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

(10) **DE 697 34 750 T2** 2006.07.27

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 822 678 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 34 750.8**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 112 083.7**
(96) Europäischer Anmeldetag: **15.07.1997**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.02.1998**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **30.11.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.07.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***H04J 3/08*** (2006.01)
H04L 12/437 (2006.01)
H04J 3/14 (2006.01)
H04L 12/46 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
681747 **29.07.1996** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, ES, FR, GB, IT, NL, SE

(73) Patentinhaber:
AT & T Corp., New York, N.Y., US

(72) Erfinder:
Eslambolchi, Hossein, Basking Ridge, New Jersey 07920, US

(74) Vertreter:
Kuhnen & Wacker Patent- und Rechtsanwaltsbüro, 85354 Freising

(54) Bezeichnung: **Wiederherstellungstechnik mit Alternativring**

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

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

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wiederherstellung eines Verkehrs nach dem Ausfall von wenigstens einem Verbindungsglied in einem Ring eines Übertragungssystems, welches einen Telekommunikationsverkehr durchführt, nach dem Anspruch 1.

Stand der Technik

[0002] Aus der US-A-5065 399 ist eine schnelle Wiederherstellungstechnik eines Telekommunikationspfades zwischen Netzwerk-Knotenpunkten bekannt, und zwar nach einem unterbrechenden Netzwerkverbindungsglied-Ausfall. Diese bekannte schnelle Wiederherstellungstechnik verwendet ein verteiltes System eines selektiven Flutens zum dynamischen Rekonfigurieren eines Zwischenknotenpunktpfades in einer solchen Weise, daß eine äußerst wirtschaftliche Verwendung der Zwischen-Verbindungsglieder sichergestellt wird. Eine Hilfsnachricht, die von einem der Abschluß-Knotenpunkte zu jedem durchgehend benachbarten Knotenpunkt gesendet wird, führt eine Anfrage durch, und zwar nach der Verwendung einer nicht zugelassenen Bandbreite von jedem betreffenden Verbindungsglied. Diese Welle von Nachrichten wird selektiv zur Ausbreitung gebracht, und zwar entlang den Pfaden, die eine maximal verfügbare Bandbreite besitzen und eine geringste Anzahl von Verbindungsgliedern, wobei die Ausbreitung über das Netzwerk erfolgt, und zwar mit Hilfe von jedem aufeinanderfolgenden empfangenden Knotenpunkt, bis die Hilfsnachricht den anderen Abschlußknotenpunkt des ausgefallenen Verbindungsgliedes erreicht. Eine Bestätigungsnachricht, die zu dem anfänglichen Abschlußknotenpunkt über die Ausbreitungsverbindungsglieder zurückgeleitet wird, welche die maximale Bandbreite bieten, erstellt einen rekonfigurierten Pfad, der die größte Bandbreiten-Wiederherstellung liefert. In einem Fall, bei dem solch ein Pfad nicht vollständig die originalen Bandbreiten-Anforderung befriedigt, werden zusätzliche Pfade erstellt, und zwar durch sukzessive Wellen von Anfragenachrichten, bis der Abgleich der Anforderung erfüllt ist.

[0003] Jedoch ist diese schnelle Wiederherstellungstechnik nicht auf einem ringgestützten Netzwerk basiert.

[0004] Aus der Literaturstelle Grover W.D. „The Selfhealing™ Network", eine schnelle verteilte Wiederherstellungstechnik für Netzwerke unter Verwendung von digitalen Kreuzverbindungsmaschinen, Global Telecommunications Conference, Tokio, November 15-18, 1987, Band 2, 15. November 1987, Seiten 1090-1095, XP00601764 Institute of Electrical and Electronics Engineers, ist eine ähnliche Technik eines Wiederherstellungsverkehrs nach dem Ausfall von wenigstens einem Verbindungsglied in einem Übertragungssystem bekannt. Gemäß diesem bekannten Verfahren wird die Restaurierung in Form von einer Wiederherstellung von trunk-bearing Trägergruppen realisiert, und zwar nach dem Verlust von allen oder den meisten der physikalischen Übertragungseinrichtungen zwischen zwei Orten vermittels einer geografischen Neuroutenbildung über eine redundante Netzwerkkapazität. Auch dieses bekannte Verfahren basiert nicht auf einem ringgestützten Netzwerk.

[0005] Aus der US-A-4835 763 ist ein überlebensfähiges Ringnetzwerk bekannt, welches einem Unterbrechungsverbindungsglied oder einem ausgefallenen Knotenpunkt widerstehen kann ohne die Forderung nach einem zentralen Controller oder einem schützenden Schaltvorgang unter den Verbindungsgliedern. Diese bekannte Technik umfaßt zwei Ringe, welche identische Multiplex-Knotenpunkt-zu-Knotenpunkt-Kommunikationen in entgegengesetzten Richtungen führen. Wenn ein Systemfehler in dem Abwärtsstrom-Knotenpunkt detektiert wird, werden Fehlersignale in alle nachfolgenden Kanäle eingeführt. Jeder Subratenkanal-Empfänger empfängt identische Nachrichten von jedem Ring. Wenn ein Subratenkanal ein Fehlersignal aufweist, wählt der Empfänger den alternativen Kanal aus.

[0006] Ein typisches synchrones optisches Netzwerk (SONET) bzw. Ringübertragungssystem zum Durchführen von Telekommunikationsnachrichten bzw. Nachrichtenverkehr enthält eine Vielzahl an Knotenpunkten, bei denen der Telekommunikationsverkehr seinen Ursprung haben kann und enden kann. In der Praxis hat jeder Knotenpunkt die Form eines Faseroptik-Hubs und besitzt ein zugeordnetes Kreuzverbindungssystem zum Ankoppeln an einen Telefonschalter, der den Verkehr zu dem Knotenpunkt sendet und den Verkehr von dem Knotenpunkt empfängt. Jeder Knotenpunkt ist mit jedem eines Paares von benachbarten Knotenpunkten in einer daisy-chain Weise durch wenigstens ein Optikfaser-Verbindungsglied verkettet, um eine ringförmige Struktur zu bilden, über die der Telekommunikationsverkehr verlaufen kann. Wenn die Knotenpunkte voneinander über große Entfernungen beabstandet sind, ist es vom Kostenstandpunkt aus gesehen nicht wünschenswert, all die Knotenpunkte in einem einzigen Ring zu verbinden. Vielmehr werden die Knotenpunkte, die relativ eng beab-

standet sind, in individuellen Ringen verbunden, die einen leihweisen einen Knotenpunkt besitzen, der mit einem Knotenpunkt in einem anderen Ring verbunden ist. Alternativ können zwei oder mehrere Ringe effektiv Knotenpunkte sich teilen, um die Möglichkeit zu schaffen, daß der Nachrichtenverkehr von einem Ring zu einem anderen verlaufen kann.

[0007] Wenn ein einzelnes Faseroptik-Verbindungsglied in einem Ring ausfallen sollte, kann der Nachrichtenverkehr, der ansonsten über das ausgefallene Verbindungsglied verlaufen würde, gewöhnlich umgeleitet werden, und zwar über die verbleibenden Verbindungsglieder des Ringes zwischen einem Ursprung und einem Knotenpunkt (wo der Nachrichtenverkehr seinen Ursprung hat) und einem Bestimmungsort-Knotenpunkt (bei welchem der Nachrichtenverkehr endet). Sollten zwei Glieder in dem gleichen Ring eines Vielfachringsystems ausfallen, war es in der Vergangenheit erforderlich, wenigstens eines der ausgefallenen Verbindungsglieder zu reparieren, um den Verkehr auf dem Ring wiederherzustellen. Solche physikalischen Reparaturen sind jedoch häufig zeitaufwendig. Während solche Reparaturen durchgeführt werden, verbleibt der Nachrichtenverkehr unterbrochen.

[0008] Der oben erläuterte Stand der Technik richtet sich auf das physikalische Reparaturproblem, wobei vielfältige Techniken offenbart werden, um automatisch einen Wiederherstellungsprozeß auszuführen. Ein spezielles Merkmal solch eines automatisierten Prozesses, wie er in der oben angegebenen US-A-5065 399 beschrieben ist, besteht aus der Auswahl einer alternativen Route basierend auf einer Minimierung der „Funkfeld- oder Richtfunkstreckenzahl" („hop count"), wenn die Restaurationsroute ausgewählt wird (die als ein Äquivalent zum Minimieren der Anzahl der Knotenpunkt-Überkreuzungen betrachtet werden kann. Es ist jedoch eine weitere Verbesserung bei der Restaurationsroutenauswahl wünschenswert, um eine Übertragungsverkehroptimierung zu erreichen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Technik zum Wiederherstellen des Verkehrs in einem Vielfach-Ringsystem über alternative Ringe zu schaffen, wenn zwei oder mehrere Verbindungsglieder in einem Ring ausgefallen sind, wobei die Wiederherstellungsoperation nicht mehr zeitaufwendig sein soll.

[0010] Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Anspruches 1 gelöst.

[0011] Vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen 2 bis 4.

[0012] Sollte gemäß der vorliegenden Erfindung eines oder mehrere Verbindungsglieder innerhalb eines Ringes ausfallen oder fehlerhaft sein, wird zunächst ein Suchvorgang unternommen, um einen Anhaltspunkt zu gewinnen, welche Wiederherstellungskapazität in den Ringen innerhalb des Übertragungssystems vorhanden ist (in Ausdrücken von möglichen alternativen Pfaden zwischen einem Ursprungsknotenpunkt und einem Bestimmungsknotenpunkt). In der Praxis wird die Wiederherstellungskapazität-Suche durch einen Prozessor an einem Knotenpunkt erreicht, welcher einem ausgefallenen Verbindungsglied zugeordnet ist. Nach dem Erfassen eines ausgefallenen Verbindungsgliedes fragt der Prozessor bei wenigstens einem von dessen benachbarten Knotenpunkten an, indem er ein Paket zu diesem Knotenpunkt flutet, um diesen zu veranlassen, seine Eigenschaften anzugeben und um zu bestimmen, ob dieser irgendeine Reservekapazität an dessen zugeordneten Verbindungsgliedern besitzt. Jeder benachbarte Knotenpunkt fragt dann bei wenigstens einem von seinen benachbarten Knotenpunkten an, indem er ein Paket dorthin flutet, um jeden aufeinanderfolgenden Knotenpunkt zu veranlassen, seine Eigenschaften anzugeben und ob er eine Reservekapazität besitzt, und zwar an seinen zugeordneten Verbindungsgliedern. Eventuell werden die Knotenpunkte aufeinanderfolgend in dieser Weise angefragt, um die existierende Wiederherstellungskapazität in jedem der Ringe innerhalb des Übertragungssystems zu erstellen.

[0013] Nachdem die Wiederherstellungskapazität ermittelt worden ist, wird ein ausgewählter Satz von Wiederherstellungskapazitäten (d.h. Verbindungsgliedern) reserviert. Der ausgewählte Satz der Wiederherstellungskapazitäten wird dadurch reserviert, indem unter den Wiederherstellungskapazitäten an den verschiedenen Knotenpunkten ein kollektiver Satz von Kapazitäten (d.h. ein Satz von möglichen Verbindungsgliedern) ausgewählt wird, der die Übertragung des Nachrichtenverkehrs zwischen dem Ursprungsknotenpunkt und dem Bestimmungsknotenpunkt optimiert. Wenn demzufolge zwei oder mehrere mögliche Wiederherstellungskapazitäten zwischen dem Ursprungsknotenpunkt und dem Bestimmungsknotenpunkt existieren, wird die Wiederherstellungskapazität ausgewählt, die den kleinsten Abstand bietet und durch die kleinste Anzahl von Kno-

tenpunkten verläuft. Danach wird der Übertragungspfad neu geroutet, und zwar entlang den ausgewählten Kapazitäten, in typischer Weise durch eine Kreuzverbindung der entsprechenden Verbindungsglieder in dem reservierten Satz der Wiederherstellungskapazität.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0014] Fig. 1 ist ein schematisches Blockschaltbild eines Vielfachring-Übertragungssystems gemäß dem Stand der Technik;

[0015] Fig. 2 veranschaulicht das Übertragungssystem von Fig. 1 nach einem Ausfall eines Verbindungsgliedes in einem der Ringe;

[0016] Fig. 3 veranschaulicht ein Paket, welches durch einen Prozessor innerhalb des Übertragungssystems von Fig. 1 gesendet wird, um jeden benachbarten Knotenpunkt zu veranlassen, seine Eigenschaften anzugeben und auch dessen verfügbare Wiederherstellungskapazität anzugeben, und zwar nach dem Ausfall eines Verbindungsgliedes;

[0017] Fig. 4 zeigt eine Tabelle, welche beispielhafte Wiederherstellungskapazitäten in dem Übertragungssystem von Fig. 1 veranschaulicht; und

[0018] Fig. 5 zeigt einen Wiederherstellungspfad innerhalb des Übertragungssystems von Fig. 1, der in Einklang mit der verfügbaren Wiederherstellung, die in Fig. 4 aufgelistet ist, ausgewählt wird.

Detaillierte Beschreibung

[0019] Fig. 1 veranschaulicht ein herkömmliches SONET Ring-Übertragungssystem **1**, mit vier individuellen Ringen **12a**-**12d**, obwohl eine größere oder auch kleinere Zahl an Ringen vorhanden sein kann. Jeder der Ringe **12a**-**12d** umfaßt zwei oder mehr Knotenpunkte, an denen der Telekommunikationsverkehr seinen Ursprung haben kann oder auch beendet werden kann. Bei der veranschaulichten Ausführungsform enthält der Ring **12a** vier Knotenpunkte **14a**-**14d**, während der Ring **12b** drei Knotenpunkte **14e**-**14g** enthält. Der Ring **12c** umfaßt zwei Knotenpunkte **14h**-**14i**, während der Ring **12d** drei Knotenpunkte **14j**-**14l** umfaßt. In typischer Weise enthält jeder der Knotenpunkte **14a**-**14l** einen gut bekannten Faseroptik-Hub (nicht gezeigt) und ein zugeordnetes Kreuzverbindungssystem zum Ankoppeln an einen Telefonschalter (nicht gezeigt) eines gut bekannten Typs.

[0020] Jedes Paar der Knotenpunkte in jedem Ring ist durch eines von optischen Faser-Hauptverbindungsgliedern **16a**-**16l** verkettet, wobei jedes Hauptfaser-Verbindungsglied wenigstens ein Paar von optischen Fasern (nicht gezeigt) enthält, um einen Nachrichtenverkehr in entgegengesetzten Richtungen durchzuführen. Bei der veranschaulichten Ausführungsform sind die Knotenpunktpaare **14a**-**14b**, **14b**-**14c**, **14c**-**14d**, **14d**-**14a**, **14e**-**14f**, **14f**-**14g**, **14g**-**14e**, **14h**-**14i**, **14i**-**14h**, **14j**-**14k**, **14k**-**14l** und **14l**-**14k** jeweils durch Hauptverbindungsglieder **16a**-**16l** angekoppelt. Zusätzlich sind auch die Knotenpunktpaare **14a**-**14b**, **14b**-**14c**, **14c**-**14d**, **14d**-**14a**, **14e**-**14f**, **14f**-**14g**, **14g**-**14e**, **14h**-**14i**, **14i**-**14h**, **14j**-**14k**, **14k**-**14l** und **14l**-**14k** ebenfalls jeweils durch optische Faser-Verbindungsglieder **18a**-**18l** gekoppelt (durch strichlierte Linien gezeigt). Die optischen Faser-Verbindungsglieder **18a**-**18l** sind als „Schutz"-Verbindungsglieder gezeichnet, da jedes in Reserve gehalten wird und gewöhnlich für den Fall verwendet wird, daß ein entsprechendes eines der Hauptverbindungsglieder **16a**-**16l** betriebsunfähig wird.

[0021] Damit der Nachrichtenverkehr, der seinen Ursprung innnerhalb von einem der Ringe **12a**-**12d** hat, zu einem anderen Ring verlaufen kann, ist wenigstens ein Knotenpunkt innerhalb jedes Ringes mit einem anderen Knotenpunkt in einem anderen Ring verbunden. Bei der veranschaulichten Ausführungsform sind die Knotenpunktpaare **14d**-**14e**, **14c**-**14f**, **14g**-**14i**, **14h**-**14k**, **14j**-**14b** jeweils durch eines der optischen Faser-Verbindungsglieder **19a**-**19e** verkettet.

[0022] Jedem der Knotenpunktknoten **14a**-**14l** ist einer der Leitungsprozessoren (LP) **20a**-**20l** zugeordnet, der den Nachrichtenverkehr an dem zugeordneten Knotenpunkt überwacht. Jeder der LPs **20a**-**20l** hat die Fähigkeit, das Fehlen eines Nachrichtenverkehrs an dem Knotenpunkt zu detektieren, sollte eines der entsprechenden Verbindungsglieder ausfallen, welches an den Knotenpunkt gekoppelt ist.

[0023] Obwohl das Übertragungssystem **10** dafür ausgelegt, um hochzuverlässig zu sein, können Ausfälle auftreten und treten auch auf. Häufig ergeben sich solche Ausfälle aufgrund von externen Ursachen. Beispielsweise kann ein optisches Hauptfaser-Verbindungsglied, wie das Verbindungsglied **16f** in dem Ring **12b** als

auch das zugeordnete Schutz-Verbindungsglied **18f** als ein Ergebnis einer unbeabsichtigten Ausschachtung oder Bloßlegung verletzt werden. Ein solcher Ausfall ist in Fig. 2 mit Hilfe des Zeichens „X" dargestellt, welches diesen Verbindungsgliedern überlagert ist. Sollten diese beiden Verbindungsglieder ausfallen, dann ist kein Nachrichtenverkehr zwischen den Knotenpunkten **14f** und **14g** über eines der Verbindungsglieder **16f** und **18f** möglich.

[0024] Wenn in üblicher Weise beide der Verbindungsglieder gemäß dem Haupt- und Schutz-Verbindungsglied **16f** und **18f** ausfallen, würde der Verkehr, der ansonsten durch diese Verbindungsglieder zwischen den Knotenpunkten **14f** und **14g** verlaufen würde, über eine neue Route verlegt, und zwar über die optischen Haupt-Faserverbindungsglieder **16e** und **16g** (oder die Schutz-Verbindungsglieder **18e** und **18g**). Jedoch kann eines der Haupt-Verbindungsglieder **16e** und **16g** als auch ein zugeordnetes eines der Schutz-Verbindungsglieder **18e** bzw. **18g** ebenso in Betrieb sein. Beispielsweise kann eines der Verbindungsglieder **16e** und **16g** (und ein zugeordnetes eines der Schutz-Verbindungsglieder **18e** bzw. **18g**) nicht verfügbar sein, und zwar aufgrund einer geplanten Wartung. Es kann daher nicht möglich sein, den Nachrichtenverkehr innerhalb des Ringes **12b** auf die Verbindungsglieder **16e** und **16g** oder deren zugeordnete Schutz-Verbindungsglieder **18e** bzw. **18g** zu routen.

[0025] In der Vergangenheit erforderte der Ausfall von zwei Verbindungsgliedern in einem gegebenen Ring-Nachrichtenverkehr eine physikalische Wiederherstellung von wenigstens einem Verbindungsglied, um den Nachrichtenverkehr wiederherzustellen. Die physikalische Wiederherstellung eines beschädigten oder verletzten Verbindungsgliedes ist ein zeitaufwendiger Prozeß. Es muß eine Reparaturcrew zu dem Ort des Verbindungsgliedes geschickt werden, und es müssen die entsprechenden Reparaturen vorgenommen werden.

[0026] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Technik realisiert, um den Nachrichtenverkehr auf abwechselnden Ringen innerhalb des Systems **10** automatisch wiederherzustellen, und zwar unter Umständen, wenn zwei oder mehrere Verbindungsglieder in einem einzelnen Ring ausgefallen sind. Die Nachrichtenverkehr-Wiederherstellungstechnik der Erfindung involviert die folgenden drei Phasen:

1) Suchen nach einer verfügbaren Wiederherstellungskapazität bei den Ringen **12a**-**12d**;
2) Reservieren der Wiederherstellungskapazität innerhalb der Ringe, welche die Nachrichtenverkehr-Übertragung zwischen einem ausgewählten Paar von Knotenpunkten optimiert; und
3) Vornehmen einer Kreuzverbindung der Verbindungsglieder, die der reservierten Wiederherstellungskapazität zugeordnet sind, um einen Nachrichtenübertragungspfad zwischen den ausgewählten Knotenpunkten zu verlegen.

[0027] Jede dieser Phasen wird weiter unten in Einzelheiten beschrieben.

Phase 1 – Wiederherstellungskapazität-Suche

[0028] Das Suchen nach einer verfügbaren Wiederherstellungskapazität innerhalb des Übertragungssystems **10** wird durch einen Leitungsprozessor an einem Knotenpunkt initiiert, welcher einem ausgefallenen Verbindungsglied zugeordnet ist. Bei der veranschaulichten Ausführungsform beginnt der Prozessor **20f** nach dem Ausfall der Verbindungsglieder **16f** und **18f** in dem Ring **12b** in Fig. 2 zum Zeitpunkt T_0 damit, nach der Wiederherstellungskapazität zu suchen. (Es sei darauf hingewiesen, daß das Suchen durch den Prozessor **20g** begonnen werden kann). Nach dem Detektieren eines Nachrichtenübertragungsfehlers oder Ausfalls erzeugt der Prozessor **20g** ein Flut-Paket **22** (siehe Fig. 3) zu dem Zeitpunkt T_1 zum Zwecke, um wenigstens einen von dessen benachbarten Knotenpunkten (**14e** und **14f**) zu veranlassen, deren Eigenschaften festzustellen oder zu erstellen und um deren verfügbare Wiederherstellungskapazität zu bestimmen.

[0029] Gemäß Fig. 3 enthält jedes Flutpaket **22** eine Vielzahl an Feldern, die einzeln Informationen speichern, die der Kapazitätssuche zugeordnet sind. Das Feld **24** speichert Informationen, welche das Ausfall-Knotenpunktpaar identifizieren, d.h. die zwei Knotenpunkte, deren Verbindungsglieder ausgefallen sind. Wenn somit die Verbindungsglieder **16f** und **18f** in dem Ring **12b** von Fig. 2 asugefallen sind, identifziert die Information innerhalb des Feldes **24** in dem Flutpaket **22** von Fig. 3 die Knotenpunkte **14f** und **14g** als das ausgefallene Knotenpunktpaar. Das Feld **26** speichert Informationen hinsichtlich der Identität des Knotenpunktes (z.B. des Knotenpunktes **14f**), dessen zugeordneter Prozessor (Prozessor **20f**) das Flutpaket **22** erzeugt hat. Das Feld **28** speichert Informationen, die den Knotenpunkt (z.B. den Knotenpunkt **14e**) identifizieren, der dafür bestimmt wurde, um das Flutpaket **22** zu empfangen.

[0030] Das Feld **30** enthält einen Zählwert, der die aufeinanderfolgende Zahl von Knotenpunkten angibt, die

mit dem Flutpaket geflutet worden sind. Wie noch weiter unten erläutert werden wird, flutet jeder Empfangs-Knotenpunkt nach dem Empfang eines Flutpaketes **22** seinerseits wenigstens einen seiner Nachbarn mit einem Paket. Beispielsweise besitzt das Flutpaket, welches durch den Knotenpunkt **14f** erzeugt wird, einen Feldzählwert von 1. Jedoch hat der Feldzählwert für das Paket, welches durch den Knotenpunkt **14e** zu dem Knotenpunkt **14d** geflutet wurde, einen Feldzählwert von 2.

[0031] Das Feld **32** innerhalb des Flutpaketes **22** speichert Informationen, welche die Reservekapazität angeben, die verfügbar ist, und zwar zugeordnet zu diesem Knotenpunkt, der das Paket aussendet. Beispielsweise würde das Flutpaket **22**, welches durch den Knotenpunkt **14f** in dem Ring **12b** ausgesendet wird, angeben, daß Reservekapazität weder in dem Verbindungsglied **16f** noch in **18f** vorhanden ist, da diese Verbindungsglieder ausgefallen sind. Jedoch können die Verbindungsglieder **16e** (oder **18e**) eine gewisse Reservekapazität enthalten, und wenn dies der Fall ist, werden die Informationen, die solche Kapazität angeben, in dem Feld **32** spezifiziert. Das Feld **34** speichert Informationen, die für die Identität des Ringes kennzeichnend sind, dessen Knotenpunkt das Flutpaket **22** generiert hat. Wenn somit der Knotenpunkt, der das Flutpaket **22** erzeugt, in dem Ring **12b** vorhanden ist, so würde das Feld **34** dies anzeigen.

[0032] Das Feld **36** innerhalb des Flutpaketes **22** enthält Informationen, welche die Nachrichtenübertragungskapazität anzeigen, die zum Zwecke der Wiederherstellung erforderlich ist. Beispielsweise können bei der veranschaulichten Ausführungsform fünf getrennte Stränge, jeder mit einer OC-48-Kapazität, zwischen einem bestimmten Paar von Knotenpunkten benötigt werden. Wenn dies der Fall ist, zeigt dies das Feld **36** an. Schließlich entählt das Feld **38** einen zyklischen Redundanz-Prüfcode für Fehlerprüfzwecke, um einem Empfangs-Knotenpunkt die Möglichkeit zu geben, eine Verifizierung durchzuführen, daß dieser in korrekter Weise das Flutpaket empfangen hat.

[0033] Gemäß Fig. 2 flutet zum Zeitpunkt T_2 der LP **20f** der dem Knotenpunkt **14f** zugeordnet ist, die Knotenpunkte **14e** und **14c** mit Datenpaketen. Seinerseits flutet jeder der Knotenpunkte **14e** und **14c** jeden seiner benachbarten Knotenpunkte **14g** und **14d** bzw. **14b** und **14d** mit einem Paket **22** zu einem Zeitpunkt T_3. Zu einem Zeitpunkt T_4 flutet der Knotenpunkt **14b** seinen benachbarten Knotenpunkt **14a** mit einem Datenpaket, während der Knotenpunkt **14b** seine benachbarten Knotenpunkte **14a** und **14j** mit einem Datenpaket flutet. Zu einem Zeitpunkt T_5 flutet der Knotenpunkt **14j** seine benachbarten Knotenpunkte **14k** und **14l** mit Datenpaketen. Zu einem Zeitpunkt T_6 flutet der Knotenpunkt **14l** den Knotenpunkt **14k** mit einem Datenpaket, während der Knotenpunkt **14k** nun die Knotenpunkte **14h** flutet. Zu einem Zeitpunkt T_7 flutet der Knotenpunkt **14h** den Knotenpunkt **14i** mit getrennten Paketen, und zwar über jeweils die Verbindungsglieder **14i** und **16h**. Schließlich flutet der Knotenpunkt **14i** zu dem Zeitpunkt T_8 den Knotenpunkt **14g** mit einem Datenpaket, um zu bewirken, daß der Knotenpunkt seine Eigenschaften und verfügbare Kapazität angibt.

[0034] Durch sukzessives Fluten der Knotenpunkte innerhalb des Übertragungssystems **10** von Fig. 1 mit Datenpaketen in der beschriebenen Weise können Informationen darüber erhalten werden, wo ein Potential einer Wiederherstellungskapazität innerhalb des Systems exisiert. Für die veranschaulichte Ausführungsform von Fig. 1 sind beispielhafte Wiederherstellungskapazitäten in der weiter unten angegebenen Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1

Zeit	von	zu	Reserve-Kapazität (OC-48s)	Abstand	Zählwert	Ring
T_2	14f	14e	5	25 Meilen	1	12b
T_2	14f	14c	5	25 Meilen	1	12a
T_3	14e	14g	5	125 Meilen	2	12b
T_3	14c	14d	5	25 Meilen	2	12a
T_3	14c	14b	5	25 Meilen	2	12a
T_4	14d	14a	5	175 Meilen	3	12a
T_4	14b	14a	5	25 Meilen	3	12a
T_4	14b	14j	5	10 Meilen	3	12d
T_5	14j	14k	5	50 Meilen	4	12d
T_5	14j	14l	5	150 Meilen	4	12d
T_6	14l	14k	5	50 Meilen	5	12d
T_6	14k	14h	5	50 Meilen	5	12c
T_7	14h	14i	5	100 Meilen	5	12c
T_7	14h	14i	5	150 Meilen	5	12c
T_8	14i	14g	5	125 Meilen	5	12b

[0035] Es sei darauf hingewiesen, daß zwischen den Knotenpunkten **14g** und **14f** keine Kapazität vorhanden ist, und zwar aufgrund des Ausfalls von beiden Verbindungsgliedern **16f** und **18f**. Ferner ist auch keine Kapazität zwischen den Knotenpunkten **14e** und **14g** über eines der Verbindungsglieder **16g** und **18g** vorhanden. Beispielsweise können beide Verbindungsglieder **16g** und **18g** aus dem Dienst genommen sein. Alternativ können diese Verbindungsglieder zwar in Betrieb genommen sein, haben jedoch keine zusätzliche Wiederherstellungskapazität verfügbar.

Phase 2 – Wiederherstellungskapazität-Reservierung

[0036] Nachdem die verfügbaren Wiederherstellungskapazitäten während der Phase 1 erstellt worden sind, wird ein Satz von Kapazitäten (d.h. Verbindungsgliedern) während der Phase 2 reserviert, um einen Wiederherstellungspfad zwischen einem Paar von Knotenpunkten, wie den Knotenpunkten **14a** und **14g** vorzusehen, der die Übertragung des Nachrichtenverkehrs zwischen diesen optimiert. Die Übertragungsoptimierung wird dadurch erreicht, indem die Gesamtlänge der ausgewählten Wiederherstellungskapazitäten minimiert wird. Somit wird zwischen zwei möglichen Verbindungsgliedern, über die eine Wiederherstellung des Verkehrs geroutet werden kann, das kürzere von den zwei Verbindungsgliedern bevorzugt. Zusätzlich zum Optimieren der Übertragung des Nachrichtenverkehrs wird die Zahl der Knotenpunkte, die gekreuzt werden, minimiert, um dadurch jegliche Latenz-Verzögerung zu minimieren.

[0037] Unter den gegebenen Einschränkungen der Minimierung der Länge der Übertragungsverbindungen oder Übertragungsglieder und Minimierung der Zahl der gekreuzten Knotenpunkte, und zwar für die verfügbaren Wiederherstellungskapazitäten, die in Fig. 4 dargestellt sind, kann ein Wiederherstellungspfad entlang der Verbindungsglieder **16a**/**18a**, **19e**, **16j**/**18j**, **19d**, **16i**/**18i** und **19c** reserviert werden. Der Wiederherstellungspfad, der entlang der Verbindungsglieder **16a**/**18a**, **19e**, **16j**/**18j**, **19d**, **16i**/**18i** und **19c** reserviert wird, besitzt die kürzeste Gesamtlänge und durchkreuzt die kleinste Anzahl an Knotenpunkten.

[0038] Obwohl andere mögliche Wiederherstellungspfade existieren, besitzt keiner die kürzeste Gesamtlänge und die geringste Anzahl von durchkreuzten Knotenpunkten. Beispielsweise kann ein Wiederherstellungspfad über die Verbindungsglieder **16a**/**18a**, **19e**, **16l**/**18l**, **16k**/**18k**, **19d**, **16i**/**18i** und **19c** reserviert werden. Bei einem Vergleich des Wiederherstellungspfades, der entlang der Verbindungsglieder **16a**/**18a**, **19e**, **16j**/**18j**, **19d**, **16i**/**18i** und **19c** reserviert werden kann, und einem Pfad, der entlang der Verbindungsglieder **16a**/**18a**, **19e**, **16l**/**18l**, **16k**/**18k**, **19d**, **16i**/**18i** und **19c** reserviert werden kann, führt dazu, daß der letztere eine größere Gesamtlänge hat und mehr Knotenpunkte durchkreuzt.

[0039] Es gibt mehrere mögliche Annäherungen, die angewendet werden können, um den optimalen Wiederherstellungspfad zu reservieren. Wenn die Anzahl der Knotenpunkte und Verbindungsglieder nicht zu zahlreich ist, kann es wünschenswert sein, alle möglichen Wiederherstellungspfade zu erstellen und dann einen Vergleich unter diesen durchzuführen, um zu bestimmen, welcher die kürzeste Gesamtlänge und die geringste Anzahl an durchkreuzten Knotenpunkten aufweist. Wenn die Anzahl der Knotenpunkte und der Verbindungsglieder groß ist, kann eine iterative Annäherung wünschenswerter sein. Zu Beginn wird ein Wiederherstellungspfad, der die kürzesten möglichen einzelnen Verbindungsglieder umfaßt, provisorisch ausgewählt. Wenn dieser Pfad kleinere Knotenpunktdurchkreuzungen aufweist als ein Pfad, der aus einem sukzessive ausgewählten Satz an Verbindungsgliedern besteht, dann wird der erstere Pfad reserviert. Ansonsten wird der Prozeß mit einer anderen Iteration fortgesetzt.

Phase 3 – Kreuzverbindung

[0040] Wenn einmal die Wiederherstellungskapazität während der Phase 2 reserviert worden ist, wird ein Wiederherstellungspfad entlang der reservierten Kapazität geroutet. Um nun auf **Fig. 5** einzugehen, wird bei dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel der Wiederherstellungspfad entlang den Segmenten **16a**/**18a**, **19e**, **16j**/**18j**, **19d**, **16i**/**18i** und **19c** durch Kreuzverbinden der Knotenpunkte **14b**, **14j**, **14k**, **14h** und **14j** geroutet. Eine tatsächliche Kreuzverbindung dieser Knotenpunkte kann unmittelbar automatisch erreicht werden, und zwar durch einen Empfang geeigneter Steuersignale an dem Leitungsprozessor bei jedem Knotenpunkt, da jeder in typischer Weise eine automatische Kreuzverbindungskapazität besitzt. Alternativ können solche Kreuzverbindungen auch manuell in einem Fall erreicht werden, daß einer oder mehrere Knotenpunkte nicht die Fähigkeit hat, automatisch Verbindungsglieder kreuz zu verbinden.

[0041] In der vorhergehenden Beschreibung ist eine Technik zum Erreichen einer Wiederherstellung eines Nachrichtenverkehrs in einem Vielfach-Ringsystem **10** über alternative Ringe beschrieben für den Fall, daß zwei oder mehrere Verbindungsglieder in einem gegebenen Ring ausfallen. Es sei darauf hingewiesen, daß die Nachrichtenverkehr-Wiederherstellungstechnik der Erfindung die Fähigkeit besitzt, eine sehr schnelle Wiederherstellung zu erreichen, und zwar speziell durch die Verwendung von Leitungsprozessoren **20a**-**20l** für eine automatische Erstellung einer verfügbaren Wiederherstellungskapazität in einer zeitlichen Weise. Wenn einmal die Wiederherstellungskapazität erstellt worden ist, kann ein optimaler Wiederherstellungspfad reserviert werden und kann dann danach durch Kreuzverbinden geeigneter Knotenpunkte sehr viel schneller realisiert werden als in der üblichen Zeit, die für eine physikalische Wiederherstellung von einem oder mehreren ausgefallenen Verbindungsgliedern benötigt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Wiederherstellung eines Verkehrs nach dem Ausfallen von wenigstens einem Verbindungsglied in einem Ring eines Übertragungssystems, welches für den Telekommunikationsverkehr ausgelegt ist, wobei das System eine Vielzahl an untereinander verbundenen Ringen (**12a**-**12d**) aufweist, von denen jeder wenigstens zwei Knotenpunkte (**14a**-**14l**) umfaßt, wobei jeder Knotenpunkt mit jedem von einem Paar von benachbarten Knotenpunkten durch wenigstens ein Hauptverbindungsglied (**16**) verkettet ist, welches Verfahren die folgenden Schritte umfaßt:
a) Suchen nach verfügbaren Wiederherstellungskapazitäten in den Ringen (**12a**-**12d**) zur Übernahme von einem Wiederherstellungsverkehr, wobei die verfügbaren Wiederherstellungskapazitäten in Form von verfügbaren Verbindungsgliedern erstellt werden, die mögliche alternative Pfade zwischen einem Ursprungs- und Bestimmungs-Knotenpunkt definieren;
b) Bevorratung unter den verfügbaren Wiederherstellungskapazitäten eines ausgewählten Satzes von Wiederherstellungskapazitäten, welcher den Wiederherstellungsverkehr optimiert; und
c) Vornehmen einer Kreuzverbindung an dem ausgewählten Satz der Wiederherstellungskapazitäten, um eine Route zur Übernahme des Wiederherstellungsverkehres zu erstellen,
dadurch gekennzeichnet, daß
bei dem Suchschritt Informationen hinsichtlich des Abstandes der verfügbaren Verbindungsglieder und ein

Zählwert, der die Anzahl an Knotenpunkten, die gekreuzt wurden, definiert, für die verfügbaren Wiederherstellungskapazitäten abgeleitet werden;
bei dem Bevorratungsschritt der Satz der Wiederherstellungskapazitäten aus den verfügbaren Wiederherstellungskapazitäten als ein Satz der Wiederherstellungskapazitäten ausgewählt wird, die den Pfad liefern, welcher die kürzeste Gesamtlänge besitzt und welcher die geringste Anzahl an Knotenpunkten kreuzt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Suchschritt nach verfügbaren Wiederherstellungskapazitäten die folgenden Schritte umfasst:
a) Fluten eines ersten Paketes an Informationen von einem ersten Knotenpunkt, der einem ausgefallenen Verbindungsglied zugeordnet ist, zu wenigstens einem benachbarten Knotenpunkt, um den benachbarten Knotenpunkt zu veranlassen, seine verfügbare Wiederherstellungskapazität zu bestätigen;
b) Fluten eines nachfolgenden Paketes an Informationen von dem benachbarten Knotenpunkt zu wenigstens einem von dessen benachbarten Knotenpunkten, um diesen zu veranlassen, seine verfügbare Wiederherstellungskapazität zu bestätigen;
c) Wiederholen des vorhergehenden Schrittes b), bis die Knotenpunkte aufeinanderfolgend mit Paketen geflutet wurden, um die verfügbaren Wiederherstellungskapazitäten innerhalb des Systems zu erstellen.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Wiederherstellungskapazitäten in dem ausgewählten Satz automatisch kreuzverbunden werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Wiederherstellungskapazitäten in dem ausgewählten Satz von Hand kreuzverbunden werden.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

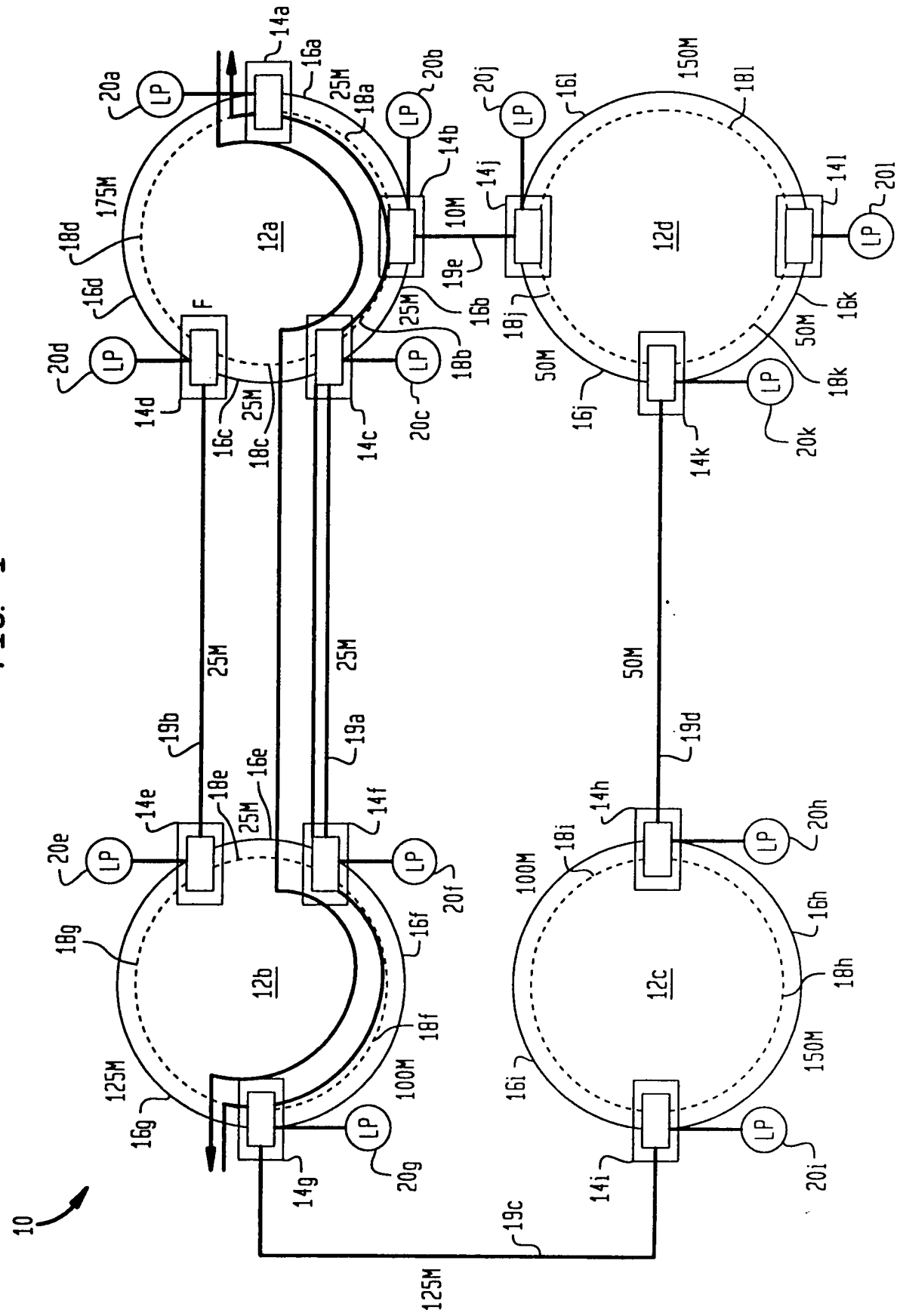


FIG. 2

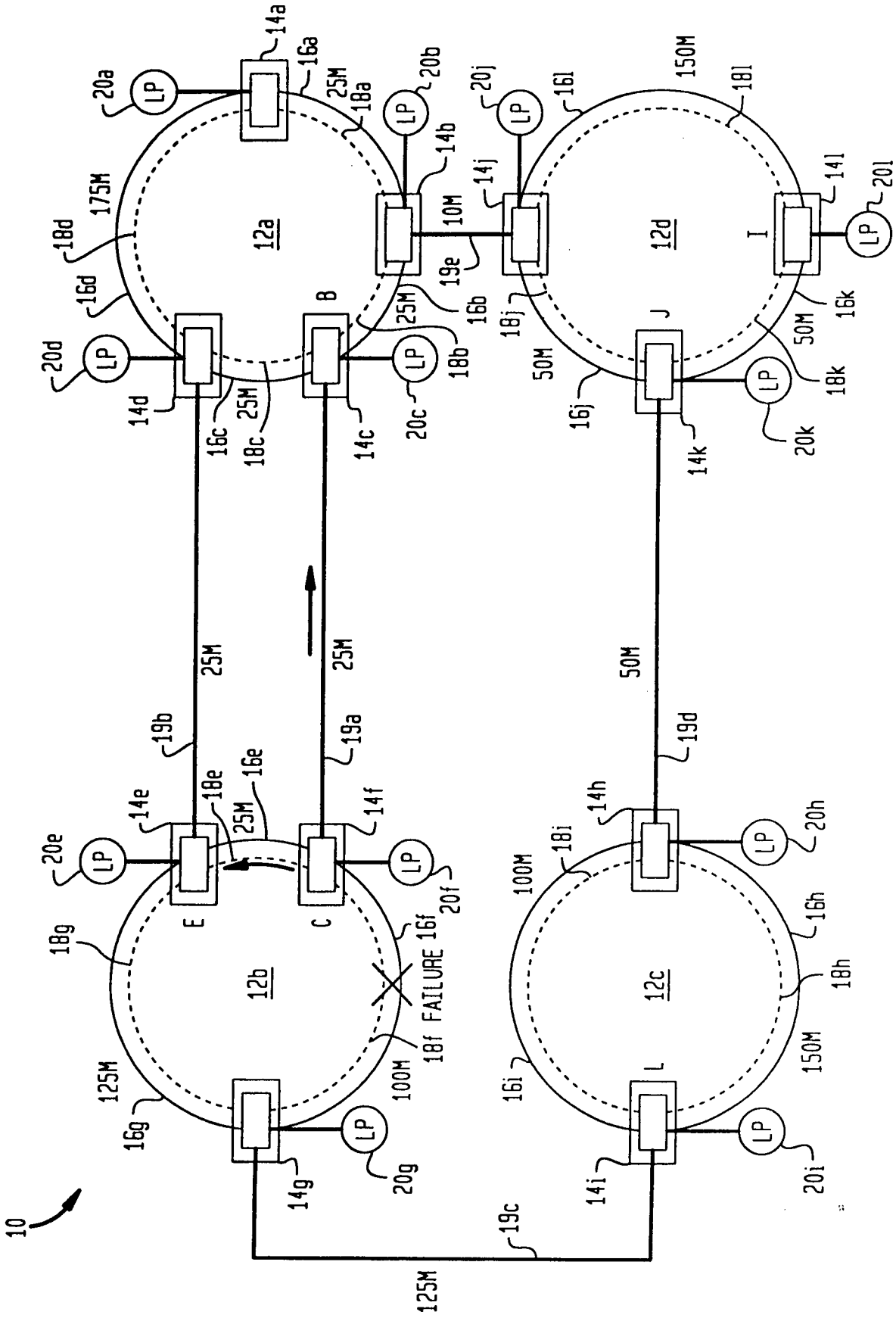

10
12a
12b
12c
12d
LP
FAILURE
25M
50M
100M
125M
150M
175M
10M
A
B
C
E
I
J
L

FIG. 3

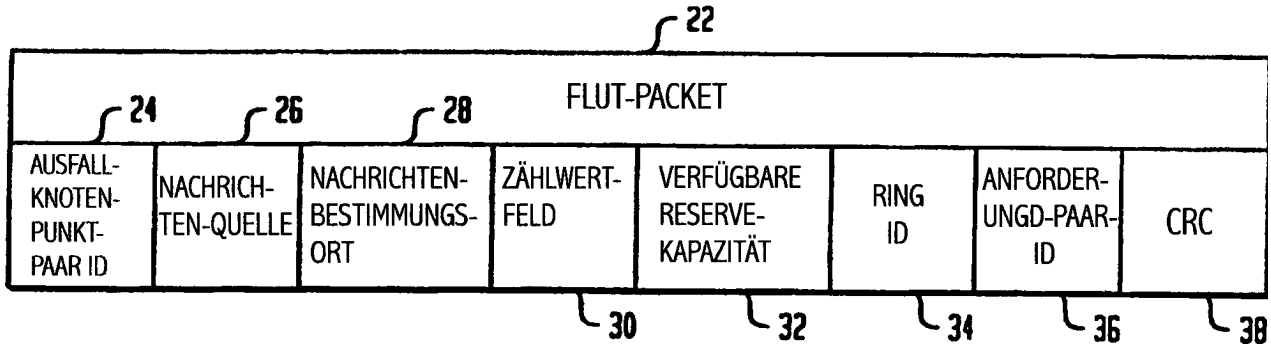
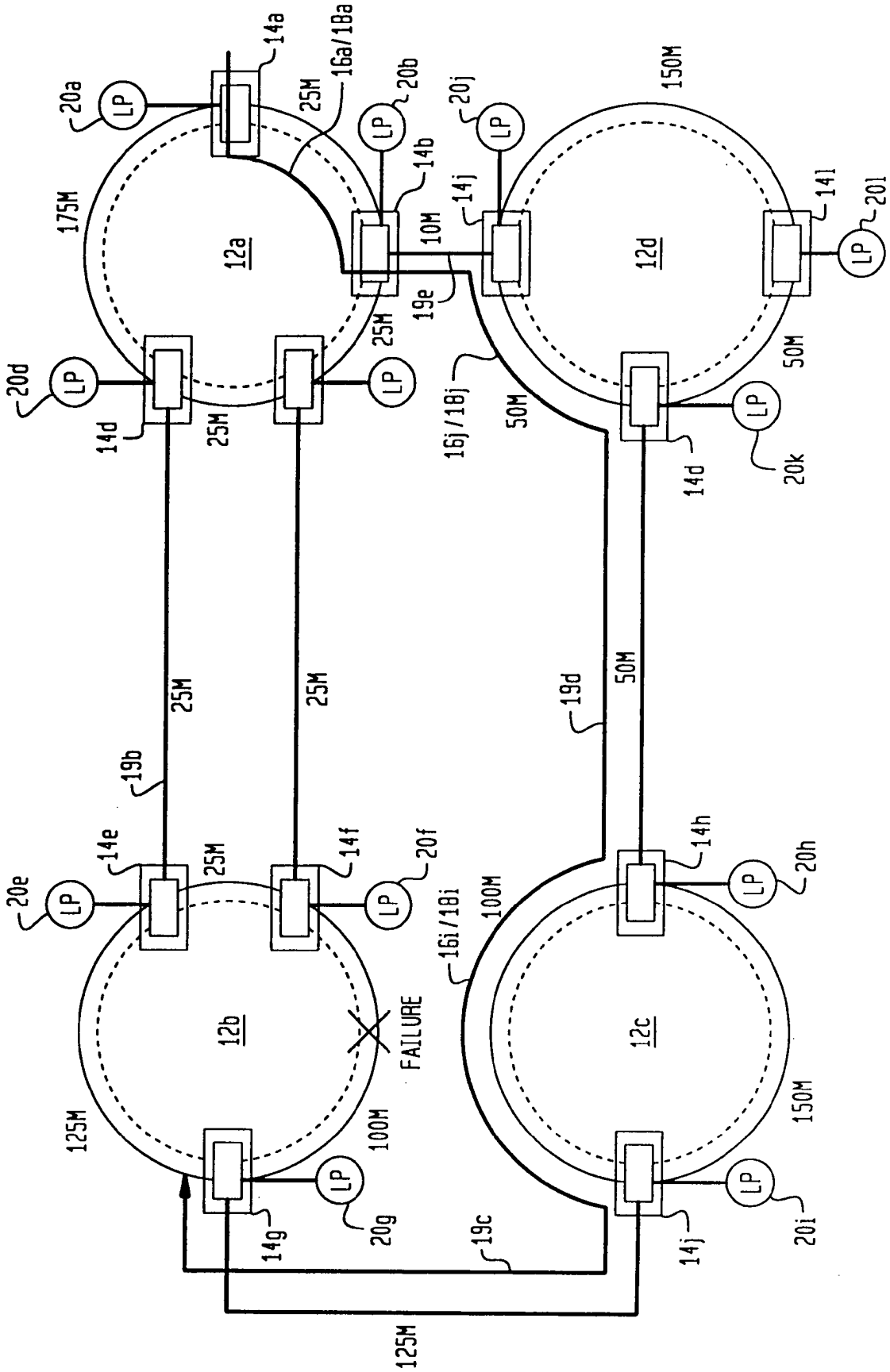

22
FLUT-PACKET
24
26
28
AUSFALL-KNOTEN-PUNKT-PAAR ID
NACHRICH-TEN-QUELLE
NACHRICHTEN-BESTIMMUNGS-ORT
ZÄHLWERT-FELD
VERFÜGBARE RESERVE-KAPAZITÄT
RING ID
ANFORDER-UNGD-PAAR-ID
CRC
30
32
34
36
38

FIG. 4

WIEDERHERSTELLUNGSKAPAZITÄT-RESERVIERUNG

KNOTEN-PUNKT	VON	RESERVE-KAPAZITÄT (OC-48s)	ENTFERNUNG (MEILEN)	ZÄHL-WERT	RING
14c	14f	5	25 MEILEN	1	12a
14e	14f	5	25 MEILEN	1	12b
14d	14c	5	25 MEILEN	2	12a
14d	14e	5	25 MEILEN	2	12a
14a	14d	5	175 MEILEN	3	12a
14a (16a/18a)	14b	5	25 MEILEN	3	12a
14b	14c	5	25 MEILEN	2	12a
14j (19e)	14b	5	10 MEILEN	3	12d
14l	14j	5	150 MEILEN	4	12d
14k	14l	5	50 MEILEN	5	12d
14k (16j/18j)	14j	5	50 MEILEN	4	12d
14h (19d)	14k	5	50 MEILEN	5	12c
14i (16i/18i)	14h	5	150 MEILEN	6	12c
14i	14h	5	100 MEILEN	6	12c
14g (19c)	14i	5	125 MILES	7	12b

FIG. 5


12a
12b
12c
12d
14a
14b
14d
14e
14f
14g
14h
14j
14l
16a/18a
16j/18j
16i/18i
19b
19c
19d
19e
20a
20b
20d
20e
20f
20g
20h
20i
20j
20k
20l
LP
25M
50M
100M
125M
150M
175M
FAILURE