

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3662901号

(P3662901)

(45) 発行日 平成17年6月22日(2005.6.22)

(24) 登録日 平成17年4月1日(2005.4.1)

(51) Int.Cl.⁷

H04L 12/56

F I

H04L 12/56 100A

H04L 12/56 400A

請求項の数 8 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2002-259748 (P2002-259748)	(73) 特許権者	390035493
(22) 出願日	平成14年9月5日(2002.9.5)		エイ・ティ・アンド・ティ・コーポレーション
(62) 分割の表示	特願平11-46137の分割		ヨン
原出願日	平成11年2月24日(1999.2.24)		AT&T CORP.
(65) 公開番号	特開2003-179629 (P2003-179629A)		アメリカ合衆国 10013-2412
(43) 公開日	平成15年6月27日(2003.6.27)		ニューヨーク ニューヨーク アヴェニュー
審査請求日	平成14年9月11日(2002.9.11)		オブ ジ アメリカズ 32
(31) 優先権主張番号	60/075,825	(74) 代理人	100075258
(32) 優先日	平成10年2月24日(1998.2.24)		弁理士 吉田 研二
(33) 優先権主張国	米国(US)	(74) 代理人	100096976
(31) 優先権主張番号	09/255,985		弁理士 石田 純
(32) 優先日	平成11年2月23日(1999.2.23)	(72) 発明者	ロバート ダンカン ドーバースパイク
(33) 優先権主張国	米国(US)		アメリカ合衆国 ニュージャージー州 テ
			イントン フォールズ サリー コート
			63
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 オプティカルレイヤの疑似中央処理による障害修復方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

通信ネットワークで光パス修復を行う方法において、

- a) 通信ネットワークを複数のサブネットワークへ分割し(30, 40)、各サブネットワークが複数のオプティカル・クロス・コネク(0XC)ノード(10)を備え、
- b) 各サブネットワークにサブネットワーク修復コントローラ(SRC)(22)を設け、各SRCが、そのサブネットワーク内の0XCノード全ての相互接続を規定するネットワークグラフとそれらの間における所定のルート再選択アルゴリズムとを備え、各SRCが該サブネットワーク内の0XC1個だけに物理的に結合されており、
- c) 「障害通知」メッセージを、障害が起こった0XCノードまたは0XCノードのペアの間にある障害が起こったリンクから所定のSRCへ送信し(52)、
- d) 前記ステップc)で定義された障害を迂回するために、コンタクトされたSRC内でルート再選択パスを生成し(56)、
- e) 前記ステップd)のルート再選択パスを必要な全ての前記各0XCへ伝送し(58)、ネットワーク内の通信の修復を行うことを特徴とするオプティカルレイヤの疑似中央処理による障害修復方法。

【請求項2】

前記ステップc)を行うにあたり、障害通知メッセージが、データチャンネルとは別個の専用オペレーションチャンネル(24)上で送られることを特徴とする請求項1記載の方法。

10

20

【請求項 3】

前記ステップ a) を行うにあたり、通信ネットワークが、複数の最小限に重なり合ったサブネットワーク (20) に分割され、該サブネットワーク (20) が、該サブネットワーク間のリンクであって境界リンクとして定義されるリンク (34) を備え、該境界リンク (34) の両端には、境界ノードと定義される OXC ノード (10₁₁, 10₂₁) を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

前記ステップ c) 及び前記ステップ d) を行うにあたり、メッセージのソース又は該メッセージの送信先のいずれかが自己のサブネットワーク内であるときにコンタクトされた各 OXC ノードが受信メッセージを送信する場合に、「一斉」メッセージ送信処理を用いて、前記 OXC ノードと前記 SRC との間でメッセージを送信することを特徴とする請求項 3 記載の方法。

10

【請求項 5】

前記ステップ c) を行うにあたり、「障害」を認識した OXC ノードが、自己のアイデンティフィケーション、前記障害のあるソースサブネットワークのアイデンティフィケーション、送信先サブネットワークのアイデンティフィケーション、および認識された障害のタイプを特定するデータを含む「障害通知」メッセージを送信することを特徴とする請求項 4 記載の方法。

【請求項 6】

前記ステップ c) を行うにあたり、認識された障害のタイプを特定するデータが、(1) 「信号のロス」 - ライン、(2) 「信号のロス」 - 光インターフェイスユニット、(3) 「信号のロス」 - オペレーションチャンネル、および (4) 遠端受信障害 (FERF) を含む障害の認識データを含むことを特徴とする請求項 5 記載の方法。

20

【請求項 7】

前記ステップ c) と前記ステップ e) とを行うにあたり、各 OXC ノードが、その関連する SRC への主メッセージパスと、その関連する SRC への副メッセージパスとを備え、前記主と副との各メッセージパスが分離パスとして定義される場合において、「1 + 1」メッセージ送信処理を用いて、前記各 OXC ノードと前記各 SRC との間でメッセージを送信することを特徴とする請求項 3 記載の方法。

【請求項 8】

前記主メッセージパスが、OXC とその関連する SRC との間の「最短ホップパス」として定義されることを特徴とする請求項 7 記載の方法。

30

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本出願は、1998 年 2 月 24 日出願の米国仮出願第 60 / 075,825 号の優先権を主張するものである。

【0002】

本発明は、一般に、通信ネットワークの「光技術レイヤー」に対する修復アーキテクチャに関し、特に、事前定義サブネットワークアーキテクチャ（つまり、「疑似中央処理」アプローチ）の実行とノードまたはリンクの障害の際にデータパスの再構成を行う方法とに関する。

40

【0003】**【従来の技術】**

通信ネットワークの「光技術レイヤ」に関して有用であると思われる異なる修復法が幾つか現時点で存在する。一般に、これらのアプローチは、修復粗さ (restoration granularity)（例えば、ライン対波長（チャンネル / パス）切り換え）、異なるトポロジ（topology）ルート法（すなわち、リング対メッシュ）、置換えパスの異なるクラス（2 地点間またはローカル）、および異なる制御スキーム（分散処理、中央処理）によって特徴付けられる。

50

【 0 0 0 4 】

【 発明が解決しようとする課題 】

本発明は、「分散処理」と「中央処理」双方のアプローチの利点を用いる疑似中央処理修復スキームに関する。特に、本発明は、事前定義サブネットワークアーキテクチャ（つまり、「疑似中央処理」アプローチ）の実行とノードまたはリンクの障害の際にデータパスの再構成を行う方法とに関する。

【 0 0 0 5 】

【 課題を解決するための手段 】

本発明によれば、通信ネットワークは、先ず「最小限に重なり合った」サブネットワークのセットが「高度に重なり合った」サブネットワークのセットかのいずれかに分割される。この場合、各サブネットワークは、複数のオプティカル・クロス・コネク（OXC）ノードを備える。「最小限に重なり合った」モデルを用いるのか「高度に重なり合った」モデルを用いるのかを決める基準は、ネットワーク内の多くのノードの相互接続性の関数である。各サブネットワークは、「サブネットワーク修復コントローラ」（SRC）を備えるように構成される。該SRCは、OXC間の相互接続を定義するサブネットワークグラフ並びに必要なルート再選択アルゴリズム全てを備えるように定義される。以下に詳細に論じられるように、各SRCは、サブネットワーク中でOXCノード1個だけに物理的にリンクされている。

【 0 0 0 6 】

障害が起きたOXCやリンクを認識すると、「障害通知」メッセージが適当なSRCへ逆送される。該SRCの機能は、障害が起きたノードやリンクを迂回して代替パスを確立することである。この代替パスは、障害が物理的に修理された後では取り外してしまうことができる。本発明では、二つの異なるメッセージモデルを用いることができる。第一の方法は、「一斉」法と定義され、メッセージを発信するOXCを使って、それに接続している他の各OXC（並びにそれに接続している各SRC）に障害通知メッセージを一斉送信させる方法である。この一斉送信処理は、OXCからOXCへと、適切なSRCが通知を受け取るまで継続される。「高度に重なり合った」サブネットワークモデルに対しては、この一斉法は好ましくない。ノードの相互接続性が格段に高いからである。もう一つ別の方法は、「最小限に重なり合った」サブネットワーク配置と「高度に重なり合った」サブネットワーク配置双方に好適な方法であり、「1+1」メッセージ送信モデルである。この場合、「障害通知」メッセージは、主パス1本と副パス1本とを通じて伝送される。

【 0 0 0 7 】

いずれのメッセージ送信法を用いるにしろ、最終的には、特定されたノード/リンクに責務があるSRCがコンタクトされ、障害が起こった条件を回避するルート再選択パスが確認され、ネットワーク内の通信が修復される。

【 0 0 0 8 】

本発明の修復アーキテクチャの他の多岐にわたる特徴は、以下の議論を進める間に添付の図面を参照したりすれば一層明快になるう。

【 0 0 0 9 】

【 発明の実施の形態 】

本発明の修復法を十分に理解するには、オプティカル・クロス・コネクを有効に用いる例示的通信ネットワークアーキテクチャを先ず評価するのが有用である。図1は、このようなネットワークの一つの一部分を描くもので、特に、3個のオプティカル・クロス・コネク（OXC）10₁、10₂、10₃から構成されるセットを示す。各OXCは、スイッチファブリック（switch fabric）12とコントローラ16とネットワーク管理インターフェイス（NMI）18とを備える。スイッチファブリック12は、入力/出力光インターフェイスユニット14間の適切な接続を行い、コントローラ16は、スイッチファブリック12内の所望の接続設定を行う。従来のネットワーク管理活動（例えば、準備（provisioning））を行うに加えて、ネットワーク管理インターフェイス18は、本発明では修復メッセージのルートを選択するのに用いられる。ここで議論を進めるため、3個のOXC

10

20

30

40

50

が全て単一のサブネットワーク 20 内に配置されているものと仮定する。サブネットワーク分割については(「最小限に重なり合った」モデルにしる「高度に重なり合った」モデルにしる)、図 2 と図 3 に関連して以下に詳細に議論される。図 1 に示される構成では、サブネットワーク修復コントローラ(SRC) 22 は、OXC の一つ(このケースでは OXC 10₁)に結合されている。SRC 22 は、自分が属するサブネットワーク 20 に関する相互接続情報全部に加えてサブネットワーク全セット(図示せず)に関連する相互接続情報を内蔵している。通信障害が認識されると、この情報が「障害通告メッセージ」として SRC 22 へ転送され、次に SRC 22 は修復信号パスをセットアップする。

【0010】

修復を迅速に行うために、本発明のアーキテクチャは、「イン - スパン(in-span)」データ通信パスを備えるのが好ましい。「イン - スパン」配置とは、従来の信号伝送リンクを用いて「ネットワーク」データを伝送するシステムであり、普通は埋め込まれたオペレーションチャンネル上に載るシステムであると、一般には定義することができる。例を幾つか挙げると、(1)従来の信号、例えば、OC - n が通信の方式として用いられる専用(n + 1)波長、(2)リンクの指定チャンネルのデジタル信号の余剰ビット(例えば、各 OXC と一体化されているトランスポンダによる一斉同報通信)または(3)強度変調(intensity modulated)されたデジタル信号のトップで変調された低変調度 AM 信号がある。イン - スパン修復法の一般的な「必要条件」は、修復ルート上のパスを修復することが可能ならば、関連 OXC が通信することが可能ということである。

【0011】

本議論を進めるため、SRC 22 から各 OXC 10 の NMI 18 を経由する専用オペレーションチャンネルが、イン - スパンデータチャンネルとして使われると仮定する。このような専用チャンネル 24 が図 1 では点線で示されている。従って、この構成では故障アナリシスを行って光ライン障害なのか個々の波長障害(例えば、OC - 48 信号または関連光トランスレータの障害)なのかを分離することが可能である。すなわち、OXC 10₁ と OXC 10₂ との間のファイバ 26 が切断されると、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{n+1}$ が全て通信不能になるので、「ライン障害」が起こったと正しく結論することができる。対照的に、OXC 10₁ の箇所で光トランスレータ(λ_i , $i < n + 1$)の一つが故障した場合、波長 λ_{n+1} の所のオペレーションチャンネル 24 が依然としてオペレーション可能である限り、個別の波長(チャンネル)に関して障害が起こったと結論することができる。

【0012】

本発明の修復に要求される条件下では、NMI 18 は、特殊化された高速ネットワーク管理インターフェイスであって、接続および障害管理に用いられる従来のネットワーク管理エレメントを回避する等によって迅速、有効に作動するように設計されていることが好ましい。この迅速化されたインターフェイスは、従来のインターフェイスをバイパスして差し支えない。従来のインターフェイス関連の通信は、オペレーションシステムと通信する必要があるので、比較的低速のネットワーク管理言語を使用するからである。修復メッセージの内容、およびこれらメッセージに応答する OXC (複数)と SRC のオペレーションについては、図 2 と図 3 に関連して以下に詳細に議論される。

【0013】

図 2 は、通信ネットワークを複数のサブネットワーク 30₁, 30₂, 30₃ に例示的に分割したものを示す。本発明では、図 2 に示される分割は、「最小限に重なり合った」ネットワークアーキテクチャと定義される。すなわち、この分割では、サブネットワーク間に共有されるリンクの数が最少である。サブネットワーク 30_i 各々は、複数の OXC 10 と一個のサブネットワーク修復コントローラ(SRC) 22_i とを備える。ここで、SRC 22_i は、一つの OXC に関連しており(好ましくは、共に配置され)、特定のサブネットワークに対する SRC インターフェイスとして指定され、図 2 では 10_{SRCi} として示されている。「最小限に重なり合った」分割が適切なものであるためには、ネットワークトポロジーがクラスタ構造となっていなければならない。この場合、各クラスタは適切に接続されており、「生存可」(survivable)(「生存可」とは、リンクの終点で規定される

10

20

30

40

50

ノードの各ペアの間に 2 個以上のノードまたはリンクの分離パス(disjoint paths)があることを意味する)であり、各クラスタは、分離可能なリンクにおいて他のクラスタに接続することができる。換言すれば、各サブネットワーク 30_i がエッジのセットを削除することによって他からは分断されながらも、各サブネットワークは、其れ自体の内部では同じ適切に接続された特性を保っているということである。本発明の目的では、図 2 のリンク 32 のような「境界リンク」とは、一つのサブネットワークに第一端ノード (OXC) を備え、もう一つ別のサブネットワークに別端ノード (OXC) を備えるものと定義される。「境界ノード」は、カレントサブネットワークにあるノードではなく、該ネットワークの SRC 22 が境界リンク上の障害修復のために通信する必要のあるノードと定義される。図 2 を参照すると、サブネットワーク 30_3 の OXC 10_{3j} は、サブネットワーク 30_1 の SRC 22₁ に対する「境界ノード」である。境界リンク 32 が故障すると、SRC 22₁ は OXC 10_{3j} 経由で故障を修復する必要があるからである。最小限でも、各境界リンクの両末端ノードは、「境界ノード」であり、各 SRC 22_i は該サブネットワーク中の「境界ノード」全てと通信するように構成される。例えば、サブネットワーク 30_3 のノード 10_{3j} と 10_{3k} とは、サブネットワーク 30_2 に対する境界ノードとなり、サブネットワーク 30_2 をサブネットワーク 30_3 に接続し、一方、ノード 10_{2j} と 10_{2k} とは、サブネットワーク 30_3 に対する境界ノードとなる。従って、リンク 32_j とリンク 32_k は「境界リンク」と定義される。

【0014】

各 OXC 10 の間のリンクは、上記の専用オペレーションチャンネル 24 を生かして、「障害」を一斉通報通信し、各 SRC と各 OXC との間の質問照会の通信を行う。従って、本発明の疑似中央処理修復処理法は、高速「イン-スパン」分散通信を用いることによって、分散処理法にエミュレートしながらも、サブネットワーク修復エレメント (SRC) 22 内でネットワークグラフやルート再選択アルゴリズム、並びにクロス・コネクト・コントロール (cross-connect control) を維持することによって、更に中央処理法にもエミュレートする。特に、ネットワークグラフには、ノード (OXC) やリンク並びにチャンネル (波長) 情報 (例えば、「作動中」、「予備」、「保護」、「オペレーション」など)、サブネットワーク中の全てのノードの接続チャンネル割り当て、境界ノードの全部、これらのノード間のリンク全部、などの情報が含まれる。各 SRC 22 は、該サブネットワーク中の各ノードにプラスして該境界ノードにも極めて頻繁な間隔で照会を発することによって、このデータを維持する。これらの照会は、修復処理自体にとっては実質的に「オフ-ライン」である。障害が起こると、SRC 内のカレントネットワークグラフデータが修復決定処理の進行に用いられる。次に、各 SRC 22 は、クロス・コネクト照会から得られるクロス・コネクト情報マップを継ぎ合わせすることによって、自分が属するサブネットワークの接続、すなわち、該サブネットワーク内が始端/終端となる接続、またはサブネットワークのノードと境界ノード間の接続の一部分、およびチャンネル (波長) 割り当てを決定する。本発明の修復処理については、以下に図 4 に関連して詳細に議論される。

【0015】

もし該当するネットワークが、図 2 に示されるような方法でノードの「クラスタ構造」を明確化及び定義し、サブネットワークを特定することが難しい状態である場合は、図 3 に示されるように「高度に重なり合った」分割モデルを用いることができる。その定義から自明なように、「高度に重なり合った」サブネットワーク 40_1 , 40_2 , 40_3 , 40_4 は、重なり合いが非常に多いように選択され、「境界ノード」を規定する必要性は無い。「高度に重なり合った」サブネットワークアーキテクチャでは、各 SRC 22 は、厳格に自己のサブネットワーク内で故障を修復する。多重サブネットワークでは極めて多数のノード (OXC) が含まれるので、少なくとも一つのサブネットワーク内で各リンクに対して多重のパスを設け、制御する SRC を認識することが、この方法にとって重要なキーとなる。上に説明した「最小限に重なり合った」サブネットワーク分割と同じように、図 3 の構成でも、専用オペレーションチャンネルを用いて修復メッセージ伝達が行われる。

10

20

30

40

50

【0016】

「高度に重なり合った」構成でサブネットワークを規定する例示的な方法では、以下のステップが含まれる（ただし、このような分割を行うには他の多様な方法もあることを理解のこと）。（１）（解析目的のため）１ - 接続ノードとリンクとをネットワークから削除する。リンク接続性一般は、従来の「最大フロー」アルゴリズムを用いて計算することができる。最大フローアルゴリズムのネットワークグラフを、相互ＯＸＣリンクに対応するネットワーク中の各リンク $\{i, j\}$ に対して定義するためには、指定エッジのペア (i, j) 、 (j, j) を定義する。ネットワーク中の各リンクに対し、他の全てのエッジのキャパシティを「１」と設定することによって、このリンクを「故障」させる。次に、ネットワークの各リンク $\{k, m\}$ に対し、ソースに入り、またシンクから出る全てのエッジのキャパシティを「０」と設定する。この場合、（ソース、シンク）＝ (k, m) （または $= (m, k)$ である）。最大フローは、エッジ $\{k, m\}$ に対する接続性に等しくなる。この「最大フロー」ステップは、全てのエッジのため以後に繰り返してもよい。（２）SRC22が、ネットワーク内の大きな配置各々で定義される。SRC22は、前と同じように、 10_{SRCi} と定義された一つのＯＸＣに関連づけられる。（３）各SRC22とネットワーク中のノード全てとの間で最短のホップ（hop）ルートを探す。（４）既定の半径R内でSRCと全てのノードとを含む各サブネットワークを定義する。（５）リンクがサブネットワークに含まれ、ノード双方が同じサブネットワーク内にある場合限り、サブネットワーク中の１ - 接続ノードとリンクとを削除する。（６）１ - 接続ノードとリンクとを各サブネットワークから削除する。（７）少なくとも一つのサブネットワークがカバーしていないリンクとノードとが修復可能ネットワーク中に存在しているかどうかを決定する。このようなノードに対しては、サブネットワークの半径Rを最も近いSRC22まで延長し、該サブネットワークに対してステップ３～６を再計算する。そして（８）単一のサブネットワーク内に含まれていない残りのリンクがあればこれを確認する。更に加えるノード数が最少となるように、接続性を維持するのに必要とされる最少の数のノードを有するリンクを含ませる。これらのステップの実行により、図３に示されるような「高度に重なり合った」サブネットワーク分割が形成される。

【0017】

適切なサブネットワーク分割が（「最小限に重なり合った」ものでも「高度に重なり合った」ものでも）確立し、各SRC内で適切なネットワークグラフが定義されると、ネットワークは、本発明に従って「障害」メッセージのルート選択をして、ネットワーク修復を行うための準備ができる。一般には、使用できるメッセージルート選択法には二つの異なる方法がある。「一斉」（flooding）メッセージルート選択と「１＋１」メッセージルート選択と定義される方法である。いずれのルート選択法も「最小限に重なり合った」アーキテクチャに使用できるが、「１＋１」メッセージルート選択法の方は、「高度に重なり合った」アーキテクチャに対して好ましい。「一斉」モデルの方は、極めて頑強かつ分散的な通信方法であって、ノードは、受けた照会を（照会を受けたリンクを除いて）各リンク接続点に再び一斉同報通信する。「１＋１」法では、各SRC22は、通信が必要な各ＯＸＣに対して二本のノード分離パスを決定し、受けたメッセージを全てこれら二本のパスを経由して送信する。ルート選択の方法に関わらず、メッセージのタイプは同一であり、それらの内容も（勿論、メッセージルート選択に関する情報を除いて）同じである。表１は、メッセージルート選択の「一斉」法においてＯＸＣ10とSRC22との間でありうる可能なメッセージのフィールドを列挙する。

【0018】

【表１】

メッセージルート選択の「一斉」法に対する可能なメッセージのセット

メッセージ のタイプ	始点	終点	データ項目
照会	SRC	OX C	メッセージID、メッセージタイプ、ソースサブネットワークID、送信先サブネットワークID、送信先OX C ID、エラー情報
照会応答	OX C	SRC	メッセージID、メッセージタイプ、ソースOX C ID、ソースサブネットワークID、送信先サブネットワークID、クロス・コネクトマップ、エラー情報
障害通知	OX C	SRC	メッセージID、メッセージタイプ、ソースOX C ID、ソースサブネットワークID、送信先サブネットワークID、障害タイプ、失敗したターミネーションポイント(TP)、エラー情報
クロス・コネクト	SRC	OX C	メッセージID、メッセージタイプ、ソースサブネットワークID、送信先OX C ID、送信先サブネットワークID、新しいクロス・コネクトのシーケンス、エラー情報
クロス・コネクト 応答	OX C	SRC	メッセージID、メッセージタイプ、ソースOX C ID、ソースサブネットワークID、送信先サブネットワークID、クロス・コネクトマップ確認およびエラーコード、エラー情報

10

20

30

同様に、メッセージルート選択の「1 + 1」法においてありうるメッセージのセットは、次の表に規定される通りである。

【0019】

【表2】

メッセージルート選択の「1+1」法に対する可能なメッセージのセット

メッセージ のタイプ	始点	終点	データ項目
照会	S R C	O X C	メッセージID、メッセージタイプ、ソースサブネットワークID、送信先サブネットワークID、送信先OXC ID、フルOXCパス(ID)、エラー情報
照会応答	O X C	S R C	メッセージID、メッセージタイプ、ソースOXC ID、ソースサブネットワークID、送信先サブネットワークID、フルOXCパス、クロス・コネクトマップ、エラー情報
障害通知	O X C	S R C	メッセージID、メッセージタイプ、ソースOXC ID、ソースサブネットワークID、送信先サブネットワークID、フルOXCパス、障害タイプ、失敗したターミネーションポイント(TP)、エラー情報
クロス・コネクト	S R C	O X C	メッセージID、メッセージタイプ、ソースサブネットワークID、送信先OXC ID、送信先サブネットワークID、フルOXCパス、修復効率(高度に重なり合ったもののみ)、新しいクロス・コネクトのシーケンス、エラー情報
クロス・コネクト 応答	O X C	S R C	メッセージID、メッセージタイプ、ソースOXC ID、ソースサブネットワークID、送信先サブネットワークID、フルOXCパス、クロスコネクトマップ確認およびエラーコード、エラー情報

10

20

30

各メッセージセットに対する「データ項目」は、表3に規定され、以下に記載される。

【0020】

【表3】

データメッセージ項目

データ項目	説明
メッセージID	8オクテットユニーク数字認識子
メッセージタイプ	表1の第一欄に定義の通り
サブネットワークおよび OXCのID	4オクテット数字フィールド（標準化アドレスはこの適用では不要）
クロス・コネク	整列したペア{(t1, t2)}、t1, t2は「終点」(TP)を示す。
障害タイプ	信号ロス(LOS)ーライン、LOS光インターフェイスポート、LOSオペレーションチャンネル（すなわち、他のインターフェイスに対してOK信号を出す）、光インターフェイスポート成分信号および関連障害に対する標準SONET性能閾値クロス(LOS, ポインタロス、分裂エラーセコンド、フレームロスなど)
クロス・コネクエラーコード	ノーマルプロビジョニングに対して製造者指定の標準クロス・コネクエラー（例えば、不定形TP、サービス／構成されていないTP、既定のTP、システムエラー、コマンドのシンタックスエラーなど）

上に記載のように、メッセージルート選択の「一斉」法は、主として「最小限に重なり合った」サブネットワークアーキテクチャに適用できる。一般には、ノードは、接続されている全てのリンク（始めのリンクを除く）に受信照会を再一斉同報通信する。しかし、メッセージが繰り返してノードに来れば、再一斉同報通信は行われない。所与のSRC22から送信されたメッセージが、別のサブネットワーク20に含まれる境界ノード10によって受信される時も、再一斉同報通信は行われない。照会が、宛名のOXC10によって受信された時は、NMI18中の修復インターフェイスがメッセージを採り上げ、要求を処理し、同じタイプの一斉メッセージルートで適切なSRC22へ応答を送信し返す。

【0021】

OXCノード10からSRC22へのメッセージについては、OXCノード10が、メッセージを自分のSRCへ送信すると共に、プラスして自分が境界ノードである各SRCへメッセージ一つを送信する。最初に発信するノードは、データ通信チャンネル経由で、接続されている各OXCへ各メッセージのコピーを送信する。このようなメッセージを受信したOXC10中のNMI18は、メッセージ中の情報を用いてこれを他のノードへ転送すべきかどうかを決定する。一斉ルールは、メッセージを受信したら、ソースサブネットワークIDか送信先サブネットワークIDかが自分のサブネットワークIDに対応する場合に、ノードがメッセージを転送するということである。これで確実に行われることは、サブネットワーク30₁のOXCからサブネットワーク30₂（これに対してはノード10_xが境界ノードである）のSRC₂へのメッセージが、生存している境界リンク経由でSR

10

20

30

40

50

C₂へ達し、あるケースでは、サブネットワーク30₂の内部ノードを通過しなければならないことからこれらの境界リンクに到達するということである。メッセージを転送するためには、OXCノード10が、接続している他のノード全部へメッセージを一斉同報通信する。簡単のためには、サブネットワークIDは、サブネットワークに対するSRCIDと同じであると仮定できる。SRC22からOXCノード10へのメッセージに付いては、普通メッセージ一つが送信される。転送ルールは同じものが適用される（すなわち、メッセージを受信したら、ソースサブネットワークIDまたは送信先サブネットワークIDが自分のサブネットワークIDに対応する場合に、ノードが該メッセージを転送する）。

【0022】

例えば、図2の「X」は、ノード10₁₁と10₂₁間のリンク50上の障害を示す。ノード10₁₁が障害を検出し、SRC22₁（ノード10_{SRC}経由の自分のSRC）に対して第一「障害通知メッセージ」を送信し、プラスしてSRC22₂に対して第二「障害通知メッセージ」を送信する。表1を参照すれば、第一「障害メッセージ」は、次の情報を含む。すなわち、ソースOXCID=10₁₁、ソースサブネットワークID=30₁、送信先サブネットワークID=30₁。

【0023】

第二「障害メッセージ」は、次の情報を含む。すなわち、ソースOXCID=10₁₁、ソースサブネットワークID=30₁、送信先サブネットワークID=30₂。サブネットワーク30₁中の各ノードが第一障害メッセージを受信すると、該各ノードは、メッセージを隣接ノード全部に転送する。ソースと送信先とのサブネットワークIDが自分のものと同じだからである。最終的には、メッセージは、SRC22₁に直結しているOXCノード10_{SRC}に達し、SRC22₁は受信されたメッセージを読む。この第一メッセージのコピーがサブネットワーク30₂と30₃とに入れば、これらコピーは捨てられる。第二障害メッセージは、サブネットワーク30₁中のノード全てにリレーされる。「ソースサブネットワークID」が自分のサブネットワークのものと同じだから、各ノードはメッセージを転送する。メッセージがサブネットワーク30₂へパスされると、このサブネットワーク中のノード10の各個も、メッセージを転送する。「送信先サブネットワークID」が自分のものと同じだからである（サブネットワーク30₃中のノードは全て該メッセージを捨てる）。特に、サブネットワーク30₁中のOXCノード10_{x1}と10_{y1}とは、メッセージを受信し、サブネットワーク30₂中のOXCノード10_{x2}へ該メッセージを転送する。ノード10_{x2}は、サブネットワーク30₃中の隣接ノードへメッセージを一斉同報通信し、従ってメッセージは、最終的にSRC22₂に達する。

【0024】

「1+1」メッセージルート選択法では、各SRC22_iが、通信が必要な各OXCノード10に対して二本の分離パスを決定する。これらの通信パスは、上に説明したネットワークグラフから容易に決定することができる。好ましい態様では、「主パス」は、最短のホップルート（従来のラベルタイプアルゴリズムから容易に確実化できる）に構成されるものとしてもよい。第二ノード分離パスの選択は、アルゴリズムで、エッジウェイトを、主パスのノードに一致する中間ノード全てに対して無限長さに設定し、次いで得られたネットワーク中に最短ホップパスを見出すことによって行うことができる。このようなノード分離パスが存在しない場合は、エッジ分断パスを見付けて使用する。重要メッセージは、これらのパス双方に一斉同報通信することによってSRC22とOXCノード10との間に送信される。同じIDが用いられるので、受信者側は冗長なメッセージを捨てることを知る。メッセージは、表2に示される情報に従って、各メッセージのフルノードパスを含むことによってルート選択されて送られる。各中間OXCノードは、パス中の次のノードを拾い、メッセージを転送する。フルノードパスを含んで、これを用いる代わりに、パスIDを定義し、これを各ノードに対して（オフラインで）記憶することができる。次にメッセージが着信すると、ノードがメッセージ中のパスIDを読み、そのメモリから次にノードへアクセスする。

【0025】

10

20

30

40

50

本発明に従えば、通信ネットワーク中の障害状況の存在下でサービスの「修復」が、図4に概略示される方法を用いて行なわれる。この処理のスタートで、ステップ50で規定されるが、OXC10が、(所与の光ケーブルペアに対して多重波長の)光ラインや個々の波長の障害を「検出」し、NM I 18に障害メッセージを送信する。「通知」ステップ52では、NM I 18が「障害通知」メッセージを自分のSRC22並びに特定のOXC10が境界ノードである他の全てのSRCへ送信する。メッセージルート選択の「一斉」法を採用する場合は、上に説明したメッセージ転送ルールが適用される。「1+1」法を採用する場合は(「高度に重なり合った」アーキテクチャに特に好適であって)、OXCは、定義されたペアの分離パス上にメッセージを同時に通信し、メッセージが生存しているリンクを経て確実に伝送されるようにする。

10

【0026】

その後の「認識」ステップ54では、制御するSRC22が自分自身を認識する。リンクがサブネットワーク境界内で故障する場合は、そのサブネットワークのSRCがルート再選択処理を制御する。「境界リンク」が故障することは、より複雑な状況であり、以下に詳細に議論される。リンクがサブネットワーク内で故障する状況に戻ると、SRC22は、障害を起こしたチャンネル(波長)を先ず最初に認識する。必要な在庫状況があれば、SRC22は異なる方法を採用して当該波長を選択的に修復し、他はそのままにしておくことができる。例えば、SONETリングのリンクを備えている波長がある。この場合は、修復の競合および復旧と障害状況との間の「サイクリング」を回避するためにそれらのチャンネルは修復しない。所望ならば、接続用意がなされている時この情報をオペレーションシステムで特記しておくことができる。この情報を、そのコネクティブデータと一緒にOXCに記憶しておき、SRCがOXCの照会でこの情報をピックアップ出来るようにすることが好ましい。

20

【0027】

次の「パス選択」ステップ56では、障害リンクやノードを迂回する新しいサブネットワーク接続は、一般に該サブネットワーク内でルート再選択が行われる(これは、「高度に重なり合った」アーキテクチャでは常のケースである。この構成では境界ノードが規定されていないからである)。このルート再選択処理では、各サブネットワークに対するルート再選択をそれぞれリンクやノードの生じうる障害に対して予め規定しておく混成型の事前計画法を用いることができる。この方法で予期されない障害に対しては、「ダイナミック」ルート選択法が用いられ、例えば、修復に利用可能なスペアのチャンネルに最短のホップルートが見付けられる。「ルート再選択」ステップ58に対しては、選択されるルート再選択法は、ネットワークの分割が「最小限に重なり合った」アプローチを用いるか「高度に重なり合った」アプローチを用いるかして行われたかどうかによって左右される。「最小限に重なり合った」アーキテクチャでは、制御するSRC22は、OXCノード10へ「クロス・コネク」メッセージを送信する。「1+1」メッセージルートスキームが採用される場合は、該SRC22は、両分離パス双方上にクロス・コネクメッセージを送信する。次に、OXCノード10が、自分のSRCおよびそれが境界ノードの可能性のある他のSRCの双方へ「クロス・コネク」完了確認応答を伝送する。次に、各SRCは、受信しなかったもの、あるいは「障害あり」と受信したものの確認調整を行う(すなわち、該SRCは、パス全部が再確立されるまで、他のOXCへ追加の「クロス・コネク」メッセージを送信する)。

30

40

【0028】

「高度に重なり合った」アーキテクチャに対しては、各SRCは、障害が起こったリンク(複数を含む)の端の最も小さい数が付いたOXCへ第一クロス・コネク命令を送信し、確認応答を待つ。受信するOXCは、制御するSRCを選択する。本発明では、SRC選択には二つの異なる方法を用いることが出来る。第一の方法では、受信した第一メッセージを送ったSRCが選択される。第二の方法では、各SRCが、クロス・コネクメッセージと共に「修復効率」手段を送信し(「修復効率」は、SRCがパス選択ステップでルート再選択出来た接続の数と定義することが出来る)、OXCの方は、該効率が最も高

50

いSRCを選択する。選択終了後は、OXCは、直ちにクロス・コネクト確認を選択されたSRCに対して応答する。他のSRCは、タイムアウトとなるか、あるいは該OXCから否定の確認が送られてくる。

【0029】

最後に、障害が起こったチャンネル（波長）上の信号が再び健全になった後では、障害「修復」通知メッセージが、ステップ60に示されるように一斉同報通信される。このメッセージは、影響を受けたノードから該SRCへ送られる。次に、該SRCがクロス・コネクトメッセージを送り、障害が起こった接続の最初のパスを修復する。

【0030】

上に述べたように、境界リンクや境界ノード（これらは「最小限に重なり合った」アーキテクチャだけに存在する）上に故障が起こると、境界でないところに障害が起きた状況に較べて、より精緻な対策が必要である。本発明では、これらの状況においてルート再選択を行うのに二つの可能な手順がある。

【0031】

第一の方法は、「単一SRC」法と称され、あまたあるSRCのなかで一個のみがルート再選択処理の制御を行うことができるものである。このアプローチでは、SRC選択スキームは、多重リンク障害や多重ノード障害でも競合が起きないように首尾一貫したものでなければならない。この一貫性を達成するために、障害を検出した全てのOXCノードは、スタンダード遠端部受信障害（FERF）メッセージを、信号のロスや他の性能アラームを検知し修復が必要であるリンクの他端に伝送する必要がある。FERFメッセージを受信すると、OXCノードは、このアラームを、他のアラームと同じように、上に記載の方法で関連SRCへ一斉同報通信する。他の受信アラームと一緒にエラーメッセージがあるかないかによって、SRCはどんなタイプの障害が起こったのかを判定することができる。従って、SRCが特定のリンクの障害波長（チャンネル）についてOXCノードからアラームを受信した場合、修復を制御するSRCの責務は、二つの条件に依存する。第一に、該SRCが障害リンクの向こう側にあるノードからもアラームまたはFERFを受信した場合は、これは、障害リンクの向こう側にあるOXCは「生きている」ので、どちらのSRCも修復を制御できることを意味する。この場合、最も小さい数（英数字の順序）が付いたSRCが修復を制御すべきである。各SRCは、両ノード双方からの障害通知メッセージ中に受信するソースおよび送信先サブネットワークIDを比較することによって、SRCが最も小さい数を付けたものであるかどうかを判定することができる。第二に、該SRCが、第一リンク障害通知を受信した後で所定の時間内で障害リンクの向こう側にあるノードからアラームまたはFERFを受信しなかった場合は、該SRCは、向こう側が故障したと仮定する。故障ノードが、該SRCによって制御される場合（すなわち、故障ノードと該SRCが同じサブネットワークにある）、該SRCが修復処理を開始し、制御する。他の（すなわち、故障ノードと該SRCが異なるサブネットワークにある）場合は、該SRCはこの特定の故障に対しては何もせず、故障ノードの「ホーム」SRCが処置の制御を行うものと仮定する。

【0032】

ルートの再選択の例は、図2に示されるような「最小限に重なり合った」ネットワークを用いて説明することができる。特に、障害が、サブネットワーク30₁中のOXCノード10₁₁とサブネットワーク30₂中のOXCノード10₂₁との間のリンク34に起こったと仮定しよう。この場合、SRC22₂が、リンク34上の波長に対してOXCノード10₂₁からLOS障害メッセージを受信し、またノード10₁₁からも同様な障害メッセージを受信する。SRC22₂はこれらのノードに接続されたSRCの中で「最も小さい」数が付いたSRCではないので（サブネットワーク30₁中のSRC22₁が最も低い数を有するものである）、該SRC22₂は何も行わない。実際には、SRC22₁が修復を制御する。別の例では、OXCノード10₁₁が故障すると、SRC22₁もSRC22₂も、該ノードからは「故障」メッセージを受けない。該SRCは双方ともOXCノード10₂₁から「リンク」障害メッセージを受ける。SRC22₂の方は、OXCノード10₁₁が

10

20

30

40

50

故障したと結論して、修復を開始することはしない。OXCノード 10_{11} は自分のサブネットワーク内に無いからである。すなわち、SRC 22_1 の方が修復制御を行い、サブネットワーク 30_1 中の「境界サブネットワーク」(ノード 10_{y1} 、 10_{x1} 、 10_{11} 、 10_{21})並びに他のノードの間で修復を開始する。サブネットワーク 30_1 と 30_2 とに対する「境界サブネットワーク」の定義は、二つのサブネットワークの境界ノードおよびリンクの間で修復可能なノードのセットである。最低でも、上記境界サブネットワークは、二つのサブネットワークの境界にあるノード全部と、これらにプラスしてこれらのノードの間にあるリンク全部である。従って、この「単一SRC」アプローチは、境界サブネットワーク内で修復ルートを見付け出す場合に限られる。

【0033】

別のアプローチでは、2個(または以上)のSRCが同時に - しかも、自動的に - 作動して、故障した境界ノードまたはリンク周りの修復を行う。ネットワーク中の各リンクに対して、第一SRCを「主」SRCとして事前定義し、第二SRCを「副」SRCとして定義する。主SRCの試みは、故障したリンク上の故障した接続を出来るだけ多くルート替えして、該サブネットワーク中のノードから該サブネットワークに含まれない隣接サブネットワーク中の他の境界ノードへパスを変えることである。図2を参照すると、境界リンク34の故障に関連した代替パスは、点線で示されている。ここに、SRC 22_2 が「主」SRCとして定義され、SRC 22_1 が「副」SRCとして定義されている。副SRC 1 の試みは、故障したリンク上の故障した接続を出来るだけ多くルート替えして、図2に鎖線で示したパスで示してあるように、隣接サブネットワーク中の境界ノードへパスを変えることである。

【0034】

ルート再選択ローカル法では、代替ルートに対するチャンネル(波長)割り当てが故障リンク上の両ノード双方に一致する限り、どちらのパスがどちらの故障接続に選択されるかは、重要ではない。従って、各SRCが独立に選択したパスに合わせるためには、簡単な順序付けルールを適用することができる。例えば、主SRCは、パスの境界リンクのチャンネル(波長)の数の順序に基づいて代替パスを配列することができる。多重境界リンクは、境界ノードの順序に基づいて配列される(ノードの配列は、例えば、それらのIDの辞書的順序に従って行うことができる)。また、境界リンクも在庫してあるので、副SRCの方は、同じ配列スキームを模して、境界リンクのチャンネル(波長)へ故障リンクのチャンネル(波長)をマップすることができる。

【0035】

例えば、図2の境界リンク34に、リンク34のチャンネル(波長) #1~4へ割り当てられている4個の作動接続があると仮定しよう。また、OXCノード 10_{y1} と 10_{x2} との間のリンクに修復用に二本のチャンネル(チャンネル#4と7)が、また、OXCノード 10_{x1} と 10_{x2} との間のリンクに修復用に二本のチャンネル(チャンネル#1と2)が予備になっていると仮定しよう。リンク34が切断されると、主SRC 22_2 が、縛られているリンク上に上記修復チャンネルを迂回する代替パスを4本探索して発見する。その順序は、(1)ノード $10_{21} \rightarrow 10_{x2} \rightarrow 10_{y1}$ (OXCノード 10_{y1} と 10_{x2} の間のリンクの修復チャンネル#4); (2)ノード $10_{21} \rightarrow 10_{x2} \rightarrow 10_{y1}$ (OXCノード 10_{y1} と 10_{x2} の間のリンクの修復チャンネル#7); (3)ノード $10_{21} \rightarrow 10_{x2} \rightarrow 10_{x1}$ (OXCノード 10_{x1} と 10_{x2} の間のリンクの修復チャンネル#1); (4)ノード $10_{21} \rightarrow 10_{y2} \rightarrow 10_{x1}$ (OXCノード 10_{x1} と 10_{x2} の間のリンクの修復チャンネル#2)である。該SRC 2 は、上記ルートの各々のノードにクロス・コネクトコマンドを送り、代替パス4本を形成する(例えば、リンク34のチャンネル1へのクロス・コネクトコマンドによって、ノード 10_{21} の所の第一修復リンクの修復チャンネルへクロス・コネクトされる)。

【0036】

平行して、SRC 22_1 (「副」SRC)が、OXCノード 10_{11} と 10_{y1} の間のパスを2本探索して発見し、これを、OXCノード 10_{x2} と 10_{x1} の間のリンクの修復チャanne

10

20

30

40

50

ル2本にコネク特し、同じく、OXCノード 10_{11} と 10_{x1} の間のパス2本を、OXCノード 10_{x1} と 10_{x2} の間のリンクの修復チャンネル2本にコネク特する。次に、該副SRC₁は、これらの代替パス4本を形成するに必要なパスのノードに適切なクロス・コネク特コマンドを送る。ルート再選択ステップが終了し、かつタイムアウト期間の後(SRCが特定のOXCから「クロス・コネク特完了」とのメッセージを受信しなかったクロス・コネク特に対しては)、該SRCは、クロス・コネク特完了失敗のタイプに応じて、そのルート選択処理を再調整する。例えば、完了メッセージを一切受信しなかったら、SRCは、クロス・コネク特を確かめるために、関連ノードに照会を發することが出来る。別には、クロス・コネク特確認を受信したが、クロス・コネク特が失敗した(例えば、不正なポート、チャンネルは既にクロス・コネク特済み、など)とされた場合は、他の修正動作(もしあれば)を行うことができる。

10

【0037】

主と副のSRCが平行して作動するにつれて、それらが形成した部分的なパスが、修復のために用意された境界リンク上のチャンネルで適切に合成される。しかし、どちらのSRCも、境界リンク上の用意された修復チャンネルの全部に対して修復パスを發見できなかった場合は、問題が生じる可能性がある。この時は、該SRC双方が独立的に作動して、クロス・コネク特的ミスマッチが起こることになる。これらの状況下では、該SRC双方が調整して、障害が起きたパスに「マーカー」を設定することができる。例えば、SRC_{22₁}が、OXCノード 10_{11} をOXCノード 10_{y1} に接続するために予備の修復パスを1本だけしか發見できなかったと仮定しよう。この時、SRC_{22₁}は、リンク34(障害が起きたリンク)上の第一チャンネルのルート再選択を完了した後、ルート再選択処理を中断し、次の障害チャンネル(ノード 10_{11} の所の、ノード 10_{y1} と 10_{x2} の間のリンクのチャンネル#2)のクロス・コネク特を「未設定」(すなわち、「接続止め」とする。このチャンネルは、始めの作動パスの所に依然としてクロス・コネク特されているので、サブネットワーク 30_2 からSRC_{22₂}へのマーカーとして機能し、SRC_{22₁}はこのチャンネルのルート再選択処理中に停止したことを示す。

20

【0038】

次に、OXCノード 10_{11} は、SRC_{22₂}並びにSRC_{22₁}に「接続止め」を要求する確認メッセージを送る。SRC_{22₁}は、「接続止め確認」を受信すると、ルート再選択処理を停止する。接続止めのメッセージを受信したチャンネルを超えて処置が進んでしまった場合は、該SRCは、そのリンクのチャンネル#4を接続したパスの後で起こったクロス・コネク特全部を「アンドゥ(undo)」状態にする。SRC_{22₂}が、その点までそのルート再選択アルゴリズムをまだ進めていなかった場合は、そのチャンネルまで処理を進め、そこで停止する。この停止ポイントへ達した後、SRC_{22₁}とSRC_{22₂}双方は、次の順序の境界リンク(すなわち、OXCノード 10_{x1} と 10_{x2} の間のリンク)へスキップする。ここで注記したいのは、SRC_{22₁}が、OXCノード 10_{11} からOXCノード 10_{x1} へのパス(ノード 10_{x1} と 10_{x2} の間の境界リンク上の修復チャンネルに接続するための)を發見できなかった場合は、ノード 10_{11} の所の、ノード 10_{11} と 10_{21} の間のリンクのチャンネル#2を接続止めにする。このように接続を止めると、SRC_{22₂}が中断メッセージを確実に受信することになり、同様にこの境界リンクをスキップすることになる。

30

40

【0039】

各SRCのこの処理の繰り返しは、障害が起こったチャンネル全部のルート再選択が終わるまで、境界リンク上の修復チャンネルが無くなるまで、あるいは終了のタイムアウト期間が過ぎてしまうまで行われる。総括すれば、各SRCは、修復パスを發見できなかった最小順位のチャンネル、あるいは障害が起こった境界リンクの向こう側のノードから中断メッセージを受信した最小順位のチャンネルに対しては、ルート再選択処置を取り止める。

【図面の簡単な説明】

【図1】 オプティカル・クロス・コネク特(OXC)ノード3個セットの例示的配置を

50

示す図である。

【図2】 本発明に従って修復を行うのに有用な「最小限に重なり合った」サブネットワーク分割を例示的に示す図である。

【図3】 本発明に従って修復を行うのに有用な「高度に重なり合った」サブネットワーク分割を例示的に示す図である。

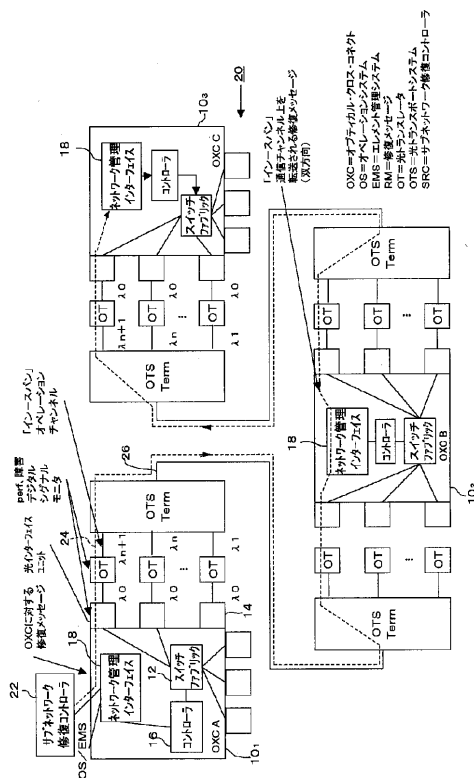
【図4】 本発明の例示的修復プロセスを描くフローチャートを含む図である。

【符号の説明】

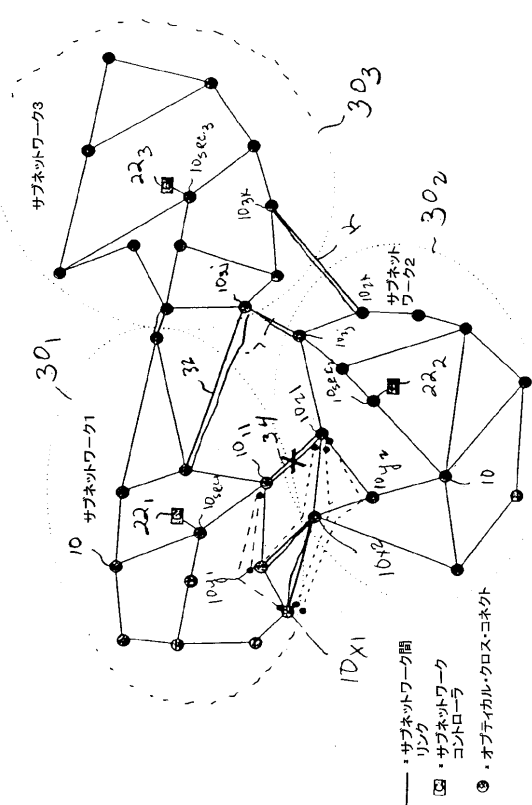
10 オプティカル・クロス・コネクトノード、12 スイッチファブリック、14 光インターフェイスユニット、16 コントローラ、18 ネットワーク管理インターフェイス、20, 30, 40 サブネットワーク、22 サブネットワーク修復コントローラ (SRC)、24 オペレーションチャンネル、32, 34, 42 境界リンク。

10

【図1】



【図2】



フロントページの続き

審査官 石井 研一

- (56)参考文献 特開平07-231351(JP,A)
特開平08-181701(JP,A)
特開昭63-102434(JP,A)
特開平05-003511(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H04L 12/56 100

H04L 12/56 400