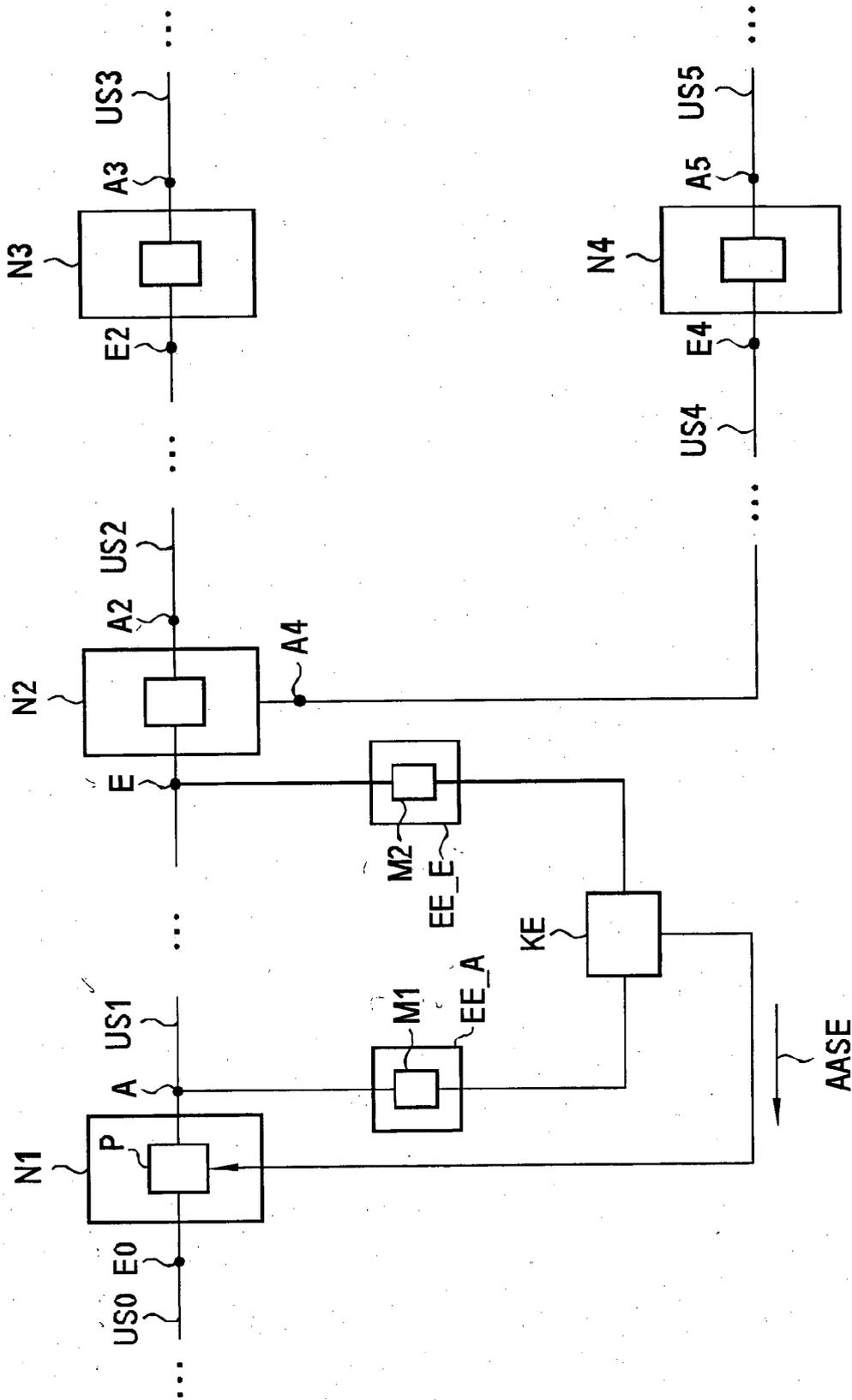


FIG 2

