



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 601 30 699 T2 2008.07.31

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 134 925 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 601 30 699.6

(96) Europäisches Aktenzeichen: 01 301 988.0

(96) Europäischer Anmeldetag: 05.03.2001

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 19.09.2001

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 03.10.2007

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 31.07.2008

(51) Int Cl.⁸: H04J 14/02 (2006.01)

H04B 10/08 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

525188 14.03.2000 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

Lucent Technologies Inc., Murray Hill, N.J., US

(72) Erfinder:

Al-Salameh, Daniel Yousef, Marlboro, New Jersey 07746, US; Levy, David Stuart, Freehold, New Jersey 07728, US

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: Optisches Übertragungssystem mit Leistungsoptimierung

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 eingelebt, 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 optische Übertragungssysteme und insbesondere die Leistungsoptimierung optischer Kanäle in optischen Übertragungssystemen.

Stand der Technik

[0002] Optische Übertragungssysteme und insbesondere diejenigen mit Wellenlängenmultiplex (WDM – Wavelength Division Multiplexing) sind wünschenswert, da sie äußerst weite Bandbreiten für Kommunikationskanäle bereitstellen. Jeder Kommunikationskanal in dem WDM-Übertragungssystem führt eine Mehrzahl optischer Kanäle, d. h. Wellenlängen, auf einer einzigen optischen Faser und einem einzigen optischen Zwischengenerator. Es besteht jedoch ein Kompromiß zwischen der Bereitstellung von Kommunikationskanälen mit weiterer Bandbreite mit ihren niedrigeren Transportkosten und ihrer Empfindlichkeit für Kanalbeeinträchtigungen oder dergleichen, die die Übertragungsgüte verstümmeln. Die Fähigkeit eines optischen Übertragungssystems, beispielsweise solcher mit WDM zum Minimieren der Auswirkungen von Kanalbeeinträchtigungen und sonstigen Signalverstümmelungsmechanismen auf die optischen Kommunikationsdienste ist jedoch von äußerster Bedeutung.

[0003] Frühere Bemühungen zur Verbesserung von WDM-Systemleistung umfassen ein Verfahren zur Überwachung und Entzerrung der Bitfehlerratenleistung (BER – Bit Error Rate) eines WDM-Systems, was in der europäischen Patentanmeldung von Barnard et al. "Methods for Equalizing WDM Systems" (Verfahren zur Entzerrung von WDM-Systemen), veröffentlicht als EP 0926854A2 am 30. Juni 1999, offenbart ist. Das Verfahren von Barnard et al. umfaßt die Identifizierung eines Fehlerschwell-Wertpegels für die für jedes Signal gemäß der Kanalrate definierte BER und Bestimmen der Dämpfung beispielsweise der Leistung jedes über die WDM-Strecke übertragenen Signals. Die Senderleistungen werden unter Berücksichtigung der für alle Kanäle bestimmten Dämpfungen eingestellt. Das Verfahren kann für Mehrkanalsysteme mit Zwischenknoten benutzt werden, wo Kanäle zugefügt und abgeworfen werden.

[0004] Es besteht ein weitergehender Bedarf an alternativen Verfahren zum Optimieren der Leistung eines WDM-Systems.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0005] Ein Verfahren und eine Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung sind in den unabhängigen Ansprüchen angeführt, auf die der Leser nun-

mehr verwiesen wird. Bevorzugte Merkmale sind in den abhängigen Ansprüchen aufgeführt.

[0006] Die Empfindlichkeit eines optischen Netzes für Kanalbeeinträchtigungen oder dergleichen wird durch Benutzung von Echtzeitüberwachung und Steuerung einer oder mehrerer vorgeschriebener Beeinträchtigungen des optischen Kanals behandelt. Die eine oder die mehreren Beeinträchtigungen werden durch Einsatz eines Optimierungsverfahrens im optischen Netz kompensiert, so daß die optischen Signale von der Quelle oder den Quellen der Beeinträchtigungen steuerbar an irgendeinem bestimmten Knoten im Netz eingestellt werden. In einer bestimmten Ausführungsform der Erfindung werden die optischen Signale mehr oder weniger am Ursprungsknoten des zugehörigen optischen Kanals, z. B. der Wellenlänge λ , gedämpft, um die Leistung des entsprechenden optischen Kanals im Netz zu optimieren. Dies wird durch Einsetzen eines veränderlichen optischen Dämpfungsgliedes an der λ -Laserquelle des optischen Kanals mit der Beeinträchtigung realisiert.

[0007] Insbesondere wird in einer bestimmten Ausführungsform der Erfindung die optische Signalbeeinträchtigung an einem Empfangsknoten gemessen und es wird der Ursprungsknoten des zugehörigen optischen Kanals bestimmt. Dann wird zu dem identifizierten Ursprungsknoten eine Steuerungsnachricht übertragen, die anzeigt, daß ein der Lichtquelle des entsprechenden optischen Kanals, z. B. der λ -Laserquelle, zugeordnetes veränderliches optisches Dämpfungsglied einzustellen ist, um gegebenenfalls mehr oder weniger Dämpfung einzufügen. Dieses Messungs- und Einstellungsverfahren wird solange wiederholt, bis der entsprechende optische Kanal optimale Leistung für die gemessene Beeinträchtigung ergibt. Bei dieser Ausführungsform der Erfindung werden die Steuerungsnachrichten in einem optischen Überwachungskanal übertragen.

[0008] In einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird zuerst ein VOA (variable optical attenuator – veränderliches optisches Dämpfungsglied) in einem der λ -Laserquelle des zugehörigen optischen Kanals zugeordneten entfernten Knoten eingestellt. Danach wird gegebenenfalls ein VOA in dem, dem überwachten optischen Kanal zugeordneten örtlichen Knoten eingestellt, um die vorgeschriebene Metrik des überwachten optischen Kanals weiter zu optimieren. Diese Einstellung des örtlichen VOA wird solange wiederholt, bis die Leistung des zugehörigen Kanals optimiert ist.

[0009] In einer noch weiteren Ausführungsform der Erfindung wird entweder ein VOA (veränderliches optisches Dämpfungsglied) in einem der λ -Laserquelle des zugehörigen optischen Kanals zugeordneten entfernten Knoten eingestellt oder es wird ein veränderliches optisches Dämpfungsglied an einem, dem

empfangenen vorgeschriebenen optischen Kanal zu geordneten örtlichen Knoten eingestellt oder es werden beide veränderliche optische Dämpfungsglieder in Abhängigkeit von einer Auswertung der vorgeschriebenen Metrik des vorgeschriebenen optischen Kanals eingestellt, um die vorgeschriebene Metrik des vorgeschriebenen optischen Kanals zu optimieren.

[0010] In einer noch weiteren Ausführungsform der Erfindung wird ein veränderliches optisches Dämpfungsglied in einem der λ -Laserquelle des zugehörigen optischen Kanals zugeordneten entfernten Knoten eingestellt und es wird ein veränderliches optisches Dämpfungsglied an einem, dem empfangenen vorgeschriebenen optischen Kanal zugeordneten örtlichen Knoten im wesentlichen gleichzeitig eingestellt, um die vorgeschriebene Metrik des vorgeschriebenen optischen Kanals zu optimieren.

[0011] Ein technischer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die Übertragungsleistung des einen oder der mehreren optischen Kanäle wesentlich in Echtzeit optimiert wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0012] [Fig. 1](#) zeigt in vereinfachter Blockschatzbildform Einzelheiten eines optischen Ringübertragungssystems;

[0013] [Fig. 2](#) zeigt in vereinfachter Blockschatzbildform Einzelheiten eines optischen Knotens einschließlich einer Ausführungsform der Erfindung, die in dem System der [Fig. 1](#) eingesetzt werden kann;

[0014] [Fig. 3](#) zeigt in vereinfachter Blockschatzbildform Einzelheiten einer Endgeräteeinheit, die in den optischen Knoten der [Fig. 2](#) und [Fig. 6](#) eingesetzt werden kann;

[0015] [Fig. 4](#) zeigt in vereinfachter Blockschatzbildform Einzelheiten einer weiteren Endgeräteeinheit, die in den optischen Knoten der [Fig. 2](#) und [Fig. 6](#) eingesetzt werden kann;

[0016] [Fig. 5](#) ist ein Flußdiagramm der bei der Implementierung optischer Kanaloptimierung in der Ausführungsform der Erfindung mit Einsatz des optischen Knotens der [Fig. 2](#) benutzten Schritte;

[0017] [Fig. 6](#) zeigt in vereinfachter Blockschatzbildform Einzelheiten eines weiteren optischen Knotens mit einer Ausführungsform der Erfindung, die in dem System der [Fig. 1](#) eingesetzt werden kann;

[0018] [Fig. 7](#) ist ein Flußdiagramm der bei der Implementierung eines Verfahrens zur Optimierung eines optischen Kanals in der Ausführungsform der Erfindung unter Einsatz des optischen Knotens der

[Fig. 6](#) benutzten Schritte;

[0019] [Fig. 8](#) ist ein Flußdiagramm der bei der Implementierung eines weiteren Verfahrens zur Optimierung eines optischen Kanals in der Ausführungsform der Erfindung unter Einsatz des optischen Knotens der [Fig. 6](#) benutzten Schritte; und

[0020] [Fig. 9](#) ist ein Flußdiagramm der bei der Implementierung eines noch weiteren Verfahrens zur Optimierung eines optischen Kanals in der Ausführungsform der Erfindung unter Einsatz des optischen Knotens der [Fig. 6](#) benutzten Schritte.

Ausführliche Beschreibung

[0021] [Fig. 1](#) zeigt in vereinfachter Form ein bidirektionales optisches Übertragungssystem **100**, das in einer Ringstruktur verbunden ist. Der Kürze und Deutlichkeit der Darlegung halber ist das optische Übertragungssystem **100** als nur optische Knoten **101** bis **104** enthalten dargestellt, die jeweils eine Ausführungsform der Erfindung umfassen. Die optischen Knoten **101** bis **104** sind durch ein bidirektionales Übertragungsmedium **105** miteinander verbunden, das der Kürze und Deutlichkeit der Darlegung halber im vorliegenden Beispiel aktive Dienstübertragungskapazität transportiert. Im vorliegenden Beispiel umfaßt das optische Übertragungsmedium **105** optische Fasern **106** und **107**. Es ist zu beachten, daß das bidirektionale optische Übertragungssystem **100** typischerweise ein System mit entweder zwei (2) optischen Fasern oder vier (4) optischen Fasern benutzt würden. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung enthält das Übertragungsmedium **105** zwei (2) optische Fasern, Faser **106** und Faser **107**, die zum Transportieren optischer Kanäle, d. h. Wellenlängen, und auch optischer Schutzkanäle benutzt werden. Das optische Übertragungssystem **100** könnte beispielsweise 8, 16, 32, 40, 80 usw. Kommunikationskanäle, d. h. Wellenlängen, transportieren. Auch ist zu beachten, daß in der Einordnung von entweder zwei (2) optischen Fasern oder vier (4) optischen Fasern ein getrennter sogenannter Telemetrie-, z. B. Überwachungskanal, als Wartungskanal zusätzlich zu den Kommunikationskanälen eingesetzt werden könnte. So werden in einem System mit acht (8) Kanälen neun (9) Kanäle transportiert, in einem System mit 16 Kanälen werden 17 Kanäle transportiert und so fort. Der Überwachungskanal bietet Wartungsunterstützung des optischen Netzes einschließlich von optischen Knoten **102** bis **104** wie auch Optimierungsinformationen zur Verwendung in den Knoten **101** bis **104** zum Optimieren der Übertragung über die optischen Wellenlängen im optischen Übertragungssystem **100**. Die Benutzung des Überwachungskanals beim Transportieren der Optimierungsinformationen zum Optimieren der optischen Wellenlängen im optischen Übertragungssystem **100** wird unten beschrieben. Zusätzlich könnten die War-

tungsinformationen wie auch die Optimierungsinformationen Inband im Kanal-Overhead transportiert werden. Solange wie die gewünschten Informationen zweckentsprechend zugeführt werden, ist es in der Tat eigentlich bedeutungslos, welches Medium für seinen Transport benutzt wird, Inband, Außerband, Telemetriekanal, Überwachungskanal, Kanal-Overhead oder dergleichen. Es sind Übertragungssysteme mit zwei (2) und vier (4) optischen Fasern bekannt.

[0022] [Fig. 2](#) zeigt in vereinfachter Blockschaltbildform Einzelheiten einzelner der optischen Knoten **101–104** jeweils mit einer Ausführungsform der Erfindung, die in dem System der [Fig. 1](#) eingesetzt werden können. Zu Beginn wird darauf hingewiesen, daß der Einfachheit und Deutlichkeit der Darlegung halber die vorliegende Ausführungsform als ein optischer Kanal, d. h. Wellenlänge, für jede Übertragungsrichtung beschrieben wird. Es wird jedoch offensichtlich sein, daß die Erfindung gleicherweise auf eine Mehrzahl von optischen Kanälen, d. h. Wellenlängen, anwendbar ist, die zu und von dem optischen Knoten empfangen und übertragen werden. Insbesondere wird ein vom Osten über die optische Faser **106** empfangenes optisches Signal dem optischen Demultiplexer (DMUX) **201** zugeführt. Das empfangene optische Signal ist ein optisches Wellenmultiplex-(WDM-)Signal und enthält typischerweise einen Satz von N Wellenlängen (λ_s), wobei $N = 0, 1, \dots, N$, und einen optischen Überwachungskanal. Solche optischen WDM-Signale mit einem optischen Überwachungskanal sind in der Technik wohlbekannt. Eine gedemultiplexte λ des empfangenen optischen Signals von DEMUX **201** wird über den optischen Weg **202** dem Endgerät **203** zugeführt, während der gedemultiplexte optische Überwachungskanal über den optischen Weg **204** der Steuerung **205** zugeführt wird. Ein als Ausgabe nach Osten zu lieferndes gemultiplextes optisches Signal wird vom optischen Multiplexer (MUX) **209** der nach Osten gehenden optischen Faser **107** zugeführt. Auf ähnliche Weise wird ein vom Westen über die optische Faser **107** empfangenes optisches Signal dem optischen Demultiplexer (DMUX) **206** zugeführt. Das empfangene optische Signal ist wiederum ein optisches Wellenmultiplex-(WDM-)Signal und enthält typischerweise einen Satz N Wellenlängen (λ_s), wobei $N = 0, 1, \dots$ und einen optischen Überwachungskanal. Eine gedemultiplexte λ des empfangenen optischen Signals wird vom DMUX **206** über den optischen Weg **207** dem Endgerät **203** zugeführt, während der gedemultiplexte optische Überwachungskanal über den optischen Weg **208** der Steuerung **205** zugeführt wird. Ein als Ausgabe nach Westen zu lieferndes gemultiplextes optisches Signal wird vom optischen Multiplexer (MUX) **210** der nach Westen gehenden optischen Faser **106** zugeführt.

[0023] Die Benutzereinheit **211** empfängt erkannte

empfangene Signale vom Endgerät **203** und liefert über das optische Netz zum Endgerät **203** zu transportierende Signale. Einzelheiten des Endgeräts **203** sind in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) dargestellt und werden unten beschrieben. Auch liefert das Endgerät **203** Versionen der empfangenen optischen Signale an den Monitor **212**. Der Monitor **212** enthält Vorrichtungen zum Erhalten von Maßen vorgeschriebener Signalübertragungsmetriken, zum Beispiel Bitfehlerrate (BER – Bit-Error-Rate), Signal/Rausch-Verhältnis, Nebensprechen oder dergleichen. Anordnungen zum Erhalten von Messungen solcher Metriken sind in der Technik wohlbekannt. Beispielsweise kann Nebensprechen durch Einsetzen eines optischen Spektrumanalysators zur Beobachtung eines gewünschten optischen Kanals, d. h. einer Wellenlänge, und eines benachbarten optischen Kanals, d. h. einer Wellenlänge, ausgewertet werden. Die Ergebnisse dieser Messungen werden vom Monitor **212** der Steuerung **205** zugeführt, wo sie in eine Steuerungsnachricht eingefügt werden, die in einem Überwachungskanal zur Übertragung zu einem Knoten einzufügen ist, einschließlich der Quelle des entsprechenden überwachten optischen Kanals. Der optische Überwachungskanal mit der sich ergebenden Steuerungsnachricht wird über den Weg **213** dem MUX **209** zugeführt, wo er mit anderen, der nach Osten gehenden optischen Faser **107** zuzuführenden optischen Kanälen gemultiplext wird. Auf ähnliche Weise wird der optische Überwachungskanal mit der sich ergebenden Steuerungsnachricht über den Weg **214** dem MUX **210** zugeführt, wo er mit anderen, der nach Westen gehenden optischen Faser **106** zuzuführenden optischen Kanälen gemultiplext wird. Der Überwachungskanal mit der Steuerungsnachricht des überwachten optischen Kanals wird an einem Knoten gedemultiplext, einschließlich der Quelle des optischen Kanals. Unter Verwendung des gegenwärtigen Knotens für Erläuterungszwecke wird das ankommende optische WDM-Signal mit einem optischen Überwachungskanal aus dem Osten im DEMUX **201** gedemultiplext und die Steuerungsnachricht wird über den Weg **204** der Steuerung **205** zugeführt. Auf ähnliche Weise wird ein ankommendes optisches WDM-Signal mit einem optischen Überwachungskanal aus dem Westen im DEMUX **206** gedemultiplext und die Steuerungsnachricht wird über den Weg **208** der Steuerung **205** zugeführt. Als Antwort auf die zugeführten Steuerungsnachrichten werden von der Steuerung **205** entsprechende Steuerungsnachrichten zu jedem der veränderlichen optischen Dämpfungsglieder **215** und **216** zugeführt. Die veränderlichen optischen Dämpfungsglieder **215** und **216** werden dementsprechend eingestellt und infolgedessen sind vom Endgerät **203** zugeführte optische Kanäle wie durch die zugeführten Steuerungsnachrichten angedeutet mehr oder weniger gedämpft. Vom VOA **215** wird ein entsprechender eingestellter optischer Kanal dem Multiplexer (MUX) **210** zugeführt, um mit dem optischen Überwachungskanal einschließlich

der VOA-Steuerungsnachricht von der Steuerung **205** zur Übertragung der nach Westen gehenden Richtung über die optische Faser **106** gemultiplext zu werden. Auf ähnliche Weise wird ein entsprechender eingestellter optischer Kanal vom VOA **216** dem Multiplexer (MUX) **209** zugeführt, um mit dem optischen Überwachungskanal einschließlich der VOA-Steuerungsnachricht von der Steuerung **205** zur Übertragung in der nach Westen gehenden Richtung über die optische Faser **107** gemultiplext zu werden.

[0024] Das obenbeschriebene Leistungsoptimierungsverfahren der Überwachung eines bestimmten optischen Kanals, Erzeugung einer VOA-Steuerungsnachricht, Übertragung der Steuerungsnachricht im vorliegenden Beispiel über den optischen Überwachungskanal zu einem Ursprungsknoten einschließlich der Quelle des überwachten optischen Kanals und Einstellung des VOA am Ursprungsknoten wird solange wiederholt, bis die Leistung des überwachten optischen Kanals optimiert worden ist. In der Tat wird die Übertragungsleistung des einen oder der mehreren optischen Kanäle dadurch in im wesentlichen Echtzeit optimiert. Dieses Leistungsoptimierungsverfahren für die in [Fig. 2](#) gezeigte Ausführungsform ist in [Fig. 5](#) dargestellt und wird unten beschrieben.

[0025] [Fig. 3](#) zeigt in vereinfachter Blockschaltbildform Einzelheiten einer Endgeräteeinheit **203**, die in den optischen Knoten der [Fig. 2](#) und [Fig. 6](#) eingesetzt werden kann. Insbesondere dargestellt sind Detektoren **301** und **303**, denen optische Signale von der Benutzereinheit **211** zugeführt werden. Diese optischen Signale sind eine von der Benutzereinheit **211** eingesetzte vorgeschriebene Wellenlänge. Von den Detektoren **301** und **303** werden die optischen Signale von der Benutzereinheit **211** in elektrische Signale umgewandelt. Die elektrischen Signale von den Detektoren **301** und **303** werden wiederum zur Ansteuerung der Laser **302** bzw. **304** geliefert, um zu treffend modulierte optische Signale mit der optischen Kanalwellenlänge λ_v zu ergeben, die über Wege **217** und **218** dem VOA **215** bzw. VOA **216** zugeführt werden. Ebenfalls dargestellt sind die Detektoren **303** und **304**, die über Wege **207** bzw. **208** zugeführte optische Signale mit λ des optischen Kanals erkennen, um elektrische Versionen derselben zu ergeben. Diese erkannten elektrischen Signale von den Detektoren **303** und **304** werden zum Ansteuern der Laser **306** bzw. **308** geliefert und werden auch über den Weg **220** dem Monitor **212** zugeführt. Die von Lasern **306** und **308** ausgegebenen optischen Signale liegen auf einer von der Benutzereinheit **211** erwarteten vorgeschriebenen Wellenlänge und werden der Benutzereinheit **211** und über den Weg **219** dem Monitor **212** zugeführt.

[0026] [Fig. 4](#) zeigt in vereinfachter Blockschaltbildform Einzelheiten einer weiteren Endgeräteeinheit

203, die in den optischen Knoten der [Fig. 2](#) und [Fig. 6](#) eingesetzt werden kann. Geräteelemente, die die gleichen wie die oben im Verhältnis zur [Fig. 3](#) dargestellten und beschriebenen sind, sind ähnlich numeriert und werden nicht ausführlich noch einmal beschrieben. Die Unterschiede zwischen der in [Fig. 3](#) gezeigten Geräteanordnung und der in [Fig. 4](#) gezeigten bestehen darin, daß die über Wege **202** und **207** zugeführten Signale optischer Kanäle direkt über den Weg **220** dem Monitor **212** zugeführt werden und die von Detektoren **305** und **307** ausgegebenen elektrischen Signale nicht als dem Monitor **212** zugeführt dargestellt sind. Dies ermöglicht eine direkte Überwachung der Signale des optischen Kanals in optischer Form. Dies kann beispielsweise durch Einsetzen eines optischen Spektrumanalysators oder eines sonstigen optischen Metrik-Meßgeräts durchgeführt werden. Es ist jedoch zu beachten, daß die elektrischen Signalausgaben von Detektoren **305** und **307** in anderen Implementierungen auch dem Monitor **212** zugeführt werden können.

[0027] [Fig. 5](#) ist ein Flußdiagramm der bei der Implementierung der Optimierung optischer Kanäle in der Ausführungsform der Erfindung unter Einsatz des optischen Knotens der [Fig. 2](#) benutzten Schritte. Insbesondere beginnt der Leistungsüberwachungsvorgang der optischen Kanäle im Schritt **501**. Es ist zu beachten, daß das Überwachungsverfahren von einem Benutzer über die Benutzereinheit **211** ([Fig. 1](#)) eingeleitet werden kann, die ein zutreffendes Einleitungssignal der Steuerung **205** zuführt, oder automatisch als Reaktion auf die Erkennung irgendeiner Leistungsmetrik, die außerhalb annehmbarer Kriterien liegt, beispielsweise irgendeines charakteristischen Grenz- oder Schwellwerts, der obere und untere Grenzen oder dergleichen umfassen könnte. Im Schritt **502** wird auf einen optischen Kanal, d. h. eine Wellenlänge initialisiert, deren Leistung zu überwachen, d. h. auszuwerten ist. Im vorliegenden Beispiel wird die Wellenlänge auf $\lambda = 1$ eingestellt. Danach wird im Schritt **503** eine vorgeschriebene Leistungsmetrik der Wellenlänge ausgewertet. Wie angedeutet kann die ausgewertete Metrik die Bitfehlerrate (BER – Bit-Error-Rate), das Signal/Rausch-Verhältnis (S/N – Signal-to-Noise), Nebensprechen oder dergleichen sein. Es ist zu bemerken, daß, wenn die ausgewertete vorbestimmte Metrik Nebensprechen ist, ein optischer Spektrumanalysator vorteilhafterweise im Monitor **212** ([Fig. 2](#)) benutzt werden kann und das Gerät **203** nach der Darstellung in [Fig. 3](#) würde zur Zuführung der ankommenen optischen Kanäle, d. h. Wellenlängen λ , zum Monitor **212** eingesetzt werden. Beispieldarstellungen wird Nebensprechen durch Einsetzen eines optischen Spektrumanalysators (OSA) gemessen, der eine Messung des durchschnittlichen Leistungsspektrums eines ankommenen optischen Kanals ergibt. Der interessierende Spektralbereich wird von den MUX- und DEMUX-Filtern am entfernten Knoten ausgewählt, von dem das optische Signal

stammte. Diese Filter besitzen eine endliche Bandbreite, die so ausgewählt ist, daß sie den gesamten Spektralbereich umfaßt, der den ausgewerteten optischen Kanal führt. Es sind diese Filter, die die Übertragung des unerwünschten Nebensprechens erlauben, das sich durch eine Störung des gemessenen optischen Spektrums manifestiert. Gewöhnlich werden die größten Beiträger von Nebensprechen durch der optischen Quelle für den ausgewerteten optischen Kanal benachbarte optische Kanalquellen verursacht. Es ist jedoch möglich, daß andere optische Quellen nahebei ebenfalls Nebensprechen beitragen. In einem solchen Fall kann der gemessene Spektralbereich erweitert werden, um solche nahe optischen Quellen einzufangen. Dann wird die Steuerung zum Schritt 504 übergeben, in dem geprüft wird, um zu bestimmen, ob die vorbestimmte Metrik innerhalb annehmbarer Kriterien liegt. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 504 JA ist, wird Steuerung zum Schritt 505 übertragen. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 504 NEIN ist, wird im Schritt 506 der Ursprungsknoten einschließlich der Laserquelle des überwachten optischen Kanals, d. h. λ bestimmt. Dies wird leicht durch Benutzung einer typischerweise in der Steuerung 205 (Fig. 2) gespeicherten Karte der Ursprungs- und Endknoten des ausgewerteten optischen Kanals, d. h. der Wellenlänge λ oder der ausgewerteten optischen Kanäle, d. h. Wellenlängen λ_N realisiert. Im Schritt 507 wird veranlaßt, daß eine Nachricht zum bestimmten Ursprungsknoten gesendet wird, im vorliegenden Beispiel über eine Steuerungsnachricht in einem optischen Überwachungskanal, zur Einstellung eines der λ -Laserquelle zugeordneten VOA. Dann wird im Schritt 508 bestimmt, ob das zugeordnete VOA eingestellt worden ist. Dies läßt sich dadurch realisieren, daß der Knoten mit der λ -Laserquelle eine Bestätigungsnachricht über den optischen Überwachungskanal zu dem Knoten sendet, der die Leistung des optischen Kanals überwacht. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 508 NEIN ist, wird Steuerung zum Schritt 507 zurückgegeben und es werden Schritte 507 und 508 solange wiederholt, bis der Schritt 508 ein Ergebnis JA und eine Bestätigung, daß das zugehörige VOA eingestellt worden ist, ergibt. Wenn der Schritt 508 ein Ergebnis JA ergibt, wird im Schritt 509 die überwachte vorbestimmte Metrik ausgewertet. Dann wird im Schritt 510 geprüft, um zu bestimmen, ob die Metrik innerhalb annehmbarer Kriterien liegt. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 510 NEIN ist, wird Steuerung zum Schritt 507 zurückgegeben und es werden die zutreffenden der Schritte 507 bis 510 solange wiederholt, bis der Schritt 510 ein Ergebnis JA ergibt.

[0028] Wenn der Schritt 510 ein Ergebnis JA ergibt, wird die Steuerung ebenfalls zum Schritt 505 übertragen. Im Schritt 505 wird geprüft, um zu bestimmen, ob $\lambda = N$, d. h. ob die letzte λ in einer Menge ausgewertet worden ist. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 505 NEIN ist, wird im Schritt 511 $\lambda = \lambda + 1$ ein-

gestellt und die Steuerung zum Schritt 503 zurückgegeben. Danach werden zutreffende der Schritte 503 bis 511 solange wiederholt, bis der Schritt 505 ein Ergebnis JA ergibt. Dann wird das Verfahren im Schritt 512 beendet. Auf diese Weise werden durch das Optimierungsverfahren der eine oder die mehreren optischen Kanäle effektiv in im wesentlichen Echtzeit optimiert.

[0029] Fig. 6 zeigt in vereinfachter Blockschaltbildform Einzelheiten eines weiteren optischen Knotens einschließlich einer Ausführungsform der Erfindung, der im System der Fig. 1 eingesetzt werden kann. Die denen des optischen Knotens der Fig. 2 gleichen Elemente des optischen Knotens der Fig. 6 sind ähnlich numeriert und werden nicht wieder beschrieben. Die Unterschiede zwischen dem optischen Knoten der Fig. 2 und dem optischen Knoten der Fig. 6 liegen in der Verwendung eines sogenannten lokalen VOA 601 und eines sogenannten lokalen VOA 602 auf den ankommenden optischen Wegen 202 bzw. 207. VOA 601 und VOA 602 werden als Reaktion auf entsprechende Steuerungsnachrichten von der Steuerung 205 gesteuert.

[0030] Fig. 7 ist ein Flußdiagramm der in einem Verfahren zur Implementierung der Optimierung eines optischen Kanals in der Ausführungsform der Erfindung mit dem optischen Knoten der Fig. 6 benutzten Schritte. Insbesondere beginnt das Leistungsüberwachungsverfahren der optischen Kanäle im Schritt 701. Es ist zu beachten, daß das Überwachungsverfahren durch einen Benutzer über die Benutzereinheit 211 (Fig. 1) eingeleitet werden kann, die ein zutreffendes Einleitungssignal der Steuerung 205 führt, oder automatisch als Reaktion auf die Erkennung, daß irgendeine Leistungsmetrik außerhalb annehmbarer Kriterien liegt. Im Schritt 702 wird auf einen optischen Kanal, d. h. eine Wellenlänge initialisiert, deren Leistung zu überwachen, d. h. auszuwerten ist. Im vorliegenden Beispiel wird die Wellenlänge auf $\lambda = 1$ eingestellt. Danach wird im Schritt 703 eine vorgeschriebene Leistungsmetrik der Wellenlänge wie oben im Verhältnis zur Fig. 5 beschrieben ausgewertet. Im Schritt 704 wird geprüft, um zu bestimmen, ob die vorbestimmte Metrik innerhalb annehmbarer Kriterien liegt. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 704 JA ist, wird Steuerung zum Schritt 705 übertragen. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 704 NEIN ist, wird im Schritt 706 der überwachte Ursprungsknoten einschließlich der Laserquelle des optischen Kanals, d. h. λ , wie oben im Verhältnis zur Fig. 5 beschrieben bestimmt. Im Schritt 707 wird veranlagt, daß eine Nachricht zu dem bestimmten Ursprungsknoten gesendet wird, im vorliegenden Beispiel über eine Steuerungsnachricht in einem optischen Überwachungskanal, um ein der λ -Laserquelle zugeordnetes VOA an einem entfernten Knoten einzustellen. Dann wird im Schritt 708 bestimmt, ob das zugeordnete VOA eingestellt worden ist. Dies läßt

sich dadurch realisieren, daß der die λ -Laserquelle enthaltende Knoten eine Bestätigungsnachricht über den optischen Überwachungskanal zu dem Knoten sendet, der die Leistung des optischen Kanals überwacht. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 708 NEIN ist, wird die Steuerung zum Schritt 707 zurückgegeben und Schritte 707 und 708 werden solange wiederholt, bis der Schritt 708 ein Ergebnis JA ergibt, und eine Bestätigung, daß das zugehörige entfernte VOA eingestellt worden ist. Es ist zu beachten, daß die Einstellung des entfernten VOA die überwachte vorbestimmte Metrik bedeutsam optimieren sollte. Wenn der Schritt 708 ein Ergebnis JA ergibt, wird im Schritt 709 die überwachte vorbestimmte Metrik ausgewertet. Dann wird im Schritt 710 geprüft, um zu bestimmen, ob die vorbestimmte Metrik innerhalb annehmbarer Kriterien liegt. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 710 NEIN ist, wird die Steuerung zum Schritt 711 weitergegeben, in dem veranlaßt wird, daß eine Steuerungsnachricht zu einem lokalen VOA, beispielsweise VOA 601, gesendet wird, das der überwachten λ -Quelle zugeordnet ist. Dann wird im Schritt 712 geprüft, ob das lokale VOA eingestellt worden ist. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 712 NEIN ist, wird die Steuerung zum Schritt 711 zurückgegeben und Schritte 711 und 712 werden solange wiederholt, bis der Schritt 712 ein Ergebnis JA ergibt. Danach wird die Steuerung zum Schritt 709 zurückgegeben und Schritte 709 bis 712 werden solange wiederholt, bis der Schritt 710 ein Ergebnis JA ergibt. Wenn der Schritt 710 ein Ergebnis JA ergibt, wird die Steuerung ebenfalls zum Schritt 705 übertragen. Im Schritt 705 wird geprüft, um zu bestimmen, ob $\lambda = N$, d. h. ob die letzte λ in einer Menge ausgewertet worden ist. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 705 NEIN ist, wird im Schritt 713 $\lambda = \lambda + 1$ eingestellt und die Steuerung zum Schritt 703 zurückgegeben. Danach werden zutreffende der Schritte 703 bis 713 solange wiederholt, bis der Schritt 705 ein Ergebnis JA ergibt. Dann wird das Verfahren im Schritt 714 beendet.

[0031] So ist ersichtlich, daß in der Ausführungsform der [Fig. 6](#) zuerst eine Einstellung des der überwachten λ -Laserquelle zugeordneten entfernten VOA durchgeführt wird. Danach wird gegebenenfalls ein der überwachten λ -Laserquelle zugeordnetes lokales VOA solange eingestellt, bis die überwachte vorbestimmte Metrik optimiert ist. Auf diese Weise wird durch das Optimierungsverfahren der eine oder die mehreren optischen Kanäle effektiv in im wesentlichen Echtzeit optimiert.

[0032] Es ist zu beachten, daß, obwohl das entfernte VOA in dem in [Fig. 7](#) beschriebenen Verfahren zuerst eingestellt und das lokale VOA danach eingestellt wird, es offensichtlich ist, daß das lokale VOA gleicherweise zuerst und das entfernte VOA danach eingestellt werden könnte. In der Tat könnte jedes gewünschte Einstellungsschema benutzt werden. Bei-

spielsweise könnten Einstellungen zwischen lokalen und entfernten VOA abwechseln.

[0033] [Fig. 8](#) ist ein Flußdiagramm der in einem weiteren Verfahren zur Implementierung von Optimierung eines optischen Kanals in der Ausführungsform der Erfindung mit dem optischen Knoten der [Fig. 6](#) benutzten Schritte. Insbesondere beginnt das Leistungsüberwachungsverfahren der optischen Kanäle im Schritt 801. Es ist zu bemerken, daß das Überwachungsverfahren dadurch eingeleitet werden kann, daß ein Benutzer über die Benutzereinheit 211 ([Fig. 1](#)) ein zutreffendes Einleitungssignal zur Steuerung 205 zuführt, oder automatisch als Reaktion auf die Erkennung, daß irgendeine Leistungsmetrik außerhalb annehmbarer Kriterien liegt. Im Schritt 802 wird auf einen optischen Kanal, d. h. eine Wellenlänge initialisiert, deren Leistung zu überwachen, d. h. auszuwerten ist. Im vorliegenden Beispiel wird die Wellenlänge auf $\lambda = 1$ eingestellt. Danach wird im Schritt 803 eine vorgeschriebene Leistungsmetrik der Wellenlänge wie oben im Verhältnis zur [Fig. 5](#) beschrieben ausgewertet. Im Schritt 804 wird geprüft, um zu bestimmen, ob die vorbestimmte Metrik innerhalb annehmbarer Kriterien liegt. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 804 JA ist, wird die Steuerung zum Schritt 805 übertragen. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 804 NEIN ist, wird im Schritt 806 bestimmt, ob die überwachte Metrik im wesentlichen annehmbar ist. Das heißt im Schritt 806 wird bestimmt, ob die Metrik innerhalb einer vorgeschriebenen Grenze für die überwachte Metrik liegt oder nicht. Im Effekt wird in diesem Schritt 806 bestimmt, ob eine bedeutsame oder nur eine feinere Einstellung zur Optimierung des optischen Kanals erforderlich ist. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 806 JA ist, ist möglicherweise nur eine Feinabstimmungseinstellung erforderlich und die Steuerung wird zum Schritt 812 übertragen. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 806 NEIN ist, könnte eine bedeutsamere Einstellung erforderlich sein und die Steuerung wird zum Schritt 807 übertragen. Im Schritt 807 wird der Ursprungsknoten einschließlich des überwachten optischen Kanals, d. h. der λ -Laserquelle wie oben im Verhältnis zur [Fig. 5](#) beschrieben, bestimmt. Im Schritt 808 wird veranlaßt, daß zu dem bestimmten Ursprungsknoten eine Nachricht gesendet wird, im vorliegenden Beispiel über eine Steuerungsnachricht in einem optischen Überwachungskanal, um ein der λ -Laserquelle an einem entfernten Knoten zugeordnetes VOA einzustellen. Dann wird im Schritt 809 bestimmt, ob das zugeordnete VOA eingestellt worden ist. Dies läßt sich dadurch realisieren, daß der Knoten mit der λ -Laserquelle eine Bestätigungsnachricht über den optischen Überwachungskanal zu dem Knoten sendet, der die Leistung des optischen Kanals überwacht. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 809 NEIN ist, wird die Steuerung zum Schritt 808 zurückgegeben und Schritte 808 und 809 werden solange wiederholt, bis der Schritt 809 ein Ergebnis JA ergibt.

nis JA, und eine Bestätigung, daß das zugeordnete entfernte VOA eingestellt worden ist, ergibt. Es ist zu bemerken, daß die Einstellung des entfernten VOA die überwachte vorgeschriebene Metrik bedeutsam optimieren sollte. Wenn der Schritt 809 ein Ergebnis JA ergibt, wird im Schritt 810 die überwachte vorgeschriebene Metrik ausgewertet. Dann wird im Schritt 811 geprüft, um zu bestimmen, ob die vorgeschriebene Metrik innerhalb annehmbarer Kriterien liegt. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 811 NEIN ist, wird die Steuerung zum Schritt 812 zurückgegeben, in dem veranlaßt wird, daß eine Steuerungsnachricht zu einem lokalen VOA, beispielsweise dem VOA 601 gesendet wird, das der überwachten λ -Quelle zugeordnet ist. Dann wird im Schritt 813 geprüft, um zu bestimmen, ob das lokale VOA eingestellt worden ist. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 813 NEIN ist, wird die Steuerung zum Schritt 812 zurückgegeben und die Schritte 812 und 813 werden solange wiederholt, bis der Schritt 813 ein Ergebnis JA ergibt. Danach wird die Steuerung zum Schritt 810 zurückgegeben und Schritte 810 bis 813 werden solange wiederholt, bis der Schritt 811 ein Ergebnis JA ergibt. Wenn der Schritt 811 ein Ergebnis JA ergibt, wird die Steuerung ebenfalls zum Schritt 805 übertragen. Im Schritt 805 wird geprüft, um zu bestimmen, ob $\lambda = N$, d. h. ob die letzte λ in einer Menge ausgewertet worden ist. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 805 NEIN ist, wird im Schritt 814 $\lambda = \lambda + 1$ eingestellt und die Steuerung wird zum Schritt 803 zurückgegeben. Danach werden zutreffende der Schritte 803 bis 814 solange wiederholt, bis der Schritt 805 ein Ergebnis JA ergibt. Dann wird das Verfahren im Schritt 815 beendet.

[0034] So ist ersichtlich, daß in der Ausführungsform der Fig. 6 das in der Fig. 8 dargestellte Verfahren verlassen kann, daß zuerst eine Einstellung des der überwachten λ -Laserquelle zugeordneten entfernten VOA durchgeführt wird und danach gegebenenfalls ein der überwachten λ -Laserquelle zugeordnetes lokales VOA solange eingestellt wird, bis die überwachte vorgeschriebene Metrik optimiert ist. Als Alternative könnte es unter gewissen Bedingungen nur notwendig sein, nur eines der VOA einzustellen, beispielsweise könnte nur das lokale VOA eingestellt oder das entfernte VOA eingestellt werden. Auf diese Weise wird durch das Optimierungsverfahren der eine oder die mehreren optischen Kanäle effektiv im wesentlichen Echtzeit optimiert.

[0035] Fig. 9 ist ein Flußdiagramm der in einem noch weiteren Verfahren zur Implementierung der Optimierung eines optischen Kanals in der Ausführungsform der Erfindung mit dem optischen Knoten der Fig. 6 benutzten Schritte. Insbesondere beginnt das Leistungsüberwachungsverfahren der optischen Kanäle im Schritt 901. Es ist zu bemerken, daß das Überwachungsverfahren dadurch eingeleitet werden kann, daß ein Benutzer über die Benutzereinheit 211

(Fig. 1) ein zutreffendes Einleitungssignal der Steuerung 205 zuführt, oder automatisch als Reaktion auf die Erkennung, daß irgendeine Leistungsmetrik außerhalb annehmbarer Kriterien liegt. Im Schritt 902 wird auf einen optischen Kanal, d. h. eine Wellenlänge initialisiert, deren Leistung zu überwachen, d. h. auszuwerten ist. Im vorliegenden Beispiel ist die Wellenlänge auf $\lambda = 1$ eingestellt. Danach wird im Schritt 903 eine vorgeschriebene Leistungsmetrik der Wellenlänge wie oben im Verhältnis zur Fig. 5 beschrieben ausgewertet. Im Schritt 904 wird überprüft, um zu bestimmen, ob die vorgeschriebene Metrik innerhalb annehmbarer Kriterien liegt. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 904 JA ist, wird die Steuerung zum Schritt 905 übertragen. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 904 NEIN ist, wird Schritt 906 der Ursprungsknoten einschließlich des überwachten optischen Kanals, d. h. der λ -Laserquelle wie oben im Verhältnis zur Fig. 5 beschrieben bestimmt. Im Schritt 907 wird veranlaßt, daß eine Nachricht zu den bestimmten Ursprungsknoten, im vorliegenden Beispiel über eine Steuerungsnachricht in einem optischen Überwachungskanal, gesendet wird, um ein der λ -Laserquelle an einem entfernten Knoten zugeordnetes VOA einzustellen, und eine Nachricht zum Einstellen eines dem überwachten optischen Kanals zugeordneten lokalen VOA gesendet wird. So ist ersichtlich, daß in der vorliegenden Ausführungsform das entfernte VOA und das lokale VOA gleichzeitig eingestellt werden. Dann wird im Schritt 908 bestimmt, ob die zugehörigen VOA eingestellt worden sind. Dies läßt sich dadurch realisieren, daß der Knoten mit der λ -Laserquelle eine Bestätigungsnachricht über den optischen Überwachungskanal zu dem Knoten sendet, der die Leistung des optischen Kanals überwacht. Der Knoten mit dem lokalen VOA trifft seine eigene Bestimmung, ob das lokale VOA eingestellt worden ist. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 908 NEIN ist, wird Steuerung zum Schritt 907 zurückgegeben und Schritte 907 und 908 werden solange wiederholt, bis der Schritt 908 ein Ergebnis JA und Bestätigungen, daß die zugehörigen VOA eingestellt worden sind, ergibt. Es ist zu bemerken, daß die Einstellung des entfernten VOA die überwachte vorgeschriebene Metrik bedeutsam optimieren sollte. Wenn Schritt 908 ein Ergebnis JA ergibt, wird im Schritt 909 die überwachte vorgeschriebene Metrik ausgewertet. Dann wird im Schritt 910 überprüft, um zu bestimmen, ob die vorgeschriebene Metrik innerhalb annehmbarer Kriterien liegt. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 910 NEIN ist, wird die Steuerung zum Schritt 907 zurückgegeben und Schritte 907 bis 910 werden solange wiederholt, bis der Schritt 910 ein Ergebnis JA ergibt. Wenn der Schritt 910 ein Ergebnis JA ergibt, wird die Steuerung ebenfalls zum Schritt 905 zurückgegeben. Im Schritt 905 wird überprüft, um zu bestimmen, ob $\lambda = N$ ist, d. h. ob die letzte λ in einer Menge ausgewertet worden ist. Wenn das Prüfungsergebnis im Schritt 905 NEIN ist, wird im Schritt 911 $\lambda = \lambda + 1$ gesetzt und die Steu-

erung wird um Schritt **903** zurückgegeben. Danach werden zutreffende der Schritte **903** bis **911** solange wiederholt, bis der Schritt **905** ein Ergebnis JA ergibt. Dann wird das Verfahren im Schritt **912** beendet.

[0036] So ist ersichtlich, daß in der Ausführungsform der [Fig. 6](#) über das in [Fig. 9](#) dargestellte Verfahren sowohl das entfernte VOA als auch das lokale VOA gleichzeitig eingestellt werden. Auf diese Weise wird durch das Optimierungsverfahren der eine oder die mehreren optischen Kanäle effektiv in im wesentlichen Echtzeit optimiert.

[0037] Es ist weiterhin zu bemerken daß, wenn die gleichzeitige Einstellung sowohl des entfernten VOA als auch des lokalen VOA nicht eine gewünschte Optimierung des optischen Kanals ergibt, eines oder mehrere der oben im Verhältnis zu [Fig. 5](#), [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) beschriebenen Verfahren wie gewünscht benutzt werden kann. Beispielsweise könnten nach der gleichzeitigen Einstellung des entfernten und des lokalen VOA Schritte **507** bis **510** der [Fig. 5](#) benutzt werden, um nur das entfernte VOA weiter einzustellen. Auf ähnliche Weise könnten Schritte **709** bis **712** der [Fig. 7](#) benutzt werden, wenn es wünschenswert wäre, nur das lokale VOA weiter einzustellen. Abschließend könnten Schritte **806** bis **813** der [Fig. 8](#) benutzt werden, wenn es wünschenswert wäre, das entfernte VOA, das lokale VOA oder beide VOA weiter einzustellen.

[0038] Es versteht sich, daß die oben beschriebenen Ausführungsformen nur beispielhaft für die Grundsätze der Erfindung sind. In der Tat könnten vom Fachmann zahlreiche sonstige Verfahren oder Einrichtungen ausgearbeitet werden, ohne von der Erfindung abzuweichen. Insbesondere könnte die bestimmte Reihenfolge, in der das einem bestimmten optischen Kanal zugeordnete lokale und entfernte VOA eingestellt wird, von Anwendung zu Anwendung anders sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verwendung in einem optischen Übertragungssystem (**100**) zum Optimieren der Leistung des optischen Kanals mit folgenden Schritten:

- a) Auswählen (**502**) eines empfangenen vorgeschriebenen optischen Kanals mit einer vorgeschriebenen Wellenlänge;
- b) einem ersten Schritt des Auswertens (**503**) einer vorbestimmten Übertragungsleistungsmetrik des ausgewählten vorgeschriebenen optischen Kanals;
- c) einem ersten Schritt des Bestimmens (**504**), ob die vorgeschriebene Metrik in Auswertung innerhalb annehmbarer Kriterien liegt;

dadurch gekennzeichnet, daß:

- d) wenn der erste Schritt des Bestimmens anzeigt, daß die vorgeschriebene Metrik nicht innerhalb annehmbarer Kriterien liegt, Durchführen folgender

Schritte:

k) Bestimmen (**506**) eines Ursprungsknotens mit einer Laserquelle für die vorgeschriebene optische Wellenlänge des ausgewählten vorgeschriebenen optischen Kanals;

l) Erzeugen und Einfügen einer ersten Steuerungsnachricht in einem vorgeschriebenen optischen Kanal; wobei die erste Steuerungsnachricht zum Einstellen mindestens einer ersten steuerbaren optischen Leistungseinstellungseinheit bestimmt ist, die dem ausgewählten vorgeschriebenen optischen Kanal zugeordnet ist; und

m) Übertragen (**507**) der ersten Steuerungsnachricht in dem vorgeschriebenen optischen Kanal zum Ursprungsknoten zum Veranlassen der Einstellung der ersten steuerbaren Leistungseinstellungseinheit auf eine Weise zum Optimieren der vorgeschriebenen Metrik des ausgewählten vorgeschriebenen optischen Kanals.

2. Verfahren nach Anspruch 1, weiterhin mit folgenden Schritten: f) einem zweiten Schritt des Auswertens der vorbestimmten Übertragungsleistungsmetrik des ausgewählten vorgeschriebenen optischen Kanals, g) einem zweiten Schritt des Bestimmens, ob die vorgeschriebene Metrik in Auswertung innerhalb annehmbarer Kriterien liegt, und h) wenn nicht, Wiederholen der Schritte d) bis h), bis die vorgeschriebene Metrik innerhalb annehmbarer Kriterien liegt, wobei die Leistung des ausgewählten vorgeschriebenen optischen Kanals optimiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das optische Übertragungssystem einen oder mehrere optische Kanäle jeweils mit einer vorgeschriebenen Wellenlänge transportiert und weiterhin mit folgenden Schritten: i) Bestimmen, ob der optimierte ausgewählte vorgeschriebene optische Kanal der letzte des einen oder der mehreren optischen Kanäle ist und wenn nicht j) Auswählen eines weiteren vorgeschriebenen optischen Kanals mit einer weiteren vorgeschriebenen optischen Wellenlänge und Wiederholen der Schritte b) bis j), bis Schritt i) anzeigt, daß der letzte der ausgewählten vorgeschriebenen optischen Kanäle optimiert worden ist.

4. Verfahren nach Anspruch 2, weiterhin mit den Schritten des Bestimmens, ob die erste steuerbare optische Leistungseinstellungseinheit eingestellt worden ist und, wenn nicht, Zuführen der ersten Steuerungsnachricht und Bestimmen, ob die erste steuerbare optische Leistungseinstellungseinheit eingestellt worden ist, bis bestimmt wird, daß die erste steuerbare optische Leistungseinstellungseinheit eingestellt worden ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der vorgeschriebene optische Kanal ein optischer Überwachungskanal ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der vorgeschriebene optische Kanal einen Overhead-Teil enthält und wobei die erste Steuerungsnachricht in ein Feld in dem Overhead-Teil des vorgeschriebenen optischen Kanals eingefügt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das optische Übertragungssystem einen oder mehrere optische Kanäle jeweils mit einer vorgeschriebenen Wellenlänge transportiert und die erste steuerbare Leistungseinstellungseinheit ein erstes veränderliches optisches Dämpfungsglied enthält und weiterhin folgende Schritte umfassend: n) Empfangen des vorgeschriebenen optischen Kanals, o) Benutzen der ersten Steuerungsnachricht zum Einstellen eines Dämpfungswertes des ersten veränderlichen optischen Dämpfungsgliedes in einer Richtung zur Optimierung der Leistung des ausgewählten vorgeschriebenen optischen Kanals, p) Bestimmen, ob der optimierte ausgewählte vorgeschriebene optische Kanal der letzte des einen oder der mehreren optischen Kanäle ist und, wenn nicht q) Auswählen eines weiteren vorgeschriebenen optischen Kanals mit einer weiteren vorgeschriebenen optischen Wellenlänge und Wiederholen der Schritte b) bis d) und k) bis q), bis der Schritt p) anzeigt, daß der letzte der ausgewählten vorgeschriebenen optischen Kanäle optimiert worden ist.

8. Verfahren nach Anspruch 7, weiterhin mit Schritten des Bestimmens, ob das erste veränderliche optische Dämpfungsglied eingestellt worden ist und wenn nicht, Übertragen der ersten Steuerungsnachricht und Bestimmen, ob das erste veränderliche optische Dämpfungsglied eingestellt worden ist, bis bestimmt wird, daß das erste veränderliche optische Dämpfungsglied eingestellt worden ist.

9. Verfahren nach Anspruch 1, weiterhin mit den folgenden Schritten: r) wenn der erste Schritt des Bestimmens anzeigt, daß die Metrik nicht innerhalb annehmbarer Kriterien liegt, Bestimmen eines Ursprungsknotens mit einer Laserquelle für die vorgeschriebene optische Wellenlänge des ausgewählten vorgeschriebenen optischen Kanals, wobei die erste steuerbare Leistungseinstellungseinheit der Laserquelle der vorgeschriebenen optischen Wellenlänge zugeordnet ist, s) einen zweiten Schritt des Auswertens der vorbestimmten Übertragungsleistungsmetrik, t) einem zweiten Schritt des Bestimmens, ob die vorbestimmte Übertragungsleistungsmetrik innerhalb vorgeschriebener Kriterien liegt, u) wenn das Ergebnis des Schritts t) NEIN ist, Erzeugen einer zweiten Steuerungsnachricht, v) Zuführen der zweiten Steuerungsnachricht zum Einstellen einer dem ausgewählten vorgeschriebenen optischen Kanal zugeordneten zweiten steuerbaren Leistungseinheit in Richtung der Optimierung der vorbestimmten Übertragungsleistungsmetrik.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das optische Übertragungssystem einen oder mehrere optische Kanäle jeweils mit einer vorgeschriebenen Wellenlänge transportiert und weiterhin mit dem Wiederholen von Schritten s) bis v), bis die vorgeschriebene Metrik innerhalb annehmbarer Kriterien liegt, w) Bestimmen, ob der optimierte vorgeschriebene optische Kanal der letzte des einen oder der mehreren optischen Kanäle ist, wenn nicht x) Auswählen eines weiteren vorgeschriebenen optischen Kanals mit einer weiteren vorgeschriebenen optischen Wellenlänge und Wiederholen der Schritte b) bis e) und r) bis x), bis Schritt w) anzeigt, daß der letzte der vorgeschriebenen optischen Kanäle optimiert worden ist.

11. Verfahren nach Anspruch 1, weiterhin mit folgenden Schritten: aa) einem zweiten Schritt des Auswertens der vorbestimmten Übertragungsleistungsmetrik, bb) einem zweiten Schritt des Bestimmens, ob die vorgeschriebene Übertragungsleistungsmetrik innerhalb vorgeschriebener Kriterien liegt, cc) wenn das Ergebnis des Schritts bb) NEIN ist, Bestimmen eines Ursprungsknotens mit einer Laserquelle für die vorgeschriebene optische Wellenlänge des ausgewählten vorgeschriebenen optischen Kanals, dd) Erzeugen einer zweiten Steuerungsnachricht, ee) Übertragen der zweiten Steuerungsnachricht zum Einstellen einer zweiten, der Laserquelle mit vorgeschriebener optischer Wellenlänge zugeordneten steuerbaren Leistungseinheit in Richtung Optimierung der vorbestimmten Übertragungsleistungsmetrik.

12. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die mindestens erste steuerbare optische Leistungseinstellungseinheit ein erstes veränderliches optisches Dämpfungsglied ist und die mindestens zweite steuerbare Leistungseinstellungseinheit ein zweites veränderliches optisches Dämpfungsglied ist, und weiterhin mit den Schritten des Benutzens der ersten Steuerungsnachricht zum Einstellen eines Dämpfungswertes des ersten veränderlichen optischen Dämpfungsgliedes in einer Richtung, um die vorgeschriebene Metrik in Auswertung in annehmbare Kriterien zu bringen und Benutzen der zweiten Steuerungsnachricht zum Einstellen eines Dämpfungswertes des zweiten veränderlichen optischen Dämpfungsgliedes in einer Richtung, um die vorgeschriebene Metrik in annehmbare Kriterien zu bringen.

13. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das optische Übertragungssystem einen oder mehrere optische Kanäle jeweils mit einer vorgeschriebenen Wellenlänge transportiert und weiterhin mit Wiederholen der Schritte aa) bis ee), bis die vorgeschriebene Metrik innerhalb annehmbarer Kriterien liegt und mit den Schritten ff) des Bestimmens, ob der optimierte vorgeschriebene optische Kanal der letzte des einen oder der mehreren optischen Kanäle ist und wenn nicht, gg) Auswählen eines weiteren vorgeschriebene-

nen optischen Kanals mit einer anderen vorgeschriebenen optischen Wellenlänge und Wiederholen der Schritte b) bis d), r) und aa) bis gg) bis Schritt ff) anzeigt, daß der letzte der vorgeschriebenen optischen Kanäle optimiert worden ist.

14. Vorrichtung zur Verwendung in einem optischen Übertragungssystem (**100**) zum Optimieren optischer Kanalleistung mit folgendem:
 einem optischen Demultiplexer (**201, 206**) zum Erhalten eines oder mehrerer empfangener vorgeschriebener optischer Kanäle jeweils mit einer anderen optischen Wellenlänge; und
 einem Monitor (**212**) zum Auswerten einer vorgeschriebenen Leistungsmetrik des einen oder der mehreren empfangenen vorgeschriebenen optischen Kanäle und zum Bestimmen, ob die für einen ausgewählten der vorgeschriebenen optischen Kanäle ausgewertete vorgeschriebene Leistungsmetrik innerhalb annehmbarer Kriterien liegt; dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung weiterhin folgendes umfaßt:
 eine auf eine Anzeige von dem Monitor, daß vorgeschriebene Leistungsmetrik nicht innerhalb vorgeschriebener Kriterien liegt, reagierende Steuerung (**205**) zum Erzeugen einer Steuerungsnachricht zur Steuerungseinstellung einer ersten dem ausgewählten vorgeschriebenen optischen Kanal zugeordneten steuerbaren optischen Leistungseinstellungseinheit, um die vorgeschriebene Metrik in annehmbare Kriterien zu bringen, und Zuführen der ersten Steuerungsnachricht zu der ersten, dem ausgewählten vorgeschriebenen optischen Kanal zugeordneten steuerbaren optischen Leistungseinstellungseinheit (**215, 216**), wodurch Übertragungsleistung des ausgewählten vorgeschriebenen optischen Kanals optimiert wird;
 wobei die Steuerung zur Bestimmung eines Ursprungsknotens (**101–104**) mit einer Laserquelle der vorgeschriebenen optischen Wellenlänge des ausgewählten vorgeschriebenen optischen Kanals ausgerüstet ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, weiterhin mit einem optischen Multiplexer zum Multiplexen der ersten Steuerungsnachricht in ein zum Ursprungsknoten zu übertragendes optisches Signal.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, wobei die Steuerung weiterhin zum Einfügen der Steuerungsnachricht in einen optischen Überwachungskanal ausgerüstet ist und wobei der Multiplexer den optischen Überwachungskanal in das optische Signal multiplext.

17. Vorrichtung nach Anspruch 15, wobei der ausgewählte vorgeschriebene optische Kanal einen Overhead-Teil enthält und wobei die Steuerung weiterhin zum Einfügen der ersten Steuerungsnachricht in ein Feld in dem Overhead-Teil des ausgewählten

vorgeschriebenen optischen Kanals ausgerüstet ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 14, weiterhin mit einer zweiten, dem empfangenen vorgeschriebenen optischen Kanal zugeordneten steuerbaren optischen Leistungseinheit und wobei die Steuerung als Reaktion auf die Ergebnisse des Auswertens und Bestimmens, ob die vorgeschriebene Metrik innerhalb annehmbarer Kriterien liegt, eine zweite Steuerungsnachricht zum Steuern der zweiten steuerbaren optischen Leistungseinstellungseinheit erzeugt, um die vorgeschriebene Metrik in die annehmbare Kriterien zu bringen.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, wobei die erste steuerbare optische Leistungseinstellungseinheit ein erstes veränderliches optisches Dämpfungsglied ist, die zweite steuerbare optische Leistungseinheit ein zweites veränderliches optisches Dämpfungsglied ist, das erste veränderliche optische Dämpfungsglied einer Laserquelle an einen Ursprungsknoten zugeordnet ist, die Steuerung auf eine Anzeige von dem Monitor reagiert, daß die erste vorgeschriebene Metrik nicht innerhalb annehmbarer Kriterien liegt und Bestimmen eines Ursprungsknotens mit einer dem ausgewählten vorgeschriebenen optischen Kanal zugeordneten Laserquelle und wobei die Vorrichtung weiterhin einen optischen Multiplexer zum Übertragen der ersten Steuerungsnachricht in einem optischen Signal zu dem Ursprungsknoten zum Steuern des ersten optischen Dämpfungsgliedes umfaßt.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, wobei ein Dämpfungswert des ersten veränderlichen optischen Dämpfungsgliedes als Reaktion auf die erste Steuerungsnachricht eingestellt wird, um die vorgeschriebene Metrik in annehmbare Kriterien zu bringen, und ein Dämpfungswert des zweiten veränderlichen optischen Dämpfungsgliedes als Reaktion auf die zweite Steuerungsnachricht eingestellt wird, um die vorgeschriebene Metrik in annehmbare Kriterien zu bringen.

21. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei der optische Demultiplexer ein erster optischer Demultiplexer ist, der Monitor ein erster Monitor ist und die Steuerung eine erste Steuerung in einem ersten Knoten ist und weiterhin im ersten Knoten mit einem ersten optischen Multiplexer zum Multiplexen der ersten Steuerungsnachricht in ein zum Ursprungsknoten zu übertragendes optisches Signal; und am Ursprungsknoten mit einem zweiten optischen Demultiplexer zum Erhalten einer ersten Steuerungsnachricht von einem ankommenden optischen Signal, einer Laserquelle zum Erzeugen einer vorgeschriebenen optischen Wellenlänge für einen vorgeschriebenen optischen Kanal, einer mit der ersten Steuerungsnachricht versorgten zweiten Steuerung zum Erzeugen einer Einstellungssteuerungsnachricht und einer ersten, der Laserquelle zugeordneten steuerbaren opti-

schen Leistungseinstellungseinheit, die auf die Steuerungsnachricht reagiert, um Ausgangslichtleistung von der Laserquelle in Richtung der Optimierung einer vorbestimmten Leistungsmerkmal für den vorgeschriebenen optischen Kanal einzustellen, wodurch die Leistung des vorgeschriebenen optischen Kanals optimiert wird.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, wobei die erste Steuerung zum Einfügen der ersten Steuerungsnachricht in einen optischen Überwachungskanal ausgerüstet ist und wobei der erste Multiplexer den optischen Überwachungskanal in das optische Signal multiplext.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, weiterhin am ersten Knoten mit einer zweiten, dem vorgeschriebenen optischen Kanal zugeordneten steuerbaren optischen Leistungseinheit, und wobei die erste Steuerung, als Reaktion auf die Ergebnisse der Auswertung und Bestimmung, ob die vorgeschriebene Metrik innerhalb annehmbarer Kriterien liegt, eine zweite Steuerungsnachricht zum Steuern der zweiten steuerbaren optischen Leistungseinstellungseinheit erzeugt, um die vorgeschriebene Metrik in annehmbare Kriterien zu bringen.

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, wobei die zweite steuerbare optische Leistungseinstellungseinheit ein zweites veränderliches optisches Dämpfungsglied ist, wobei ein Dämpfungswert des zweiten veränderlichen optischen Dämpfungsgliedes als Reaktion auf die zweite Steuerungsnachricht eingestellt wird, um die vorgeschriebene Metrik in annehmbare Kriterien zu bringen.

25. Vorrichtung nach Anspruch 23, wobei die erste steuerbare optische Leistungseinstellungseinheit ein erstes veränderliches optisches Dämpfungsglied ist, wobei ein Dämpfungswert des ersten veränderlichen optischen Dämpfungsgliedes als Reaktion auf die erste Steuerungsnachricht eingestellt wird, um die vorgeschriebene Metrik in annehmbare Kriterien zu bringen.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

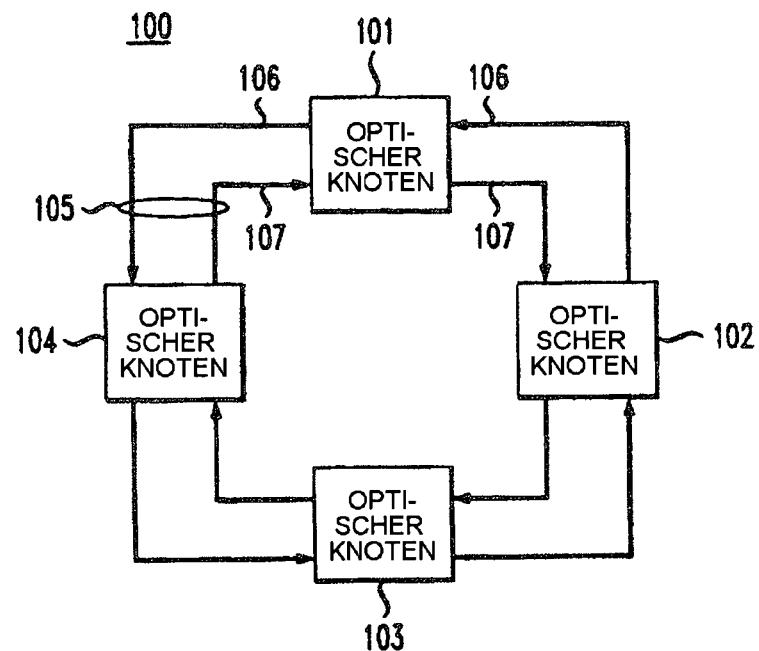


FIG. 2

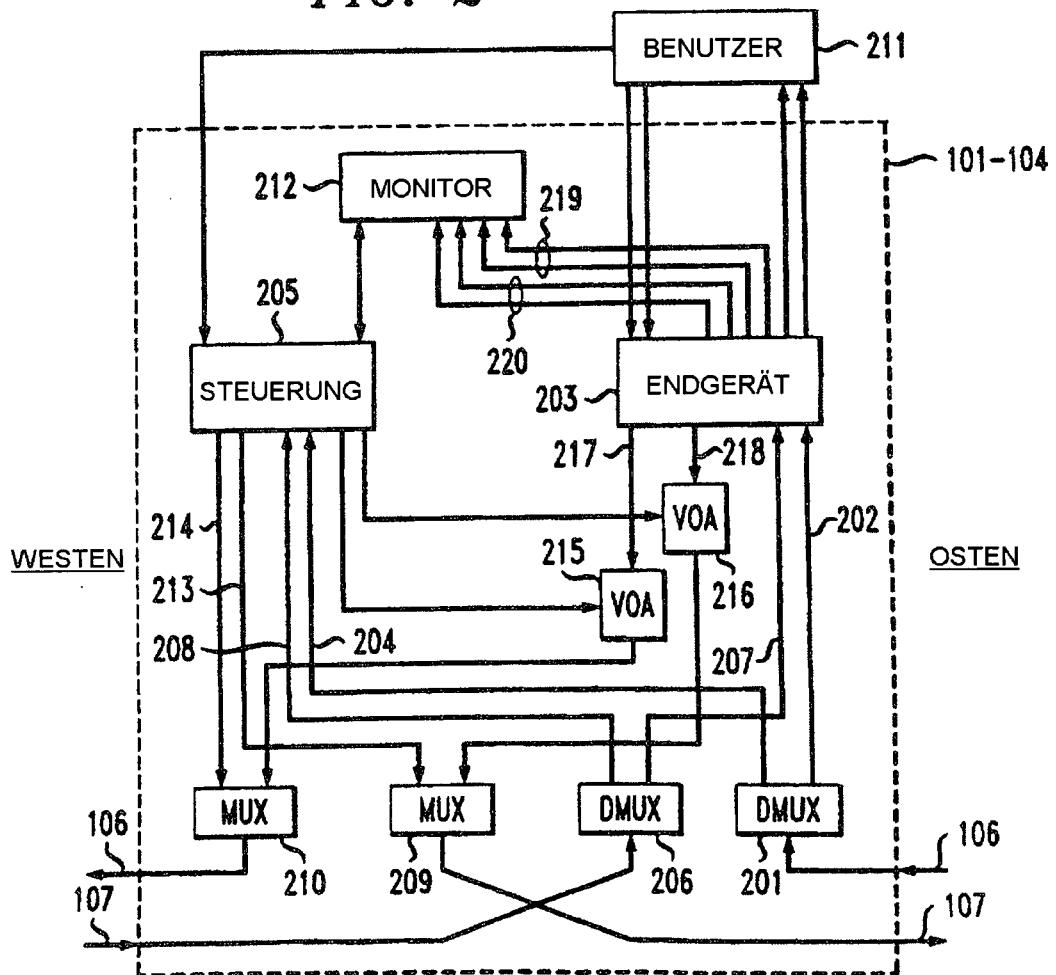


FIG. 3

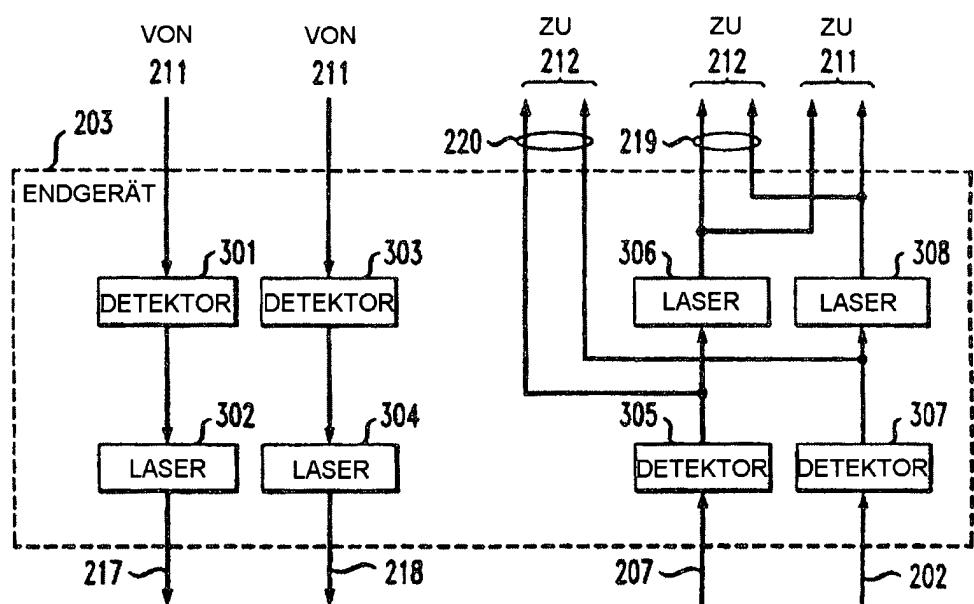


FIG. 4

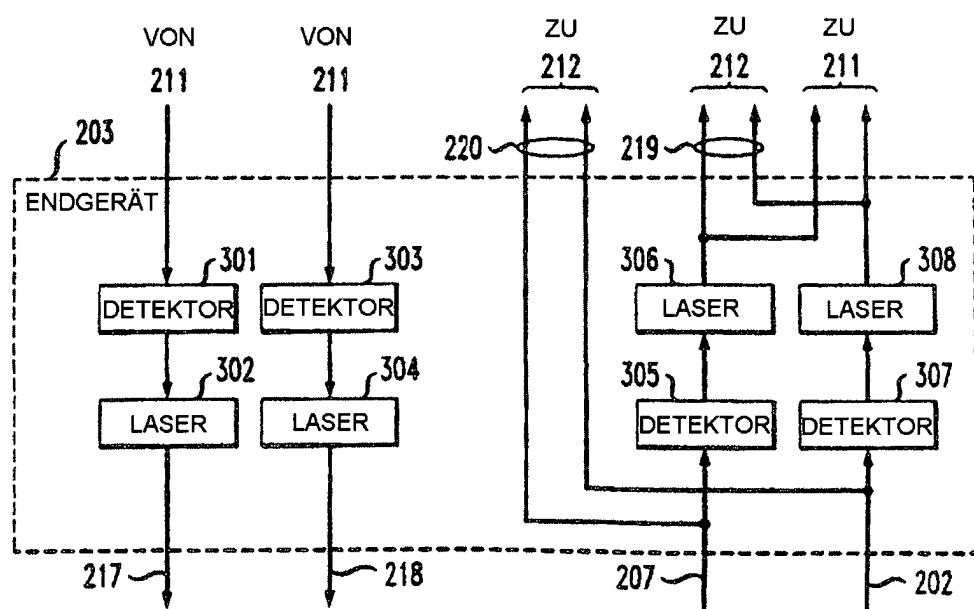


FIG. 5

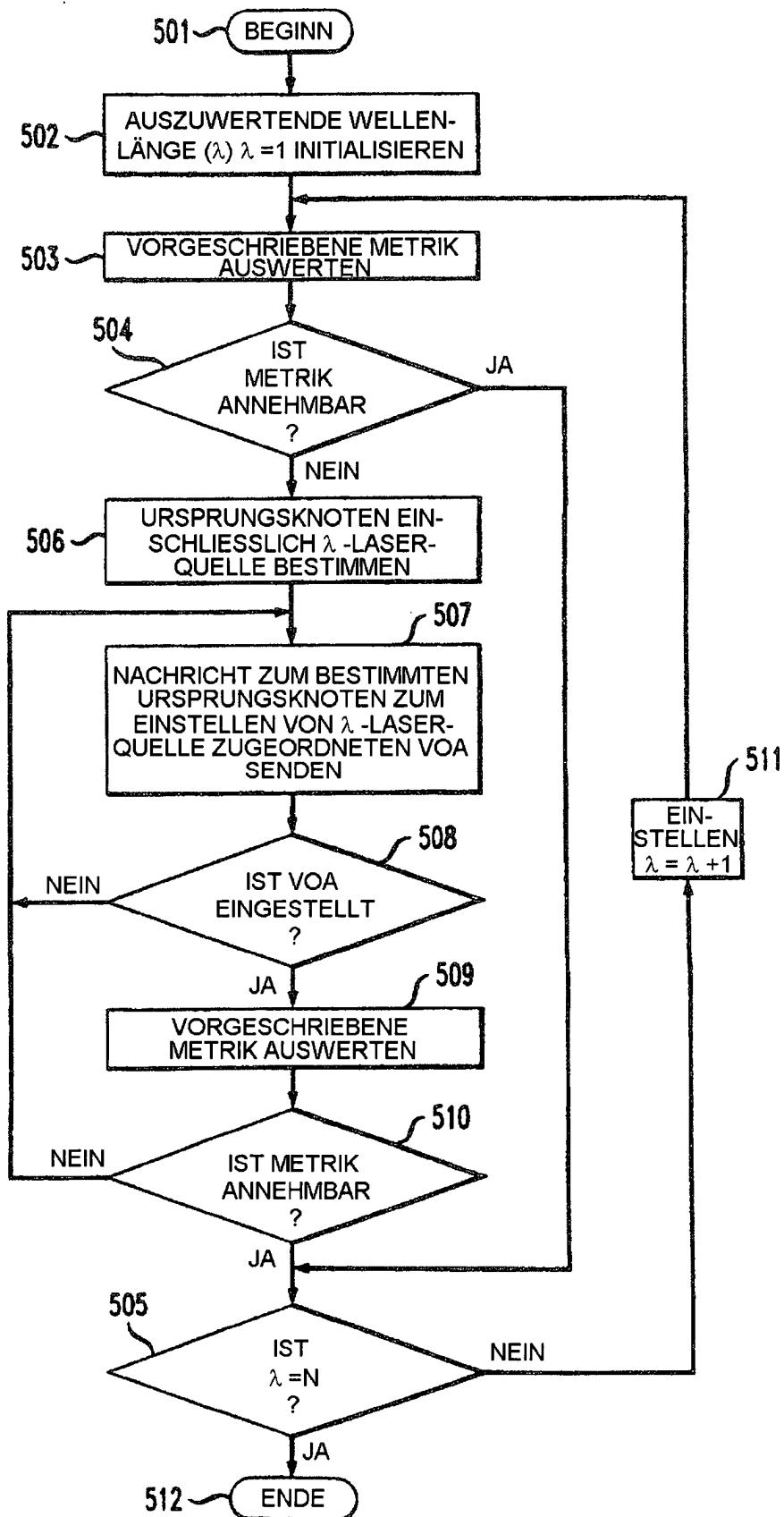


FIG. 6

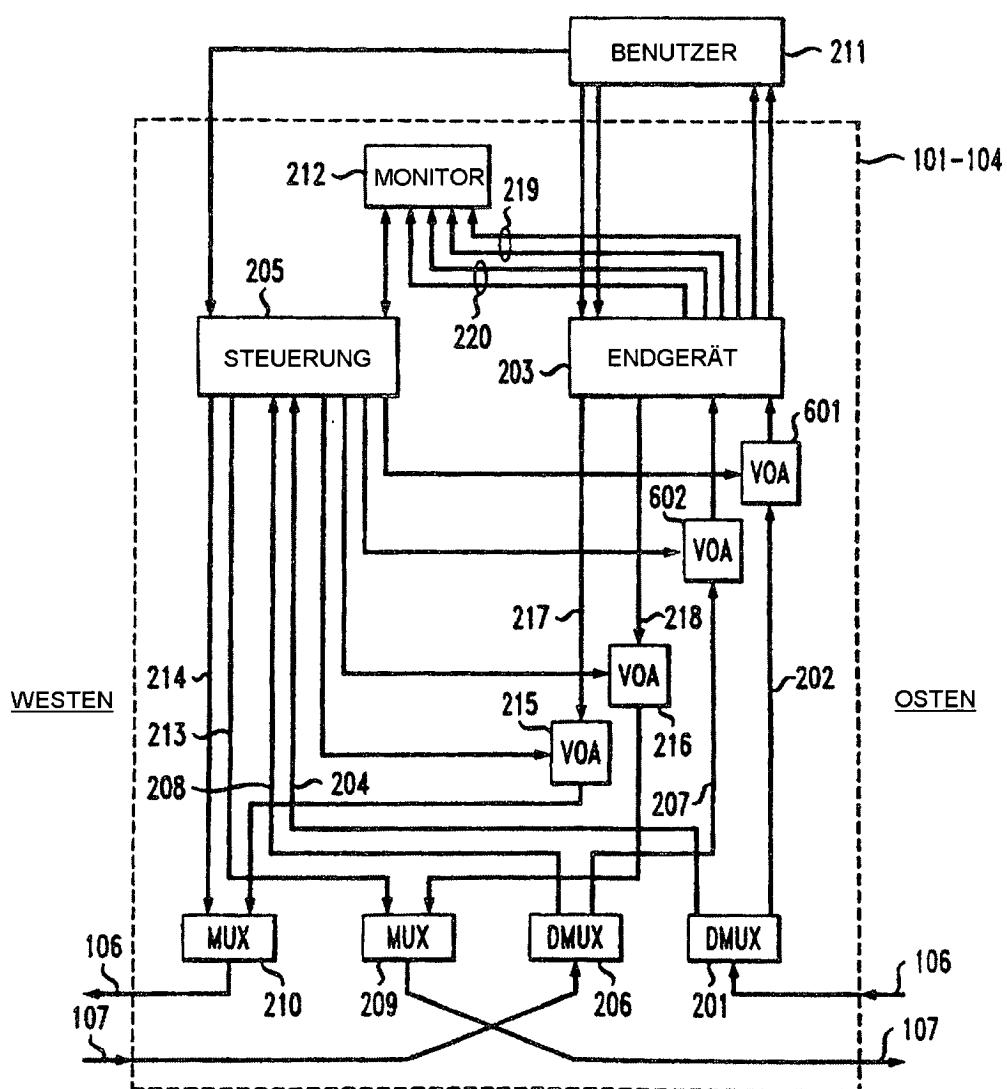


FIG. 7

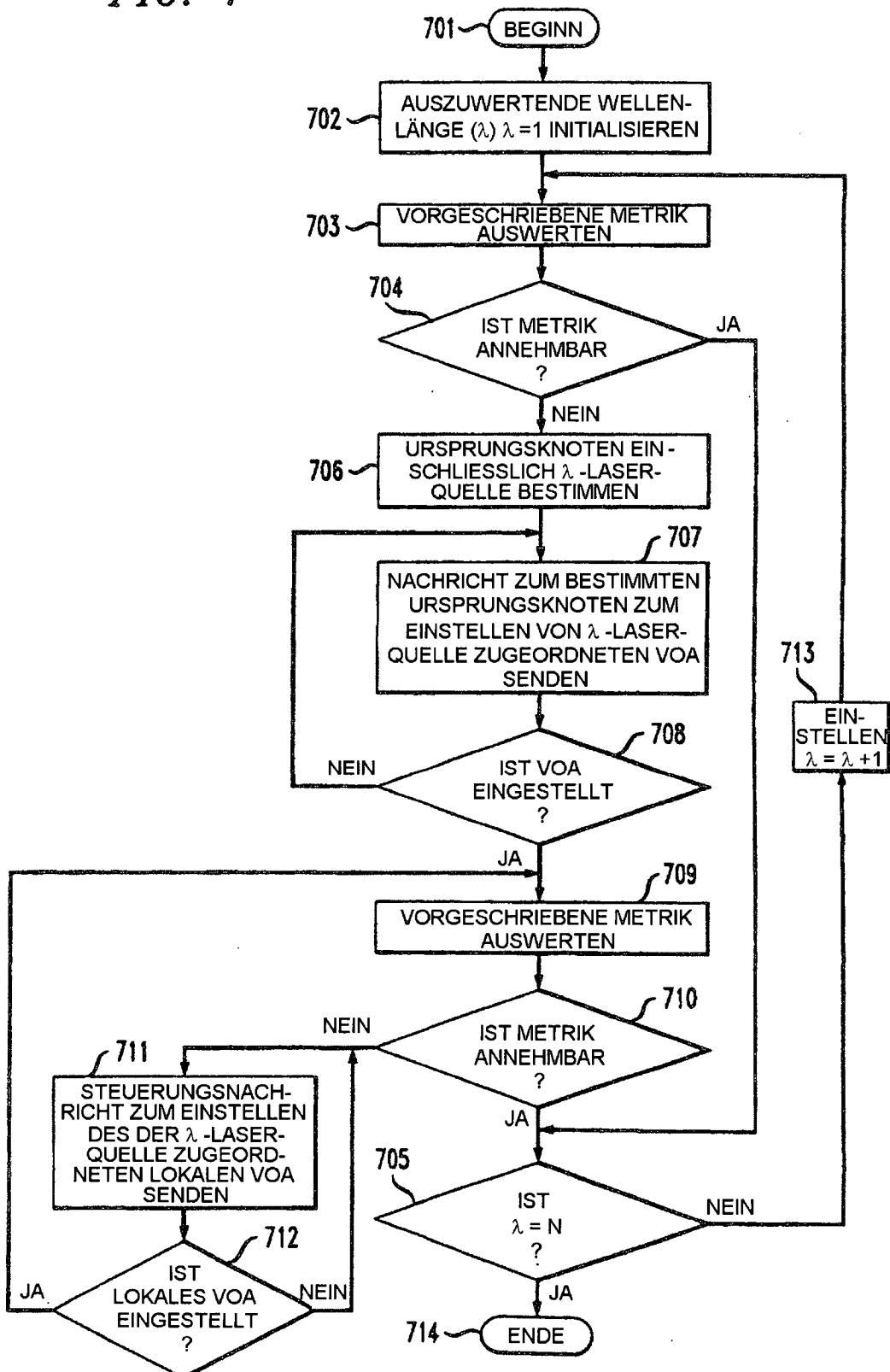


FIG. 8

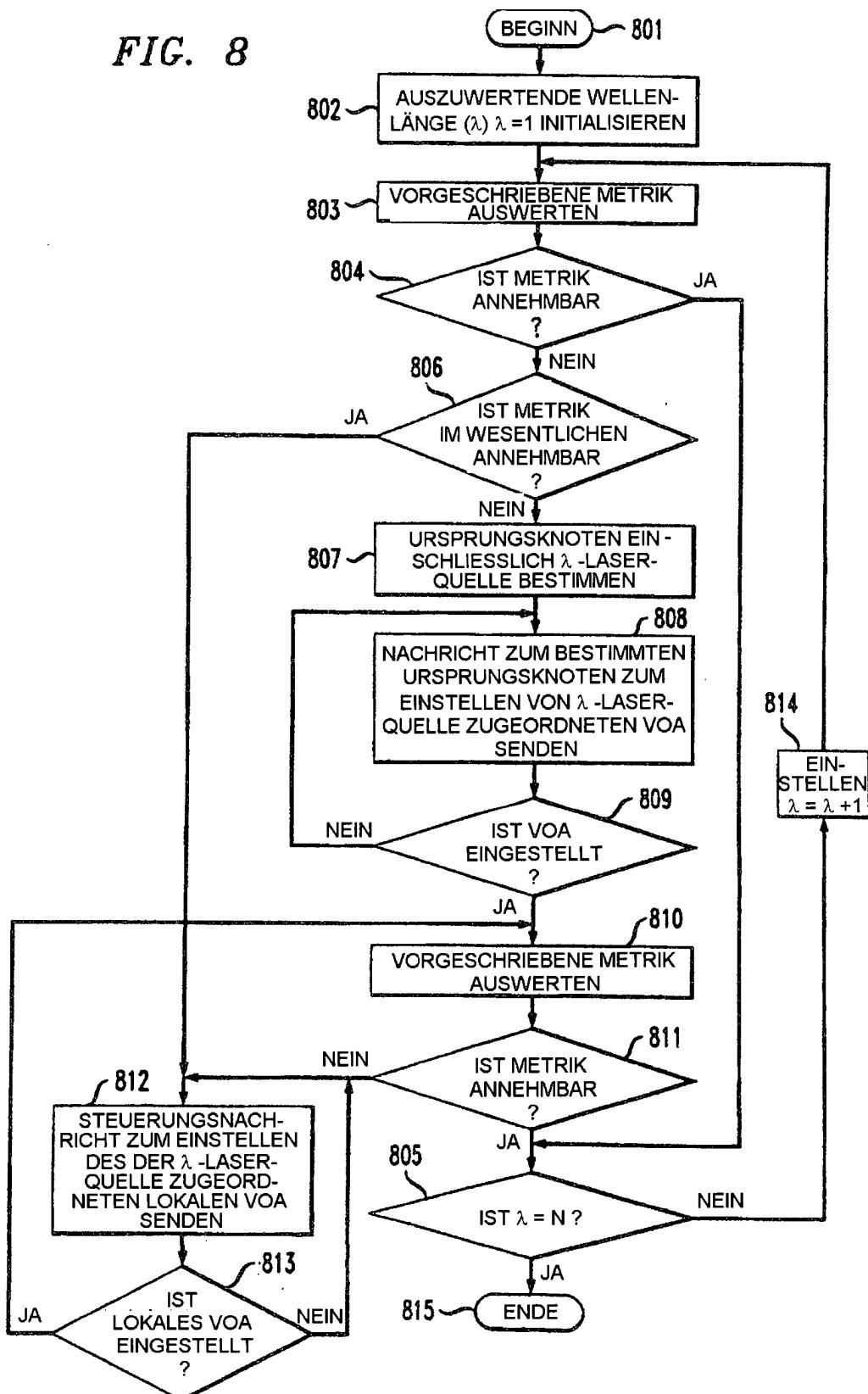


FIG. 9

