(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4305804号
(P4305804)

(45)発行日　平成21年7月29日(2009.7.29)　(24)登録日　平成21年5月15日(2009.5.15)

(51)Int.Cl.		F I		
H04L 12/26	(2006.01)	H04L	12/26	
H04J 3/00	(2006.01)	H04J	3/00	V
H04L 29/14	(2006.01)	H04L	13/00	311

請求項の数 10　(全 26 頁)

(21)出願番号	特願2001-75615(P2001-75615)
(22)出願日	平成13年3月16日(2001.3.16)
(65)公開番号	特開2001-298456(P2001-298456A)
(43)公開日	平成13年10月26日(2001.10.26)
審査請求日	平成14年7月11日(2002.7.11)
審判番号	不服2006-19472(P2006-19472/J1)
審判請求日	平成18年9月4日(2006.9.4)
(31)優先権主張番号	09/528762
(32)優先日	平成12年3月17日(2000.3.17)
(33)優先権主張国	米国(US)

(73)特許権者　596092698
アルカテル－ルーセント　ユーエスエー　インコーポレーテッド
アメリカ合衆国　０７９７４　ニュージャーシィ，マレイ　ヒル，マウンテン　アヴェニュー　６００－７００
(74)代理人　100064447
弁理士　岡部　正夫
(74)代理人　100085176
弁理士　加藤　伸晃
(74)代理人　100096943
弁理士　臼井　伸一
(74)代理人　100101498
弁理士　越智　隆夫

最終頁に続く

(54)【発明の名称】メッシュネットワークにおいてパス修復情報をシグナリングする方法および装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

少なくとも１つの非適合ネットワーク要素を有するネットワークのサービスパスを修復する方法であって、前記サービスパスは事前計算された修復パスを有し、そして前記事前計算された修復パスは少なくとも１つのセグメントを有するものであり、前記方法が、

前記サービスパスに沿って修復可能な故障を検出するステップと、

前記事前計算された修復パスと同じ帯域幅を占有する少なくとも１つのシグナリングパスを使用して、前記故障の修復をシグナリングするステップとを含み、前記少なくとも１つのシグナリングパスの各々が、シグナリングが完了した後に前記事前計算された修復パスのセグメントによって置換され、そして前記少なくとも１つのシグナリングパスは前記少なくとも１つの非適合ネットワーク要素を通過することを特徴とする方法。

【請求項２】

前記ネットワークは、前記パス上でデジタルオーバヘッドにアクセスすることができるノードを有する光ネットワークであることを特徴とする請求項１記載の方法。

【請求項３】

前記シグナリングするステップは、前記サービスパスに沿った末端ノードによって開始されることを特徴とする請求項１記載の方法。

【請求項４】

修復可能な故障を修復不可能な故障から識別することにより、前記修復を起動するか否かを決定するステップを更に含むことを特徴とする請求項１記載の方法。

【請求項５】
シグナリングメッセージが、前記少なくとも１つのシグナリングパス上の信号のオーバヘッド部分で送信されることを特徴とする請求項１記載の方法。
【請求項６】
シグナリングメッセージが、前記少なくとも１つのシグナリングパス上の信号のペイロード部分で送信されることを特徴とする請求項１記載の方法。
【請求項７】
シグナリングメッセージは、前記故障を有する前記サービスパスを識別し、前記事前計算された修復パスの確立を要求することを特徴とする請求項１記載の方法。
【請求項８】
少なくとも１つの非適合ネットワーク要素を有するネットワークのサービスパスを修復する方法であって、前記サービスパスは事前計算された修復パスを有し、そして前記事前計算された修復パスは少なくとも１つのセグメントを有するものであり、前記方法が、
前記サービスパスに沿って故障を検出するステップと、
前記故障が修復可能な故障であるか否かを判断するステップと、
前記事前計算された修復パスに従う少なくとも１つのシグナリングパスを使用して、前記修復可能な故障の修復をシグナリングするステップとを含み、前記事前計算された修復パスセグメントは、シグナリングが完了した後に前記少なくとも１つのシグナリングパスを置換し、そして前記少なくとも１つのシグナリングパスは前記少なくとも１つの非適合ネットワーク要素を通過するものであり、前記方法がさらに、
前記事前計算された修復パスを接続するステップを含むことを特徴とする方法。
【請求項９】
少なくとも１つの非適合ネットワーク要素を有するネットワークのサービスパスを修復するシステムであって、前記サービスパスは事前計算された修復パスを有し、そして前記事前計算された修復パスは少なくとも１つのセグメントを有するものであり、前記システムが、
コンピュータ読出し可能コードを格納するメモリと、
前記メモリに動作的に連結されたプロセッサとを含み、前記プロセッサが、
前記サービスパスに沿って修復可能な故障を検出し、
前記事前計算された修復パスと同じ帯域幅を占有する少なくとも１つのシグナリングパスを使用して前記故障の修復をシグナリングし、前記少なくとも１つのシグナリングパスの各々を、シグナリングが完了した後に前記事前計算された修復パスのセグメントによって置換するように構成されており、前記少なくとも１つのシグナリングパスは前記少なくとも１つの非適合ネットワーク要素を通過するものであることを特徴とするシステム。
【請求項１０】
少なくとも１つの非適合ネットワーク要素を有するネットワークのサービスパスを修復するシステムであって、前記サービスパスは事前計算された修復パスを有し、そして前記事前計算された修復パスは少なくとも１つのセグメントを有するものであり、前記システムが、
コンピュータ読出し可能コードを格納するメモリと、
前記メモリに動作的に連結されたプロセッサとを含み、前記プロセッサが、
前記サービスパスに沿って故障を検出し、
前記故障が修復可能な故障であるか否かを判断し、
前記事前計算された修復パスに従う少なくとも１つのシグナリングパスを使用して、前記修復可能な故障の修復をシグナリングするよう構成されており、前記事前計算された修復パスセグメントは、シグナリングが完了した後に前記少なくとも１つのシグナリングパスを置換し、そして前記少なくとも１つのシグナリングパスは前記少なくとも１つの非適合ネットワーク要素を通過するものであり、前記プロセッサがさらに、
前記事前計算された修復パスを接続するように構成されていることを特徴とするシステム。

【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、概して、ネットワークのリンクまたはノードにおける故障の後にネットワークにおいて通信を修復する技術に関し、特に、事前計算された修復パスを使用してパス修復をシグナリングする技術に関する。
【０００２】
【従来の技術】
メッシュネットワークは、リンクによって相互接続されたノードからなる。メッシュネットワークは、種々の通信アプリケーションのために長く使用されてきており、それらを提供するテクノロジは長い間発展してきた。今日、通信アプリケーションに使用される最も大規模なメッシュネットワークは、デジタルである。言い換えれば、転送されている情報が、ネットワークノードがアクセスすることができるビットストリームとして符号化される。同期光ネットワーク（Ｓｙｎｃｈｒｏｎｏｕｓ　Ｏｐｔｉｃａｌ　Ｎｅｔｗｏｒｋ（ＳＯＮＥＴ））／同期デジタルハイアラーキ（Ｓｙｎｃｈｒｏｎｏｕｓ　Ｄｉｇｉｔａｌ　Ｈｉｅｒａｒｃｈｙ（ＳＤＨ））テクノロジを使用するネットワークは、デジタルネットワークの例である。所定の送信（ビット）レートで動作するＳＯＮＥＴラインは、多数の多重化されたより低速なＳＯＮＥＴパスを転送してもよい。また、メッシュネットワークは光学式とすることができる。光ネットワークでは、各光ラインは、多数の波長で通信を伝送する。光テクノロジにおける最近の進歩により、大規模光メッシュネットワークの配備が可能となっている。
【０００３】
メッシュネットワーク内では、エンドツーエンドパスが、１つの顧客ロケーションから他の顧客ロケーションまで一続きのリンクおよびノードを介して顧客情報を伝送する。概して、ノードは、クロスコネクト機能を提供し、ノードのデータベース内に格納されたマップに基づいて１つのラインから他のラインまでのパスをルーティングする。また、パスを１つのリンク上でネットワークを通して効率的に転送することができるように、ノードは、多数のパスを共に多重化して１つのより高レート信号にしてもよい。次の隣接するネットワークノードにおいて、より高レートの信号を逆多重化し、構成パスを独立してクロスコネクトすることができ、それにより、各個々のパスが適当にルーティングされることを保証することができる。
【０００４】
ＳＯＮＥＴメッシュネットワークでは、例えば、ＳＯＮＥＴデジタルクロスコネクトシステム（Ｄｉｇｉｔａｌ　Ｃｒｏｓｓ－Ｃｏｎｎｅｃｔ　Ｓｙｓｔｅｍ（ＤＣＳ））がネットワークノードの機能を実行する。ＳＯＮＥＴラインは、２つの隣接するＤＣＳ間に延在するファイバで伝送され、ネットワークリンクを提供する。また、ＳＯＮＥＴラインは、顧客のＳＯＮＥＴ装置をネットワークに接続する。このため、顧客機器において発生し、かつ終端するＳＯＮＥＴパスは、図１に示すように、ＳＯＮＥＴ　ＤＣＳをインタコネクトする一続きのＳＯＮＥＴラインを介してＳＯＮＥＴメッシュネットワークにより転送される。図１は、２つの顧客機器（ＣＥ）装置１２０、１３０間の一例としてのＳＯＮＥＴネットワーク１００におけるパス１１０を示す。図１に示すように、ＳＯＮＥＴパス１は、顧客機器Ｅにおいて発生し、かつフォーマットされ、ＤＣＳ　Ａでネットワークに入り、ＤＣＳ　Ａ、Ｂ、Ｃにおいてクロスコネクト（すなわち、ルーティング）される。パスは、ノードＣでネットワークから出て、顧客機器Ｆで終端される。ネットワークを通過する際、ＳＯＮＥＴパス１は、４つの別個のＳＯＮＥＴラインを介して（すなわち、ノードＥとＡ、ＡとＢ、ＢとＣおよびＣとＦの間で）転送される。パスが双方向性である場合、送信の両方向は、通常、ラインおよびノードの同じセットを介してルーティングされる。
【０００５】
ＳＯＮＥＴネットワークにおいて、パスおよびラインを発生する機器は、顧客のペイロード（すなわち、末端顧客が送信しているかまたは受信している情報）にオーバヘッドを付

加する。オーバヘッドは、例えば性能監視を含む種々の使用法を有している。パス１をフォーマットする際、顧客機器Ｅは、ＳＯＮＥＴ標準規格によって規定されるようにパスペイロードにＳＯＮＥＴパスオーバヘッドを付加する。パスがその後、顧客機器Ｆにおいて終端されると、パスオーバヘッドは除去され処理される。パスに沿って中間点に配置されたＳＯＮＥＴ　ＤＣＳは、通常、パスオーバヘッドを読出しまたは書込みしない。代りに、パスペイロードおよびオーバヘッドを次のノードまで透過的に通過させる。

【０００６】

ＳＯＮＥＴラインを発生し、かつ終端するノードは、パスを１つのファイバ上で１つのノードから次のノードに効率的に転送することができるように、多数の低速ＳＯＮＥＴパスをまとめて多重化して（ペイロードとオーバヘッドとを共に含む）１つの高速ＳＯＮＥＴラインにすることができる。ＳＯＮＥＴラインオーバヘッドは、ラインを発生するノードによって多重化信号に付加される。ラインが、その後下流の隣接するライン終端(Line Terminating)ノードで終端されると、ラインオーバヘッドが除去および処理され、信号は逆多重化され、構成ＳＯＮＥＴパスは独立してクロスコネクトされる。クロスコネクションの結果、１つの入力（incoming）ラインからの構成パスは、ルーティングされた後異なる出力(outgoing)ラインで多重化される。

【０００７】

大規模メッシュネットワークの設計における多数の重要な問題は、リンクまたはノード故障の場合のトラフィック修復に関する。メッシュネットワークにおける修復に対する単純な方法は、ネットワークがネットワークの各１次パスに対し専用のバックアップまたは２次パスを含むように、完全なパス冗長性を提供するというものである。図２ａおよびｂは、双方向パス２１０の一部におけるリンク故障およびノード故障をそれぞれ示す。図２ａおよびｂに示すように、１次パス２１０に沿って故障がある場合、顧客トラフィックは２次接続（図示せず）で転送されてよい。完全なパス冗長性は、図３に示すＳＯＮＥＴ１＋１パススイッチング（Ｐａｔｈ　Ｓｗｉｔｃｈｉｎｇ）の基礎である。ＳＯＮＥＴパススイッチングにより、顧客のトラフィックは、ネットワーク３００に入るノード３２０において１次パス３１０－１と２次パス３１０－２との両方にブリッジされて、複製信号を生成する。１次および２次パス３１０－１，３１０－２は、ノードおよびリンクが結合されていないままであり、ネットワーク３００を通して別々にルーティングされているが、顧客のトラフィックがネットワーク３００を離れるノード３３０において１つに戻される。出口ノード３３０に配置されたセレクタ機能３４０は、１次および２次パス３１０－１，３１０－２からの入力を監視し、複製信号の適切な方を選択して顧客のロケーション３５０に転送する。１つのパスに影響するリンクまたはノードに故障がある場合、セレクタ３４０は自動的に、他のより適したパスから顧客に転送されている信号を選択する。ＳＯＮＥＴパススイッチングアプリケーションの詳細な説明については、例えば、参照によりその開示内容が本明細書内に援用されたものとする、「ＳＯＮＥＴ　Ｄｕａｌ－Ｆｅｄ　Ｕｎｉｄｉｒｅｃｔｉｏｎａｌ　Ｐａｔｈ　Ｓｗｉｔｃｈ　Ｒｉｎｇ（ＵＰＳＲ）　Ｅｑｕｉｐｍｅｎｔ　Ｇｅｎｅｒｉｃ　Ｃｒｉｔｅｒｉａ」（Ｔｅｌｃｏｒｄｉａ　ＧＲ－１４００－ＣＯＲＥ　Ｉｓｓｕｅ　２，Ｊａｎａｕａｒｙ，１９９９）を参照のこと。

【０００８】

望ましくないことに、専用の冗長パスを提供することは、大量の修復帯域幅を使用し、１＋１パス選択を、コストが高く、多くのネットワークに対して望ましくないものにする。パス修復に対するより高精度なアルゴリズム方法では、複数のパスが、可能な場合はいつも同じ修復帯域幅の一部またはすべてを共有することができるようにする。１次サービスパスが故障すると、ネットワークのノードはソフトウェア制御のもとで作用し、修復帯域幅で２次パスをセットアップし顧客のトラフィックをその上にルーティングするクロスコネクトを行う。修復帯域幅を第１のパスと共有する第２の１次パスが、その後、第１のパスが修復される前に故障した場合、第２の故障したパスはその帯域幅を使用して修復することができない。

【０００９】

結果として共有された修復帯域幅となるアルゴリズム方法は、２つの広いカテゴリ、すなわち分散発見ベース技術（Ｄｉｓｔｒｉｂｕｔｅｄ，Ｄｉｓｃｏｖｅｒ－ｂａｓｅｄ Ｔｅｃｈｎｉｑｕｅ）と事前計算パスを使用する技術（Ｔｅｃｈｎｉｑｕｅｓ Ｕｓｉｎｇ Ｐｒｅ－Ｃｏｍｐｕｔｅｄ Ｐａｔｈ）に分類される。分散発見ベース技術は、範囲が定められたリンクの故障を検出した後、ネットワークノードによって開始されるリアルタイム探索中に修復パスを識別し、かつ起動する。本質的にノードは、リンク故障を検出すると、他のノードと交信して、代替的なルーティングの可能性のある候補である他の故障の無いリンクにおける予備容量を識別する。利用可能な予備容量は、先着順にリンク単位で割当てられている。それは修復容量の探索を開始する故障したリンクの末端のノードであるため、分散発見ベース技術は、基本的に、故障したリンクがそれらを終端するノードによって識別することができるネットワークにおいて、１つのリンクの故障からの修復に対して意図されている。ＳＯＮＥＴネットワークでは、ライン終端ノードは、ライン故障を分離することができる。そのため、複数の故障から回復するために、分散発見ベース技術を使用することができる。しかしながら、分散発見ベース技術は、ノード故障のある場合には適切に実行せず、概して、複数のノードによって同時に使用することはできない。かかる分散発見ベースの計算方法の詳細な説明は、例えば、参照によりその開示内容が本明細書内に援用されたものとする、Ｗ．Ｄ．Ｇｒｏｖｅｒによる「Ｔｈｅ Ｓｅｌｆ－Ｈｅａｌｉｎｇ Ｎｅｔｗｏｒｋ：Ａ Ｆａｓｔ Ｄｉｓｔｒｉｂｕｔｅｄ Ｒｅｓｔｏｒａｔｉｏｎ Ｔｅｃｈｎｉｑｕｅ ｆｏｒ Ｎｅｔｗｏｒｋｓ ＵｓｉｎｇＤｉｇｉｔａｌ Ｃｒｏｓｓ Ｃｏｎｎｅｃｔ Ｍａｃｈｉｎｅｓ」（ＩＥＥＥ Ｇｌｏｂｅｃｏｍ １９８７）と、１９９０年９月１１日にＷ．Ｄ．Ｇｒｏｖｅｒに対して発行された米国特許第４，９５６，８３５号と、を参照のこと。

【００１０】

事前計算されたパスを使用する技術は、ネットワーク故障を予測して修復パスを識別（または事前計算）する。しかしながら、事前計算された修復パスは、実際の故障イベントによってトリガされる時にのみ起動される。発見ベース技術に対する事前計算された修復パスを使用することの重要な利点は、修復パスをリアルタイムに選択するための緊急性が無いため、修復アルゴリズムが修復帯域幅の使用を最適化するためにより多くの時間をとることができる、ということである。このため、いかなるネットワーク故障に対しても、より多くのパスが修復される可能性があり、帯域幅がより効率的に使用される。更に、故障の際に、修復パスを探索する必要が無いため、ネットワーク修復をより高速に完了することができる。

【００１１】

事前計算を使用する技術において、事前計算は、集中されていても分散されていてもよい。集中計算において、ネットワークの中央コントローラ／データベースは、ネットワークにおけるすべてのリンクの予備容量の量を含むネットワークトポロジ全体に関する情報を格納する。この情報を入力として使用することにより、中央コントローラ／データベースは、ネットワークの各１次サービスパスの修復パスを計算する目的でアルゴリズムを実行する。出力として、コントローラは、ネットワークに故障がある場合に顧客サービスを修復するためにネットワークノードにおいていずれのクロスコネクトが行われるべきか（または等価な情報）を指定するルーティングテーブルを生成する。ルーティングテーブルは、コントローラ／データベース内に格納されてよく、あるいは、各々が特定のノードで行われるクロスコネクトのみを含む複数のルーティングテーブルに分割されてもよい。後者の場合、分割されたテーブルは、その後、修復を行う必要があるまでそれらが格納されるそれぞれのネットワークノードにダウンロードされる。

【００１２】

ルーティングテーブルがコントローラに格納されるかまたはネットワークノードに格納されるかにより、修復を起動／制御するために異なる方策が必要である。前者の場合、故障を検出するネットワークノードは、コントローラに通知する。コントローラは、この情報を受取るとそのルーティングテーブルにアクセスし、その情報に基づいて、検出ノードか

ら受信し、サービスを修復するために処置を講じなければならないネットワークノードに対しクロスコネクトコマンドを発行する。この方法は、修復の集中起動／制御を伴う集中計算と呼ばれる。後者の場合は、ルーティングテーブルが各ネットワークノードにローカルに格納されている場合、故障を検出したノードがサービスを修復するために処置を講じなければならないノードに直接通知するか、通知がネットワーク内のノードからノードへリレーされる。故障通知を受取ると、各ノードはそのローカルルーティングテーブルにアクセスし、通知で受取った情報に基づいて、サービスを修復するためにローカルに必要とされる適当なクロスコネクトを実行する。この方法は、修復の分散起動／制御を伴う集中計算と呼ばれる。集中事前計算技術のより詳細な説明については、例えば、参照によりその開示内容が本明細書内に援用されたものとする、Ｊ．Ａｎｄｅｒｓｏｎ、Ｂ．Ｔ．Ｄｏｓｈｉ、Ｓ．ＤｒａｖｉｄａおよびＰ．Ｈａｒｓｈａｖａｒｄｈａｎａによる「Ｆａｓｔ　Ｒｅｓｔｏｒａｔｉｏｎ　ｏｆ　ＡＴＭ　Ｎｅｔｗｏｒｋｓ」（ＪＳＡＣ　１９９１）を参照のこと。

【００１３】

分散された事前計算において、修復ルートの計算は、ネットワークのノード間に分散されており、それらの各々が、それが終端するリンクの容量に関する情報を有している。計算中、各ノードは、パス故障の場合に使用される修復パスのローカルビューを備えたルーティングテーブルを生成する。ルーティングテーブルは、それぞれのネットワークノード内に格納される。その後、ネットワークに故障がある場合、ノードの修復動作は、修復の分散制御／起動について上述したものと同様である。しかしながら、修復パスの計算はネットワークのノード間に分散されているため、この方法は、修復の分散制御／起動を伴う分散計算と呼ばれる。

【００１４】

参照によりその開示内容が本明細書内に援用されたものとする、１９９７年１０月２９日に出願され、「Ｄｉｓｔｒｉｂｕｔｅｄ　Ｐｒｅ－ｃｏｍｐｕｔａｔｉｏｎ　ｏｆ　Ｓｉｇｎａｌ　Ｐａｔｈｓ　Ｉｎ　Ａｎ　Ｏｐｔｉｃａｌ　Ｎｅｔｗｏｒｋ」と題された米国特許出願第０８／９６０，４６２号は、改良されたネットワーク修復技術を開示しており、以下それを「事前計算修復技術（Ｐｒｅ－ｃｏｍｐｕｔｅｄ　Ｒｅｓｔｏｒａｔｉｏｎ　Ｔｅｃｈｎｉｑｕｅｓ）」と呼ぶ。開示された事前計算修復技術は、分散された事前計算を利用して、リンク、スパンまたはノード故障の後に大規模光メッシュネットワークにおいてパス修復を提供し、同時に、複数のパスが修復帯域幅を共有することができるようにする。各修復パスは、ネットワークへのアクセスおよび出口を提供する末端ノードを除き、関連する１次パスから物理的にはずされ別々にルーティングされるよう事前計算される。事前計算修復技術により、１つの修復パスが所定の１次サービスパスを保護することができる。このため、いずれのノードまたはリンク障害によってパス故障がもたらされようとも、パスは常に同様に修復される。１つまたは複数の１次サービスパスにおいて故障が検出されると、事前計算された修復パスをリアルタイムに起動することができる。

【００１５】

【発明が解決しようとする課題】

開示された事前計算修復技術は、エンドツーエンド修復パスの分散された事前計算の方法を提供し、光メッシュネットワークにおける分散されたリアルタイム修復を可能にする。また、それらを、ＳＯＮＥＴ／ＳＤＨメッシュネットワークの事前計算エンドツーエンド修復パスに対し、変更無しに適用することができる。しかしながら、それらは、修復パスを計算するために事前計算修復技術が使用された場合に、光ネットワークまたはＳＯＮＥＴ／ＳＤＨネットワークのいずれの場合も、分散されたリアルタイム修復を起動し制御するためにネットワークノードが故障後に使用しなければならないシグナリングを扱わない。

【００１６】

シグナリング方法は、シグナリングネットワークリンクが物理的にメッシュネットワークノードにインタフェースする場合を除いて、メッシュネットワークのリンクおよびノード

から物理的に分離されているリンクおよびノードを有するシグナリングネットワークを使用するよう設計することができる。物理的な分離は、メッシュネットワーク修復が必要な場合に、シグナリングを行う能力に対しメッシュネットワーク故障の影響を制限する。かかる物理的に分離されたネットワークは、しばしば、事前計算と起動／制御とが共に集中されている場合の修復シグナリングに対して使用される。かかるネットワークは、しばしば、高信頼性を提供するために完全に二重化されている。

【００１７】

また、分散された修復におけるノード間通信に対し、別個の信頼性の高いシグナリングネットワークを使用することも可能である。しかしながら、別個のシグナリングネットワークを構成し、提供し、維持することが動作的に複雑であるため、別個のネットワークを使用することは多くの修復アプリケーションに対して望ましくない。かかるアプリケーションに対し、信頼性高くかつコスト効率よく行うことができる場合は、メッシュネットワーク自体を通してシグナリングを転送することが望ましい。信頼性の高い転送とは、修復シグナリングのために使用されるメッシュの特定のリンクおよびノードが、必要な場合に利用可能でなければならないことを意味する。言い換えれば、それらは、まず第一に修復シグナリングを必要としたメッシュネットワーク故障によって影響を受けることがない。メッシュ内では、シグナリングパスに対する信頼性に対し完全なパス冗長性を提供することができる。しかしながら、上述したように、信頼性に対するか修復に対するかに関わらず、専用の冗長パスを提供することは大量の帯域幅を使用し、それによってコストがかかる傾向がある。このため、シグナリング帯域幅の共有または再利用を可能にし、同時にシグナリングに信頼性を提供する方法が必要とされている。

【００１８】

シグナリングのためにメッシュネットワーク自体を使用する場合の追加の問題は、既存のネットワーク内、例えば、すでに広く配備されているＳＯＮＥＴネットワークにおいて、別々の監視、シグナリングおよびクロスコネクト機能およびデータベースを備えたネットワーク要素等、異種のネットワーク要素がある場合がある、ということである。例えば、ネットワークは、所定の製造業者の世代の古いネットワーク要素か、または各々が異なる修復容量を提供する場合がある、多数の製造業者によって提供されるネットワーク要素を含む場合がある。従って、かかる非適合ネットワーク要素が存在する場合であっても、故障した１次サービスパスの修復を可能にする、シグナリング方法および装置が必要とされている。

【００１９】

【課題を解決するための手段】

概して、１次パス故障について監視し、ＳＯＮＥＴメッシュネットワーク等のあらゆるメッシュネットワークにおけるリンクまたはノードの故障を追跡する事前計算された修復パスを用いて、パス修復をシグナリングする方法および装置が開示されている。ここでは、修復ノードは、（ｉ）パスを発生し、かつ終端することができ、（ｉｉ）本明細書において上述したようにパスオーバヘッドまたはペイロードから修復関連の情報を読出し、かつそこに修復関連の情報を書込むことができる。例えば、上述した事前計算修復技術に従って、開示された方法と互換性のある事前計算された修復パスを得ることができる。本発明を実現するネットワークを、「修復可能ネットワーク」と呼ぶ。修復可能ネットワークにおける適合ノードの各々を、修復ノードと呼び、それらは本発明に従ってリアルタイム修復にアクティブに関係するために必要な監視、シグナリングおよびクロスコネクト機能およびデータベースを有している。更に、必要な機能およびデータベースを有していないもの等、非適合ネットワーク要素は、修復ノードの間に配置することができ、本発明による修復を妨げない。

【００２０】

修復可能ＳＯＮＥＴネットワーク内で、１次パスは、ＳＯＮＥＴパスと一致していると想定される。しかしながら、エンドツーエンドＳＯＮＥＴパスは、修復可能ネットワークの境界を越えて、異なる管理によって動作される他のＳＯＮＥＴネットワーク（修復技術は

実現されてもされなくてもよい）まで、あるいは、ネットワークの重要な部分でない顧客機器まで、延ばすことができる。ＳＯＮＥＴパスは、修復可能ネットワークの境界の内側または外側で発生するノードまたはリンク故障の結果として故障する可能性がある。しかしながら、本発明は、パス故障をもたらす障害が修復可能ネットワークの識別された境界内で発生する場合にのみパス修復シグナリングをトリガする。かかる故障を、「ネットワーク内（ｉｎ－ｎｅｔｗｏｒｋ）」障害と呼ぶ。このため、開示された発明の１つの態様によれば、パス故障に関して修復可能ネットワークを横断する各パスを監視し、かかる故障が識別されると、その故障が修復可能ネットワークの内側で発生した障害によってもたらされているか外側で発生した障害によってもたらされているかを判断する機構が提供される。開示された発明において、ＳＯＮＥＴパスが修復可能ネットワークに入りまたそこから出るノードは、本明細書では「末端ノード」と呼ぶが、パス故障について監視し、その後要求された場合に修復シグナリングをトリガする。各サービスパスの末端ノードは、サービスパスが最初に提供された時に識別される。

【００２１】

例示的な実現において、障害がネットワークの内側で起こるか外側で起こるかの判断は、周知のＡＮＳＩタンデム接続（Ｔａｎｄｅｍ　Ｃｏｎｎｅｃｔｉｏｎ）標準規格に従って実行される。このため、本発明は、パス終端が修復可能ネットワークの外側に位置している環境、例えばマルチネットワーク環境か、または顧客パス終端装置が修復可能ネットワークの一部でない環境において動作することができ、パス故障をもたらす障害が修復可能ネットワーク内で発生した場合にのみ修復シグナリングをトリガすることができる。

【００２２】

事前計算修復技術のもとでは、複数の１次サービスパスは、潜在的に同じ修復帯域幅のすべてかまたは一部を共有する。２つのパスを同時に同じ帯域幅で提供することができないため、修復パスは、故障が発生する前に提供されることは不可能であり、「ネットワーク内」故障が検出された後にセットアップされなければならない。このように、サービスを修復するためにクロスコネクトを実行しなければならない修復ノードに対し故障を検出する末端ノードから、パス故障に関する情報を送信するために、迅速で頑強かつ信頼性の高いシグナリング方法が必要である。本発明は、ネットワークの分散した修復を可能にするためにノード間シグナリングを提供する。本発明のノード間シグナリングは、大規模なキャリアグレード(carrier-grade)のネットワーク（一般的な修復中に各ノードによって処理されなければならない修復ノードのクロスコネクトレートとクロスコネクトコマンドの数とに関する適当な仮定が与えられた場合）におけるサブセカンドな(sub-second）修復を可能にし、帯域幅を有効に使用し、修復ノード間に配置された非適合ＳＯＮＥＴネットワーク要素が存在する場合であっても信頼性高く動作することを意図している。

【００２３】

本発明は、ノート間シグナリングに対し複数の置換可能パスアーキテクチャを使用する。開示された複数の置換可能パスアーキテクチャにより、２つの隣接する修復ノードが、それらの間にある修復（または「予備」）帯域幅において修復シグナリングに対しＳＯＮＥＴパスを生成する。修復ノードは、これらＳＯＮＥＴパスを発生し、かつ終端する。これらパスは、修復ノード間で延在し、いかなる介在している非適合ＳＯＮＥＴネットワーク要素も透過的に通過する。それは、非適合ネットワーク要素がパスを終端しないためである。その後、１次パスの末端ノードは、「ネットワーク内」パス故障を検出すると、故障したパスを一意に識別し修復パスのセットアップを要求するシグナリングメッセージを作成する。修復シグナリングメッセージは、その後、例えば修復パスによって後に使用される正確に同じ帯域幅を占有するシグナリングパスのオーバヘッドまたはペイロードを使用して、１つの修復ノードから他の修復ノードにリレーされる。

【００２４】

事前計算された修復パスが末端ノードを含む少なくとも３つの修復ノードを通過すると、修復をシグナリングするためにいくつかのシグナリングパスがタンデムに使用される。この場合、中間修復ノードは、それらのルーティングテーブルに格納した事前計算からの情

報に基づいて、シグナリングルーティングの判断を行う。特定のシグナリングパスのオーバヘッドまたはペイロードを用いてシグナリングメッセージが隣接するノードに送信されると、メッセージを送信したノードは、そのシグナリングパスを、送信されたシグナリングメッセージにおいてセットアップが要求された修復パスのセグメントと置換するクロスコネクトを行う。シグナリングメッセージが修復パスの中間ノードすべてを通過し遠端の末端ノードに到達し、遠端の末端ノードがエンドツーエンド接続性を検査しその最終的なクロスコネクトを行うと、故障したパスが修復される。

【００２５】

本発明は、以下の利点を提供する。すなわち、シグナリングパスが、事前計算された修復パス（のセグメント）と同じルートを辿り同じ帯域幅を占有するため、事前計算された修復パスが利用可能である場合、そのセットアップをシグナリングするパスもまた利用可能である。このため、本方法は信頼性が高い。更に、シグナリングメッセージが修復帯域幅で伝送されるため、シグナリングのために転用に追加の帯域幅を設ける必要がない。このため、本方法は帯域幅を効率的に使用する。また、シグナリングパスが修復ノード間を延在し、いかなる介在する非適合ＳＯＮＥＴネットワーク要素も透過的に通過するため、それらパスに転送されるシグナリングメッセージもまた、介在する非適合ネットワーク要素を透過的に通過する。このため、本シグナリング方法は、かかる非適合ネットワーク要素が存在する場合であっても動作する。

【００２６】

本発明のより完全な理解は、本発明の更なる特徴および利点と共に、以下の詳細な説明および図面を参照することによって得られよう。

【００２７】

【発明の実施の形態】

図４は、本発明が動作することができる、ＳＯＮＥＴネットワーク等の一例としてのネットワーク４００を示す。概して、ネットワーク４００は、各々修復ノードと呼ばれる、ノードＡ、Ｂ、Ｄ等の少なくとも３つの適合ノードを含み、パス１およびパス２等の明確なエンドツーエンドパスを有する。なお、図４に示すノードの各々は、適合ノードである。更に、必要な機能およびデータベースを有していないもの等、非適合ネットワーク要素（図示せず）を修復ノード間に配置することができ、それが本発明による修復を妨げることはない。本発明は、修復ノードが（ｉ）パスを発生し、かつ終端することができ、（ｉｉ）本明細書で述べるようにパスオーバヘッドまたはペイロードから修復関連情報を読出し、かつそれに修復関連情報を書込むことができる、あらゆるメッシュネットワークにおいて採用されることが可能である。

【００２８】

概して、ノードがＳＯＮＥＴネットワークでパスを終端しない場合、送信された情報（ペイロードおよびオーバヘッド）は、ノードを透過的に通過する。本発明の修復ノードは、ノードを通過する際にパスオーバヘッドにアクセスすることができる。本方法は、例示的なＳＯＮＥＴネットワークだけでなく、例えば同時デジタルハイアラーキ（ＳＤＨ）テクノロジを備えたネットワーク、または可能性としてデジタルウェーブラッパ(wave-wrapper)等、デジタル情報に関連するパスを備えた光ネットワークにおいて適用可能である。ウェーブラッパテクノロジは、パスに沿った中間ノードによってアクセスすることができるデジタル「ラッパ」において各光波長／パスを包含するものだからである。

【００２９】

本発明は、事前計算された修復パスを使用して、一例としてのＳＯＮＥＴネットワーク４００においてリアルタイム分散パス修復の実現に対し監視およびシグナリング機能を提供する。例えば上述した事前計算修復技術に従って、事前計算された修復パスを取得することができる。本発明の１つの特徴によれば、１次サービスパス上で検出された障害に応じて事前計算された修復パスが起動され、それによって、ネットワーク内障害がある場合に顧客サービスが修復される。本発明の複合ネットワーク環境では、障害がネットワーク４００の修復可能部分内で発生する（「ネットワーク内」障害と呼ばれる）か否かを判断す

ることが重要である。そうでなければ、問題をもたらす障害が修復可能ネットワークの外側にあるため、結果として、故障したサービスの修復をもたらさないクロスコネクトを起動する可能性がある。後に、修復帯域幅を第１の故障したパスと共有する他のパスもまた「ネットワーク内」障害によって故障する場合、その修復帯域幅が第１のパスの不成功であった修復に対して要求されているため、それを修復することは可能でなくなる。

【００３０】

このため、本発明の他の特徴により、障害が修復可能ネットワークの内側で起こったか外側で起こったかを判断し、パス故障をもたらした障害が修復可能ネットワークの内側である場合にのみパス修復シグナリングを起動する、機構が提供される。１つの実施形態では、後述するが、障害がネットワークの内側で起こったか外側で起こったかの判断が、参照によりその開示内容が本明細書内に援用されたものとする「Ｓｙｎｃｈｒｏｎｏｕｓ Ｏｐｔｉｃａｌ Ｎｅｔｗｏｒｋ（ＳＯＮＥＴ）－Ｔａｎｄｅｍ Ｃｏｎｎｅｃｔｉｏｎ Ｍａｉｎｔｅｎａｎｃｅ」（ＡＮＳＩ Ｔ１．１０５．０５）において述べられている、ＡＮＳＩタンデム接続標準規格に従って実行される。

【００３１】

概して、ＳＯＮＥＴネットワークでは、ネットワークノードが入力ＳＯＮＥＴライン上で信号損失（Ｌｏｓｓ Ｏｆ Ｓｉｇｎａｌ（ＬＯＳ））を検出した時に、ネットワーク障害が識別される。ＬＯＳは、ライン自体かまたはラインの他の末端のノードの故障による可能性が高い。検出ノードは、標準ＳＯＮＥＴメンテナンス信号であるアラームインディケーション信号－パス（Ａｌａｒｍ Ｉｎｄｉｃａｔｉｏｎ Ｓｉｇｎａｌ－Ｐａｔｈ（ＡＩＳ－Ｐ））を、故障からそのラインで伝送される影響を受けるすべてのパスに送信する。故障が双方向性である場合、ＡＩＳ－Ｐ信号は、故障に隣接するノードからそれぞれのＳＯＮＥＴパスの終端まで両方向に伝搬する。ＳＯＮＥＴネットワークでは、ＡＩＳ－Ｐは、パスペイロード、パスオーバヘッドおよびパスポインタで送信されるオールワン(all ones)信号である。パス故障を検出するためには、概してポインタのみを監視することで十分である。

【００３２】

ＡＮＳＩタンデム接続メンテナンス標準規格のもと、修復可能なネットワーク内障害は、所定のパスに沿った末端ノードによる一般的なネットワーク障害とは識別される。末端ノードは、外側から修復可能ネットワークに入るＳＯＮＥＴパスの故障を検出すると、パスオーバヘッド（Ｐａｔｈ Ｏｖｅｒｈｅａｄ）にアクセスすることができるようにＳＯＮＥＴパスポインタを再確立する。そして、故障がネットワークに入った時にそのパス上で検出されたことを示すよう、パスオーバヘッドにおいてフラグを立てる。そのようにパスポインタが再確立されると、ネットワーク外障害が所定のパスに沿って後続するノードすべてに対し透過的となる。後続するノードは、有効なポインタを見て、ＳＯＮＥＴパスを、それらが、特有のＡＩＳ－Ｐのオールワン信号ではなく、有効なユーザトラフィックを伝送しているかのように扱う。このため、これら後続するノードは、パス修復を開始しようとしない。しかしながら、パスオーバヘッドにフラグがあることにより、出口末端ノード（パスがネットワークを離れる遠端の末端ノード）がトリガされ、アウトバウンドパスにＡＩＳ－Ｐを再挿入し、それによって修復可能ネットワークの外側にある下流のＳＯＮＥＴパス終端装置（Ｐａｔｈ Ｔｅｒｍｉｎａｔｉｎｇ Ｅｑｕｉｐｍｅｎｔ（ＰＥＴ））が最初の故障を知ることが保証される。一方、無効なパスポインタによって示されるように、出口末端ノードがアウトバウンドパスにＡＩＳ－Ｐを見つけた場合、パス故障をもたらしている障害は、修復可能ネットワーク内で発生している。ノードは、この情報に基づいて動作し、その後修復シグナリングをトリガする。

【００３３】

本発明の他の態様は、一例としてのネットワーク４００の分散修復を可能にするよう、所望のノード間シグナリングを扱う。概して、ノード間シグナリングは、大規模キャリアグレードネットワークにおいてサブセカンド修復を可能にし、大域幅を有効に使用し、信頼性高く動作し、かつ、非適合ネットワーク要素と互換性があることを意図している。後述

するように、本発明のシグナリングアーキテクチャ内では、修復可能ネットワーク内の故障したパスの一方または両方の末端ノードが、修復を要求するシグナリングメッセージを作成する。その後、その修復シグナリングメッセージは、修復パスによって後に使用される正確に同じ帯域幅を占有するシグナリングパスのオーバヘッドまたはペイロードで、１つの修復ノードから他の修復ノードへリレーされる。修復シグナリングメッセージは、非適合ノードを透過的に通過する。それは、それらがシグナリングパスを終端しないためである。後述するように、本発明の種々の実施の形態は、修復パスセットアップと、パス除去と、誤接続（misconnection）および優先度の処理を提供する。

【００３４】

図４は、本発明の修復技術が実現されてよい一例としてのＳＯＮＥＴネットワーク４００を示す。図４に示すように、ＳＯＮＥＴネットワーク４００は、ＳＯＮＥＴネットワーク４００を修復可能部分と修復不可能部分とに分割する境界４１０を含む。ＳＯＮＥＴネットワーク４００は、ネットワーク４００の修復可能部分における多数のノード４２０～４２８と、ネットワーク４００の修復不可能部分における多数のノード４３０～４３３と、を含む。ネットワーク４００の修復可能部分のノード４２０～４２８の各々は、以下修復ノード４２０～４２８と呼ぶが、本明細書では本発明の特徴および機能を提供するように変更された、図５と共に後述するＳＯＮＥＴデジタルクロスコネクトシステム（ＤｉｇｉｔａｌＣｒｏｓｓ－Ｃｏｎｎｅｃｔ　Ｓｙｓｔｅｍ（ＤＣＳ））として実現されてよい。修復ノード４２０～４２８の各々は、本発明によるリアルタイム修復にアクティブに関連するために必要な監視、シグナリングおよびクロスコネクト機能およびデータベースを有する。ラインおよびパスオーバヘッドを含むＳＯＮＥＴ　ＤＣＳおよびＳＯＮＥＴ信号の構成と、ＳＯＮＥＴ信号の包括的な監視と、のより詳細な説明は、例えば、各々が参照によりその開示内容が本明細書内に援用されたものとする、Ｇｅｎｅｒｉｃ　Ｃｒｉｔｅｒｉａ　ｆｏｒ　ＳＯＮＥＴ　Ｄｉｇｉｔａｌ　Ｃｒｏｓｓ－Ｃｏｎｎｅｃｔ　Ｓｙｓｔｅｍｓ（ＤＣＳ），Ｔｅｌｃｏｒｄｉａ　ＧＲ－２９９６－ＣＯＲＥ，Ｉｓｓｕｅ　１，Ｊａｎｕａｒｙ，１９９６と、Ｓｙｎｃｈｒｏｎｏｕｓ　Ｏｐｔｉｃａｌ　Ｎｅｔｗｏｒｋ（ＳＯＮＥＴ）　Ｔｒａｎｓｐｏｒｔ　Ｓｙｓｔｅｍｓ：Ｃｏｍｍｏｎ　Ｇｅｎｅｒｉｃ　Ｃｒｉｔｅｒｉａ，Ｔｅｌｃｏｒｄｉａ　ＧＲ－２５３－ＣＯＲＥ，Ｉｓｓｕｅ　２，Ｒｅｖｉｓｉｏｎ　２，１９９９を参照のこと。

【００３５】

なお、修復ノード４２０～４２８間に、追加の非適合ネットワーク要素（図示せず）が配置されていてもよい。非適合ネットワーク要素は、例えば、所定の製造業者の世代の古いネットワーク要素か、または多数の製造業者によって提供されるネットワーク要素である可能性がある。非適合ネットワーク要素は、本発明によるリアルタイム修復にアクティブに関連するために必要な監視、シグナリングおよびクロスコネクト機能およびデータベースを提供しない。しかしながら、本発明の特徴によれば、後述するが、本発明の修復技術はかかる非適合ネットワーク要素が存在する場合であっても作用する。

【００３６】

また、所定のパスは、本発明の複合ネットワーク環境において複数のネットワークを横断することができる。このため、所定のパスの故障をもたらす障害は、いずれのネットワークにおいても発生する可能性がある。しかしながら、本発明の修復技術では、パス故障をもたらす障害が「修復可能ネットワーク」の境界４１０内で発生する場合のみ、サービスを修復することができ、障害がネットワークの外側である場合は、不要なシグナリングまたはクロスコネクティングを防止る。このため、上述したように、本発明は、可能修復ネットワーク内で発生する故障を修復可能ネットワークの外側で発生する故障と識別する、パス故障を検出し修復を起動する機構を利用する。

【００３７】

図４は、２つの結合されていないパス４４０、４５０を示す。パス４４０は、ノードＡで修復可能ネットワークの境界に入り、ノードＤでネットワークを出る前にノードＢ、Ｃを通過する。ノードＡ、Ｄは、修復可能ネットワーク内でパスの末端を示すため、末端ノー

ドと呼ばれる。ノードＢ、Ｃは中間ノードと呼ばれる。同様に、パス４５０は、ノードＥで修復可能ネットワークに入り、中間ノードＦを通過して末端ノードＧで出る。修復可能ネットワーク内では、パス４４０とパス４５０とは結合しておらず別々にルーティングされる。このため、それらは、ネットワークにおいて複数の障害がない限り、同時に故障することはない。これらの状態のもと、本発明の事前計算アルゴリズムにより、パス４４０およびパス４５０は、両１次パスが同時に故障した場合に一方のみが修復されるよう保証されることが可能であるように、同じ修復帯域幅のすべてまたは一部を共有することができる。この例では、パス４４０の事前計算修復パスは、ノードＡ、Ｈ、Ｉ、Ｄを通って伸びている。パス４５０の事前計算修復パスは、Ｅ、Ｈ、Ｉ、Ｇを通って伸びている。これらパスによって共有される修復帯域幅は、ノードＨ、Ｉの間である。

【００３８】

修復帯域幅を共有することにより、リングまたは１＋１パス保護方式より、ネットワーク容量がより効率的にかつコスト効率よく使用されることが可能である。しかしながら、修復帯域幅が共有される場合、修復パスは故障が発生する前には提供されない。このため、修復パスは、故障が発生した後にセットアップされなければならない（すなわち、修復パスに沿ったノードで適当なクロスコネクトが行われなければならない）。従って、障害が発生し検出された場所からの障害に関する情報を、サービスを修復するために処置を講じなければならないノードに対して伝送するために、迅速で、頑強かつ信頼性の高いシグナリングアーキテクチャが必要である。

【００３９】

なお、パス終端装置（Ｐａｔｈ　Ｔｅｒｍｉｎａｔｉｎｇ　Ｅｑｕｉｐｍｅｎｔｓ（ＰＴＥ））間のエンドツーエンドパスは１つまたは複数のネットワークに亙ってもよく、これらネットワークの１つまたは複数が修復可能であってもよい。本明細書で使用されるように、修復可能パスは、修復可能ネットワーク内の末端ノードから末端ノードに伸びる。このため、修復可能ネットワークの１つを横断するエンドツーエンドパス全体の一部／セグメントは、修復可能であってよい。

【００４０】

例示的なネットワーク４００のノード４２０～４２８および４３０～４３３は、光ファイバ接続によって相互接続されている。（この接続は、修復ノードから修復ノードに直接であってよく、または本発明で述べた修復機能を提供しない介在する非適合ネットワーク要素を介してもよい。）なお、図４のネットワーク４００は、例示の目的のために簡略化されている。本発明は、各々が何百ものノードを有する多くのサブネットワークを含んでよい、大規模な地域的、全国的および国際的なネットワークでの使用に適している。ＳＯＮＥＴネットワークでは、例えば、サブネットワークの１つまたは複数が、ネットワークの各地域交換通信事業者（ｌｏｃａｌ　ｅｘｃｈａｎｇｅ　ｃａｒｒｉｅｒ（ＬＥＣ））および長距離交換通信事業者（ｉｎｔｅｒ－ｅｘｃｈａｎｇｅ　ｃａｒｒｉｅｒ（ＩＸＣ））に関連してもよい。

【００４１】

図５は、ネットワーク４００のノード４２０等の修復ノードの１つをより詳細に示す。ノード４２０は、クロスコネクトファブリック５８－ｉを含み、双方向リンク６４、６６とインタフェース７０－１、７０－２、７０－３、７２－１、７２－２、７２－３とにより、ネットワーク４００の他のノードに接続されている。ノード４２０は、双方向リンク６４、６６を介して、ネットワーク４００の他のノードにＳＯＮＥＴ信号を供給する。インタフェース７０－１、７０－２、７０－３、７２－１、７２－１、７２－３は、双方向リンク６４、６６上の信号に対し光／電気変換を行う。また、インタフェース７０－１、７０－２、７０－３、７２－１、７２－１、７２－３は、後述するように、ＳＯＮＥＴライン終端機能と、信号パスに対するＳＯＮＥＴパス終端機能と、シグナリング、サービスおよび修復パスに対するＳＯＮＥＴパスオーバヘッドまたはペイロードへの読出し／書込みアクセスと、を提供する。また、ノード４２０は、ノードの１つの中央プロセッサかまたは複数の分散したプロセッサに対して提供されてよい制御およびメモリ機能７７を含む。

制御およびメモリ機能７７には、ファブリックの現状のマップが含まれている。また、制御およびメモリ機能７７は、事前計算修復パスを実現するために必要なマップまたはクロスコネクションの変更を指定するルーティングテーブルも含んでいる。また、後述するように、シグナリングメッセージをルーティングするために、これら同じテーブルがアクセスされる。ノード４２０は、例示の目的のために簡略化されており、上述したように、所定のアプリケーションに対する必要に応じて、実質的により多数の入力および出力リンクを含んでよい。

【００４２】

（リアルタイム修復）

本発明は、好ましくは、修復可能ネットワークを横断するパス４４０等の各１次パスに対し、ノード４２０等の末端ノードからノード４２３等の末端ノードまでの修復パスを事前計算するために、先に参照した事前計算修復技術（Ｐｒｅ－ｃｏｍｐｕｔｅｄ　Ｒｅｓｔｏｒａｔｉｏｎ　Ｔｅｃｈｎｉｑｕｅ）を利用する。また、事前計算修復技術は、引用をもってその開示内容が本明細書内に包含されたものとする、Ｂ．Ｔ．Ｄｏｓｈｉ等による「Ｏｐｔｉｃａｌ　Ｎｅｔｗｏｒｋ　Ｄｅｓｉｇｎ　ａｎｄ　Ｒｅｓｔｏｒａｔｉｏｎ」（Ｂｅｌｌ　Ｌａｂｓ　Ｔｅｃｈｎｉｃａｌ　Ｊｏｕｒｎａｌ（Ａｐｒｉｌ－Ｊｕｎｅ　１９９９））においても述べられている。事前計算修復技術により、ネットワークの各１次サービスパスに対し、１つの修復パスが事前計算される。修復パスは、関連する１次サービスパスの両末端ノードを通過するが、ほかの部分では１次サービスパスとは結合されておらず、別々にルーティングされている。このため、末端ノードの故障以外の１つの故障により、１次パスと事前計算修復パスとの両方が同時に故障する可能性はない。更に、所定の１次パスが故障したときに、パス故障の原因が何であっても（例えば、ケーブル切断、ノード故障、装置故障）、それは常に同じ修復パスを使用して修復される。本発明は、いずれの１次パスが故障したかを判断するリアルタイム機能を提供することにより、それらの修復が可能であるようにする。

【００４３】

ネットワークのすべての１次サービスパスに対する事前計算修復パスを記述する情報は、「ネットワーク内」故障の後にサービスを修復する必要がある時まで、データベースに格納される。上述したように、情報は、ネットワークの中央コントローラ／データベースに格納することができ、あるいは分割して各ノードにおいてローカルに格納することもできる。後者の場合、各ノードは、修復パスのローカルビューを含むデータベースを有する。いずれの場合も、ネットワークに後続するノードまたはリンク故障がある場合、故障によって影響を受けるパスが識別されなければならず、関連する修復パスが起動されなければならない。故障したパスを識別し修復パスを起動する方法は、修復パス情報が中央コントローラ／データベースに格納されるか各ノードにローカルに格納されるかによって決まる。本発明は、データが各ネットワークノードにローカルに格納される場合に適用可能である。本プロセスを、修復の分散起動／制御と呼ぶ。このように、本発明を実現するために、事前計算によるデータは、予め修復ノード４２０～４２８に格納されていなければならない。修復ノードに格納されたデータは、事前計算が中央で行われるかノード間で分散されるかに関わらず同じである。

【００４４】

開示された発明の１つの態様は、修復ノード４２０～４２８が、故障に関するノード間通信を可能にするシグナリング機能を組込むというものである。ノード４２０、４２３等の末端ノードは、１次パスと修復パスとの両方にあるため、末端ノードは、１次サービスパス故障を監視し、必要な場合はノード間修復シグナリングを開始するために、選択されている。開示された発明の他の態様は、修復シグナリングが修復パスのルートに従う、というものである。修復シグナリングに対するこの方法は、修復パスシグナリングと呼ばれる。

【００４５】

修復パスルートに沿ったシグナリングの選択は重要である。修復パスは、末端ノードを除

いて、１次サービスパスと結合しておらず別々にルーティングされているため、１つの故障（末端ノード故障以外）が両方に影響を与える可能性はない。このため、修復シグナリングは、末端ノードからネットワークを通る事前計算修復パスのルートに従う場合、複数の同時ネットワーク故障がない限り、サービスを修復するためにクロスコネクトを実行しなければならないノードまで到達する。逆に、修復ルートに沿った帯域幅が、例えば第２のネットワーク故障によって利用可能でない場合、他のシグナリング方法が使用され修復メッセージが他のルートを介して適当なノードに到達したとしても、サービスを修復することができない。

【００４６】

リアルタイム修復パスシグナリングは、（ｉ）末端ノードにおける、１次パスの故障を監視し検出する機能と修復シグナリングを開始する機能と、（ｉｉ）中間ノードにおける、シグナリング情報を受信し、処理し、修復に関連する次のノードに転送する機能と、（ｉｉｉ）修復ルートに沿ったシグナリングを転送する利用可能なパスと、（ｉｖ）末端ノードにおける、修復接続が適当に行われたことを検査する機能および誤接続または他の異常の場合にバックアウトシグナリングを開始する機能と、（ｖ）上記機能を実行するために必要な事前計算からの情報／データの（各ノード内の）ローカル記憶域と、を必要とする。

【００４７】

（修復可能ネットワーク境界）

ネットワーク外故障対ネットワーク内故障

図６は、ＳＯＮＥＴネットワーク要素４２０～４２８が、所定のパス１、２に沿った送信の両方向に影響を与える故障に応じて、いかにメンテナンス信号を発行するかを示す。この例では、パス１は、ノードＢ、Ｃ間に伸びるＳＯＮＥＴライン６１０で伝送される。図６に示すように、ライン６１０が故障する（例えば、ケーブル切断による）。これにより、ライン６１０上で伝送されるすべてのパスが同様に故障する。ノードＢ、Ｃがライン６１０上の信号損失（Ｌｏｓｓ　ｏｆ　Ｓｉｇｎａｌ（ＬＯＳ））を検出し、標準メンテナンス信号であるアラームインディケーション信号－パス（Ａｌａｒｍ　Ｉｎｄｉｃａｔｉｏｎ　Ｓｉｇｎａｌ－Ｐａｔｈ（ＡＩＳ－Ｐ））を、パス１を含むすべての影響を受けるＳＯＮＥＴパスに外側方向に送信する。ＡＩＳ－Ｐ信号は、ＳＯＮＥＴパスの終端に向かって両方向に伝搬する。ＡＩＳ－Ｐは、パスポインタ、パスオーバヘッドおよびパスペイロードをオーバライトするオールワン（ａｌｌ－ｏｎｅｓ）信号である。パスＡＩＳは、通常、オールワンポインタに対して監視することにより検出される。

【００４８】

ＡＩＳ－Ｐは、故障に隣接するノードから、末端ノードを通ってＳＯＮＥＴパス終端装置までＳＯＮＥＴパスの長さを横断する。このため、ＡＩＳ－Ｐは、潜在的に１次パス故障のインディケータとして使用されることが可能であり、このため、修復をトリガするために使用されることが可能である。しかしながら、この目的でＡＩＳ－Ｐのみを使用することには問題がある。入力ＡＩＳ－Ｐを検出するノードは、図６に示すように、修復可能ネットワークで発生するＳＯＮＥＴパス故障と修復可能ネットワークの外側で発生する故障とを識別することができない。図６に示す例では、パス１はネットワーク内故障を有し、パス２はネットワーク外故障を有している。しかしながら、末端ノードＤ、Ｇの観点で見ると、これらの故障は同じに見える。しかしながら、本発明の修復技術は、ネットワーク内故障に対してのみトリガされなければならない。上述したように、例示的な実施の形態は、ＡＮＳＩタンデム接続メンテナンス規格で指定される機能を使用することにより、所定の故障がネットワーク内故障であるかネットワーク外故障であるかを判断する。

【００４９】

ネットワーク外信号劣化対ネットワーク内信号劣化

また、ハード故障状態（信号故障状態とも呼ぶ）だけでなく、信号劣化（Ｓｉｇｎａｌ　Ｄｅｇｒａｄｅ）（過度な誤りによって特徴付けられる）もまた修復を起動する判定基準として使用される場合、タンデム接続メンテナンス規格は、修復可能ネットワークの外側

に対して修復可能ネットワーク内で発生する時間の単位毎にビット誤りの数を決定する機能を提供する。当業者には明らかであるように、ネットワーク内誤りの数に関するデータを、ネットワーク内信号劣化計算の基礎として使用することができる。

【００５０】

故障したパスを識別する修復ノードの機能

ネットワーク内およびネットワーク外信号故障および劣化を識別する上述した機能は、引用をもってその開示内容が本明細書内に包含されたものとする、Ｔａｎｄｅｍ Ｃｏｎｎｅｃｔｉｏｎ Ｍａｉｎｔｅｎａｎｃｅ Ｓｔａｎｄａｒｄ，ＡＮＳＩ Ｔ１．１０５．０５－１９９４に述べられている機能のサブセットからなる。これら機能を提供するために、修復ノード４２０～４２８は、Ｈ１、Ｈ２、Ｈ３パスポインタ（Ｐａｔｈ Ｐｏｉｎｔｅｒ）、Ｂ３パリティバイトおよびｚ５ ＳＯＮＥＴタンデム接続オーバヘッド（Ｔａｎｄｅｍ Ｃｏｎｎｅｃｔｉｏｎ Ｏｖｅｒｈｅａｄ）バイトに対し読出しおよび書込みアクセスを行うことができなければならない。

【００５１】

また、修復ノード４２０～４２８は、ユーザが、ＳＯＮＥＴパスが修復可能ネットワークに入り／出る２つの末端ノードを識別することができる、新たに提供される能力を提供しなければならない。パス末端ノードを提供することは、修復可能ネットワーク内に含まれるＳＯＮＥＴパスの一部を明確に線引きし、上述した特別なパス監視機能を起動するために必要である。また、これら同じ末端ノードは、ネットワーク内パス故障を検出した場合に修復シグナリングを開始しなければならない。

【００５２】

修復のモジュラリティ

本発明は、ＳＴＳ－１、ＳＴＳ－３ｃ、ＳＴＳ－１２ｃおよびＳＴＳ－４８ｃレート信号等、種々のクロスコネクトレート信号を有するネットワークで実現することができる。大抵のパスがＳＴＳ－４８ｃｓかまたはＳＴＳ－１２ｃｓであるネットワークは、概して、パスがＳＴＳ－３ｃｓかまたはＳＴＳ－１ｓである同じサイズのネットワークより高速に修復する。これは、ＳＴＳ－４８ｃパスを修復することがＳＴＳ－１パスを修復することとほぼ同じ数のクロスコネクトをとるが、ＳＴＳ－４８ｃパスの修復は４８倍の帯域幅を修復するために起こる。このため、より低速のパスを保護し修復プロセスを高速化するために、本発明は、同じ末端ノードを有し修復可能ネットワークを通して同じルートを横断するＳＴＳ－１およびＳＴＳ－３ｃレートパスをグループ化して、より大きい修復「バンドル（ｂｕｎｄｌｅ）」にする機能を提供する。「バンドル」は、事前計算の目的のために、１つのＳＴＳ－１２ｃまたはＳＴＳ－４８ｃレートパスとして扱われる。リアルタイム修復中に、バンドルは１単位として修復される。

【００５３】

更に、ここで、上述した監視技術は、バンドル内の構成パスに対して適用される。このため、修復は、構成信号の１つ、一部またはすべての故障または劣化に基づいて起動することができる。なお、ＡＮＳＩタンデム接続機能は、ネットワークに亙ってパスをバンドル化することを可能にする。タンデム接続障害は、構成パスのいずれか１つでも障害を有する場合に示される。

【００５４】

（リアルタイム修復起動シグナリング）

上述したように、複数の１次サービスパスが同じ修復帯域幅を共有する場合、故障が発生する前に修復パスを提供することはできない。パスは、故障が検出された後に、迅速で、頑強かつ信頼性の高いシグナリングアーキテクチャを必要としつつ、セットアップされなければならない（すなわち、パスに沿ったノードで適当なクロスコネクトが行われなければならない）。しかしながら、目下、ＳＯＮＥＴベースのメッシュネットワークにおいて修復パスの分散された起動およびセットアップを可能にするシグナリング規格は無い。

【００５５】

ネットワークのサイズ（大規模な、キャリアグレードネットワーク）、修復中に典型的な

ノードで予測されるクロスコネクトの数、およびクロスコネクトをノードで実行することができるレートに関する適当な仮定が与えられると、本発明のシグナリング方法により、１つの故障からネットワークのサブセカンド修復が可能となる。本発明のシグナリング方法は、非適合ネットワーク要素と互換性がある。更に、本発明のシグナリング方法は、修復パスに必要である以上に追加の帯域幅を必要としないため、帯域幅を有効に使用する。最後に、本シグナリング方法は、信頼性が高い。

【００５６】

シグナリングアーキテクチャー複数の置換可能パス

上述したように、本発明は、故障したパスを修復するためのシグナリングメッセージが、末端ノードによって作成され、事前計算によって修復パスに割当てられる帯域幅で修復ノードから修復ノードにリレーされる、複数置換可能パス方法を利用する。シグナリングメッセージは、事前計算された修復パスに沿って正確にルーティングされる。例えば、事前計算が、所定の１次パスのための修復パスが所定のＳＯＮＥＴラインを使用しそのライン上で多重化された第２のパスとなることを示す場合、そのパスを修復するシグナリングメッセージは、ライン内で多重化された第２のシグナリングパスを介してそのライン上でルーティングされなければならない。しかしながら、上述したように、修復パスはまだセットアップされていない（クロスコネクトが行われていない）ため、修復パス自体を、シグナリングを転送するために使用することは不可能である。

【００５７】

このため、図７に示すように、ノート間シグナリングのために複数置換可能パスアーキテクチャが利用される。開示された複数置換可能パスアーキテクチャにより、２つの隣接する修復ノード、例えばノードＨ、Ｉは、それらの間にある修復（または「予備」）帯域幅での修復シグナリングのために、ＳＯＮＥＴパス７１０－ｉを生成する。（図７では、１、２、３、４とラベル付けされた４つのパスが示されている。）修復ノードは、これらＳＯＮＥＴパスを発生し終端する。パスは、隣接する修復ノードの対の間で伸びており、介在する非適合ＳＯＮＥＴネットワーク要素を透過的に通過する。それら非適合ネットワーク要素はパスを終端しないためである。

【００５８】

その後、１次パスの末端ノードは、上述したように「ネットワーク内」パス故障を検出すると、一意に故障したパスを識別し修復パスのセットアップを要求するシグナリングメッセージを作成する。その後、修復シグナリングメッセージは、後に修復パスによって使用される正確に同じ帯域幅を占有するシグナリングパスのオーバヘッドまたはペイロードで、１つの修復ノードから他の修復ノードにリレーされる。信号パス故障を通知するために、多数のシグナリングパスがタンデムに使用されてよく、この場合、中間修復ノードは、それらがそれらのルーティングテーブルに格納した事前計算による情報に基づいて、シグナリングルーティング判断を行う。（それらは、シグナリングメッセージがネットワークを通して修復パスと同じルートを取るため、これを行うことができる。）

【００５９】

パス修復を要求するシグナリングメッセージが、特定のシグナリングパスのオーバヘッドまたはペイロードを使用する隣接する修復ノードに送信されると、メッセージを送信した修復ノードは、そのシグナリングパスを、送信されたシグナリングメッセージにおいてセットアップが要求されている修復パスのセグメントと置換するクロスコネクトを行う。その時点で、修復パスはそのリンク上でロックイン（ｌｏｃｋ　ｉｎ）され、シグナリングパスはメッセージを送信するために使用不可能となる。同じシグナリングパスの使用を要求する他の修復パスセットアップメッセージが、その後そのノードで受信された場合（例えば、ネットワークに複数の同時の故障があった場合）、そのメッセージは転送することができない。シグナリングメッセージが修復パス上のすべての中間ノードを通してリレーされ、遠端の末端ノードに達し、その末端ノードがその最終クロスコネクトを行いエンドツーエンド接続性を検査すると、故障したパスが修復される。

【００６０】

例えば、図７において、１次パスＡＢＣＤの事前計算された修復パスは、ノードＡ、Ｈ、Ｉ、Ｄを通過する。しかしながら、ＡＢＣＤが故障するまで、この修復パスはセットアップされない。その代りに、３つのシグナリングパスが、ＡとＨ、ＨとＩ、およびＩとＤの間のリンク上でＡＢＣＤの修復帯域幅を占有する。これらパスのオーバヘッドまたはペイロードは、故障が予想される場合、パスＡＢＣＤの故障をシグナリングするメッセージを伝送するために使用される。例えば、シグナリングパス２が、ＨとＩの間のリンク上でＡＢＣＤの修復帯域幅を一時的に占有している。このため、シグナリングパス２は、修復ノードＨ、Ｉ間で１次パスＡＢＣＤの故障に関するメッセージを転送するよう設計されている。これらのメッセージが送信されると、ＡＢＣＤの修復パスが、ノードＨ、Ｉ間のシグナリングパス２に取って代る。言い換えれば、修復シグナリングがノードＡで開始された場合、ノードＨがシグナリングパス２を使用してノードＩに通知すると、ノードＨはＡ、Ｈ間の修復パスのセグメントをＨ、Ｉ間の修復パスのセグメントに接続する。ノードＨ、Ｉは、入力信号パスから出力信号パスにメッセージをルーティングおよびリレーする機能を有している。

【００６１】

本発明の事前計算は、全体として、特定の１次パスの故障に関するメッセージをルーティングするために、ノードがいずれの出力シグナリングパスを使用すべきかを決定する。この情報は、各ノードの制御およびメモリ７７（図５）のルーティングテーブルに格納されており、新たな事前計算が行われる度に更新される。

【００６２】

このように、本発明の複数の置換可能パスアーキテクチャにより、通信事業者は、別々のシグナリングネットワークを計画し管理する必要がない。シグナリング機能は、帯域幅が故障したサービスパスを修復するために使用されるまで、存在する場合はいつでも、修復帯域幅に組込まれている。修復パスは、そのシグナリングパスと同じルートを辿り、同じ帯域幅を占有するため、信頼性が提供される。修復パスが利用可能である場合、シグナリングパスも利用可能である。

【００６３】

シグナリングメッセージ

上述したように、シグナリングメッセージは、末端ノードがネットワーク内パス故障を検出した時にパス末端ノードによって作成され、修復ルートに沿ってノートからノードにリレーされる。シグナリングメッセージは単純であり、例えば、故障が発生したことのみを示し、ＳＦ－Ｐａｔｈ＃Ｎ（すなわち、パス番号Ｎ上の信号故障）等、故障したパスに対する識別子を有している。本発明に従ってリアルタイム修復を実現するために、各修復ノードは２つのことを行うことができなければならないため、単純なメッセージを使用することができる。まず、ノードは、それ自体のクロスコネクトマップを制御することができなければならない。すなわち、そのファブリックを通る修復パスを確立するためにいずれのクロスコネクトを行うべきかを知らなければならない。第２に、ノードは、シグナリングメッセージをルーティングするために、どこで他のノードから受信するか、すなわち、メッセージを次のノードに転送するためにいずれのシグナリングパスが使用されるべきかを、判定することができなければならない。これら両機能のために各ノードが必要とするデータは、事前計算から入手可能である。事前計算は、あらゆる１次パスに対して完全に修復パスを決定する。この事前計算された修復パスは、故障のタイプまたはそれが１次パスのどこで発生したかに関わらず、常に同じである。このため、修復パスのセットアップに対する要求は、いずれのパスが故障したかを示すメッセージにおいて暗示的である。

【００６４】

いずれのパスが故障したかは、いずれかの所定のノードがとらなければならない修復動作を識別する。このため、各修復ノードに対する事前計算の出力の１つは、各一意のパス識別子を、特定のパスが故障した場合にサービスを修復するためにその特定の修復のノードで行わなければならないクロスコネクトに関連付ける、ルーティングテーブルである。このテーブルは、新たな事前計算が行われノード自体の制御およびメモリに格納される度に

配置されることにより、修復が開始される度にアクセスされることが可能になる。また、ルーティングテーブルに格納される情報は、他のノードから受信されたシグナリングメッセージをどこにルーティングすべきかを決定するためにも使用される。クロスコネクトは、ＳＯＮＥＴライン上のパスセグメント（例えば、入力パス故障メッセージを伝送するシグナリングパス）を、他のＳＯＮＥＴライン上のパスセグメント（例えば、出力パス故障メッセージを伝送するシグナリングパス）に関連付け、修復パスは、シグナリングパスと同じ帯域幅を使用するため、上記情報はこのように使用することができる。

【００６５】

受信されたシグナリングメッセージの正確性は、いくつかの方法で検査することができる。例えば、メッセージにＣＲＣ符号が添付されてよく、あるいは、メッセージが少なくとも３回繰返され、受信側が同じメッセージを２回受信した後においてのみ指示されたクロスコネクトを行うようにしてもよい。なお、ＣＲＣを有している場合であっても、シグナリングメッセージの最初の送信が破損された場合を考慮して、送信側がメッセージを少なくとも２回送信することが望ましい。

【００６６】

ＳＯＮＥＴパスオーバヘッドにおいて利用可能な帯域幅が限定されているため、修復シグナリングメッセージは短いままでなければならない。本発明の複数置換可能パスシグナリングにより、パスが以下のように数値的に識別される場合、１つの修復メッセージとその関連するオーバヘッド（例えば、構成上、恐らくはＣＲＣ）とを約５バイトで伝送することが可能である。（１）ネットワークの各修復ノードに対し一意の番号を割当て、（２）その末端ノードの番号（例えば、高い番号が付された末端ノード）にその末端ノード内の一意の修復パス番号を加えたものを使用して、修復パスを識別する、単純な階層的ナンバリング方式を使用することにより、ネットワークの各１次パスに対し、一意のパス番号を割当てることができる。

【００６７】

なお、ＳＯＮＥＴ規格では、ＳＯＮＥＴ　ＳＴＳパス終端ネットワーク要素間のエンドユーザ通信に対し、ＳＯＮＥＴパスオーバヘッドのＦ２バイトあるいはパスユーザチャネル（Ｐａｔｈ　Ｕｓｅｒ　Ｃｈａｎｎｅｌ）が割当てられている。本発明によって使用されるシグナリングパスは、修復ノード間のみに存在し、本発明の修復処理装置は、実質的に、これらパスのエンドユーザである。このため、ＳＯＮＥＴパスオーバヘッドのＦ２バイトにシグナリングメッセージを配置することをサポートすることができる。なお、当業者に明らかであるように、シグナリングメッセージを送信するための他の代替方法もある。

【００６８】

なお、提案されたシグナリングパスは、本発明に従って修復機能を提供する修復ノード間にのみ存在し、修復ノードのネットワークの外側では見ることができない。このため、これらシグナリングパスのオーバヘッドにおけるいずれのバイトも、それらの使用が他の目的に対して必須でない場合、シグナリングメッセージを転送するために使用することができる。上述したように、シグナリングパスペイロードは、シグナリングメッセージを転送するためにも使用することができる。

【００６９】

（実施例）

図４のネットワークを再び考慮する。パス１、２は、１次サービスパスである。パス１は、エンドツーエンドＳＯＮＥＴパス１のセグメントである。ＳＯＮＥＴパス１は、修復可能ネットワークの外側で発生および終端し、修復可能ネットワーク内のノードＡ、Ｂ、Ｃ、Ｄを通して最初にクロスコネクトされている。ノードＡ，Ｄは、１次パス１の規定された修復末端ノードである。パス２は、エンドツーエンドＳＯＮＥＴパス２のセグメントである。ＳＯＮＥＴパス２は、修復可能ネットワークの外側で発生および終端し、ノードＥ、Ｆ、Ｇを通して最初にクロスコネクトされている。ノードＥ，Ｇは、１次パス２の規定された修復末端ノードである。パス１の修復パスはノードＡからノードＨ、Ｉ、Ｄを通って伸びる。パス２の修復パスは、ノードＥからノードＨ、Ｉ、Ｇを通って伸びる。パス１

およびパス２は、Ｈ、Ｉ間で修復帯域幅を共有する。

【００７０】

末端ノードの動作

例えば、ノードＢとノードＣとの間のパス１を伝送するラインが切断されているものと想定する。これが起こると、ノードＢ、Ｃは共にＬＯＳを検出し、そのラインで伝送されるすべてのパスに沿って外側に向けてＡＩＳ－Ｐを送信する。このため、ノードＢは、ＡＩＳ－ＰをＳＯＮＥＴパス１に沿ってノードＢからノードＡに向けて送信し、ノードＣはＡＩＳ－ＰをＳＯＮＥＴパス１に沿ってノードＣからノードＤに向けて送信する。ノードＡ、Ｄは、パス１の規定された修復末端ノードである。このため、それらは、パス上の故障の指示を連続的に監視する。末端ノードは、修復可能ネットワークに存在するパス上にＡＩＳ－Ｐを検出すると、規定された時間待機して、ローカル保護機構、例えばリニア自動保護スイッチ（Ａｕｔｏｍａｔｉｃ　Ｐｒｏｔｅｃｔｉｏｎ　Ｓｗｉｔｃｈｉｎｇ（ＡＰＳ））が適当な場所にある場合に実施されるようにする。ローカル保護機構が問題を修正することができないか、またはローカル保護機構が無い場合、問題は持続し、終端ノードは本発明に従って修復シグナリングを開始する。

【００７１】

修復シグナリングを開始するために、末端ノードは、（ｉ）故障したパスを識別するシグナリングメッセージ、例えばＳＦ－Ｐａｔｈ＃１を生成し、（ｉｉ）ルーティングテーブルルックアップを行って、シグナリングメッセージを修復パス上の次のノードに送信するためにいずれの出力ラインおよびシグナリングパスを使用すべきかを決定し、（ｉｉｉ）シグナリングパスのオーバヘッドまたはペイロードにメッセージを少なくとも３回書込む。なお、ＡＩＳ－Ｐがパス１上の両末端ノードで受信された場合、修復シグナリングを開始することができ、それは修復パスの中央に向かって同時に両末端ノードから進行する。このように修復が進行することができるようにすることにより、シグナリング時間をほぼ半分にカットすることによって全ネットワーク修復時間が低減される。

【００７２】

末端ノードが少なくとも３回ＳＦ－Ｐａｔｈ＃１メッセージを送信した後、末端ノードは、そのプロセッサに対して１次パスからＳＯＮＥＴパス１を切断するよう内部的に命令するコマンドと、ＳＯＮＥＴパス１を修復パスにクロスコネクトする後続のコマンドと、を生成する。後述するように、修復パスに対するクロスコネクトは最初は単方向であり、修復可能ネットワークから外側に向けてではなく、修復可能ネットワークのエッジから修復可能ネットワークの中心に向かって送信を提供する。実行時、このクロスコネクトにより、修復パスはノードＡからノードＨへシグナリングパスを置換する。そして、ノードＡは、制御およびメモリ７７（図５）に配置されたそのデータベース内のクロスコネクトにフラグを立てることにより、関連する修復帯域幅がすでに使用されており、すでに作成されたクロスコネクトをまずテイクダウン（ｔａｋｅ　ｄｏｗｎ）しなければ他の故障したパス（例えば、同じ修復帯域幅を共有するパス）を修復するために使用することができない、ということを示す。

【００７３】

迅速な修復パスセットアップのために、末端ノードは、修復クロスコネクトを実行する前に修復パスに沿った次のノードに対しシグナリングを開始しなければならない。修復クロスコネクトを実行することにより、シグナリングパスが使用不可になる。更に、シグナリングは、ネットワークを可能な限り高速に進行しなければならず、それによって修復ルートに沿ったノードにおけるクロスコネクト処理のいくつかが並列に進行することが可能になる。

【００７４】

中間ノードの動作

上述したクロスコネクトコマンドがノードＡにおいて待ち行列に入り処理されている間、修復パスの次のノード、すなわちノードＨは、ＳＦ－Ｐａｔｈ＃１メッセージを受信する。第１のメッセージを確認する第２のまったく同じメッセージを受信することにより、ル

ーティングテーブルルックアップがトリガされ、修復パス上の次のノード（ノード１）にメッセージを転送するための出力ラインおよびシグナリングパスが決定される。そして、修復シグナリングおよびクロスコネクティングが、以下の２つの顕著な例外を除いて、末端ノードにおける場合と同様に進行することができる。すなわち、第１に、除去すべき１次パスクロスコネクションは無い。第２に、中間ノードで行われたクロスコネクションは、双方向クロスコネクションである。すなわち、それらは、送信の両方向を修復する。しかしながら、リアルタイム修復中にエンドユーザトラフィックの誤接続を避けるのを助けるために、送信が、修復可能ネットワークの内側から外側に向けてではなく、修復可能ネットワークのエッジからネットワークの中心に向かうように、末端ノードにおけるクロスコネクトは、最初は単方向クロスコネクトでなければならない。末端ノードは、それが修復可能ネットワーク内に送信しているパスが、修復可能ネットワークから受信しているパスと同じであることを検査した後においてのみ、両方向に送信を可能にする第２の単方向クロスコネクトを実行する。これは、後述するように、それらのＳＯＮＥＴパス追跡（Ｐａｔｈ　Ｔｒａｃｅ）（Ｊ１－バイト）を比較することによって行われてよい。

【００７５】

なお、エンドユーザＳＯＮＥＴパス終端装置は、識別情報をパス追跡バイトにロードする必要はない。エンドユーザは、代りにパス追跡バイトにヌル文字を挿入してもよい。従って、リアルタイム修復中に、修復可能パスに上述したパス追跡比較を提供することを可能にするために、修復末端ノードは、修復されている１次パスを識別するために修復パスのＪ１－バイトに情報を挿入しなければならない。識別子は、各パスに一意である、シグナリングメッセージで使用される同じものである。末端ノードは、（ｉ）それがネットワークに送信しているパスがネットワークから受信しているパスと同じ識別子を有していることを検査するか、または（ｉｉ）タイムアウトになるまで、１次パス識別子をＪ１に挿入し続ける。（ｉ）の場合、末端ノードは、第２の方向の末端ノードのクロスコネクトを内部的に実行するコマンドを生成し、それによってエンドユーザトラフィックが両方向に流れるようにする。（ｉｉ）の場合、ノードは「誤接続処理」と題されたセクションにおいて後述するように機能する。

【００７６】

上述したように、本発明は、ＡＮＳＩタンデム接続メンテナンス標準規格Ｔ１．１０５．０５－１９９４によっても要求されるいくつかの機能を要求する。しかしながら、本発明を実現するために、ＡＮＳＩタンデム接続に必要なすべての機能を実現する必要はない。それにも関わらず、データリンク（Ｄａｔａ　Ｌｉｎｋ）を含む、完全な一式のＡＮＳＩタンデム接続機能が利用可能であった場合、本発明に対する提案された機能のいくつかは変更される可能性がある。特に、末端ノードから末端ノードへの１次パスは、タンデム接続として識別され、上述したパス追跡の比較は、タンデム接続追跡（Ｔａｎｄｅｍ　Ｃｏｎｎｅｃｔｉｏｎ　Ｔｒａｃｅｓ）の比較に置換される。

【００７７】

誤接続処理

予め決められた時間以内、例えば、パス修復が開始された後２秒間以内では、末端ノードが、受信されたパスの追跡がまだ送信されたパスの追跡と等しくないと判断した場合、修復は発生していないと想定される。事実、修復パスの誤接続がある可能性がある。誤接続の大部分は、同じ修復帯域幅を共有するパスの複数の同時の故障の結果として発生する可能性が高い。修復パス上の末端ノードが、それらの修復クロスコネクションを完了しトラフィックが流れるようにする前に、受信されたパス追跡と送信されたパス追跡とがまったく同じであることを検査するため、誤接続はエンドユーザには見えない。しかしながら、誤接続は、発生すると、ネットワークプロバイダには望ましくない未知の状態でネットワークから離れる。従って、誤接続は除去されなければならず、ネットワークは周知の状態に修復されなければならない。

【００７８】

誤接続がある場合、３つ以上の末端ノードが関連している可能性がある。誤接続を除去す

るために、影響を受ける末端ノードは、（誤接続された）修復パスの部分／セグメントがセットアップされているものは何でもテイクダウンするシグナリングメッセージを送信する。リアルタイム修復中の誤接続はめったに起こらないと予測されるため、それらからの回復は、修復パスのセットアップほどタイムクリティカルであるとはみなされない。このため、誤接続されたパスセグメントをテイクダウンするためのシグナリングは、ＳＯＮＥＴセクション（Ｓｅｃｔｉｏｎ）データ通信チャネル（Ｄａｔａ　Ｃｏｍｍｕｎｉｃａｔｉｏｎｓ　Ｃｈａｎｎｅｌ（ＤＣＣ））に亙ってＯＳＩメッセージングを使用することができる。（誤接続された）修復パスをセットアップするために最初に使用されるＳＯＮＥＴシグナリングパスが、修復ルートの全長に沿って適当な場所にもはや無いため、ＳＯＮＥＴセクションＤＣＣは望ましい。それらは、末端顧客パスペイロードおよびオーバヘッドを送信する実際の修復パスのセグメントによって置換されている。このため、末端顧客は、これら修復パスおよびオーバヘッドに制限なくアクセスすることができ、その結果、修復シグナリングに対する使用は、セキュリティの観点からは望ましくない。

【００７９】

ＳＯＮＥＴセクションＤＣＣに亙ってＯＳＩメッセージングを使用することにより誤接続されたパスセグメントをテイクダウンするために、影響された各末端ノードは（ｉ）除去されるべき修復パスを識別し（例えば、ＲｅｓＰａｔｈ＃５）、（ｉｉ）このパス上の次のノードを決定し、（ｉｉｉ）ＯＳＩメッセージングを使用しＳＯＮＥＴ　ＤＣＣでルーティングすることにより、除去パスメッセージ、例えばＲＭ－ＲｅｓＰａｔｈ＃５をそのノードに送信する。なお、このパス上の次のノードは、２つのソースから導出されている。１番目は、ノード上のすべてのリンクをそれらのリンクが接続されている隣接する修復ノードの識別に関連付けるテーブルである。このテーブルは、その情報が事前計算に必要な入力であるため、制御およびメモリにおいて利用可能でなければならない。２番目は、上述したルーティングテーブル７７、すなわち、事前計算の出力である。

【００８０】

除去メッセージを送信した後、末端ノードは、修復テーブルルックアップを行うことにより、ＲｅｓＰａｔｈ＃５をテイクダウンするためにいずれのローカルクロスコネクトが除去される（すなわち、切断される）べきかを決定する。そして、末端ノードは、識別されたクロスコネクトを除去するコマンドを生成および実行する。クロスコネクトが適当な場所に無い（例えば、他のソースからの先行するコマンドによってテイクダウンされている）場合、除去コマンドは拒否される。いずれの場合も、ＲｅｓＰａｔｈ＃５は、もはやノードを流れていかない。修復パスクロスコネクトが除去された後、末端ノードは、修復帯域幅のシグナリングパスを再確立する。

【００８１】

後に除去パスメッセージを受信する各中間ノードは、修復パス上の次のノードを決定し、その除去メッセージをＤＣＣを介してそのノードに転送する。メッセージを転送した後、ノードはそれ自体の修復テーブルに問合せることにより、いずれのローカルクロスコネクトが除去されるべきか決定し、それを除去するコマンドを生成して実行し、それが除去メッセージを受信したもとのノードに対し確認を送信する。（ノードは、除去されるべきクロスコネクトが適当な場所にないことを見つけた場合、単純に除去コマンドを拒否する。）そして、ノードは、（誤接続された）修復パスによって予め占有された修復帯域幅のシグナリングパスを再確立する。終端ノードは、最後に除去パスメッセージを受信すると、そのテーブルに問合せ、ローカルクロスコネクトをテイクダウンする。除去メッセージがすべての影響を受けた修復パス上のすべてのノードで処理され、対応するシグナリングパスが再確立された時、誤接続が有効に除去される。

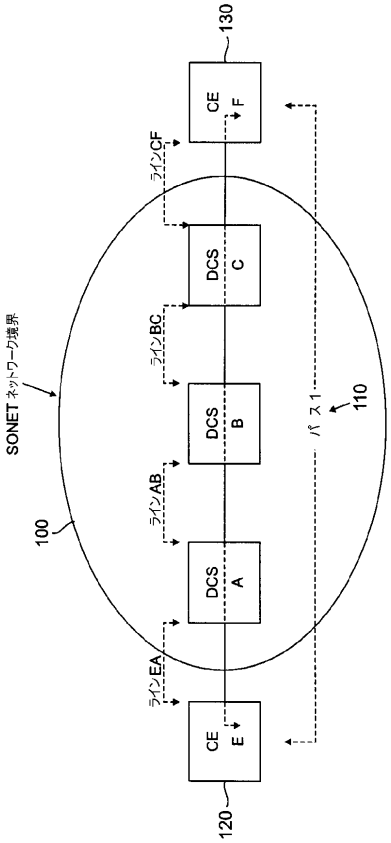
【００８２】

誤接続を一掃した後、末端ノードは、影響を受けた故障したパスを修復するためにシグナリングを再開することができる。同じ誤接続が２回発生するのを防止するために、末端ノードの各々は、修復パスを再びセットアップしようと試みる前にランダムに選択された長さの時間待機する。

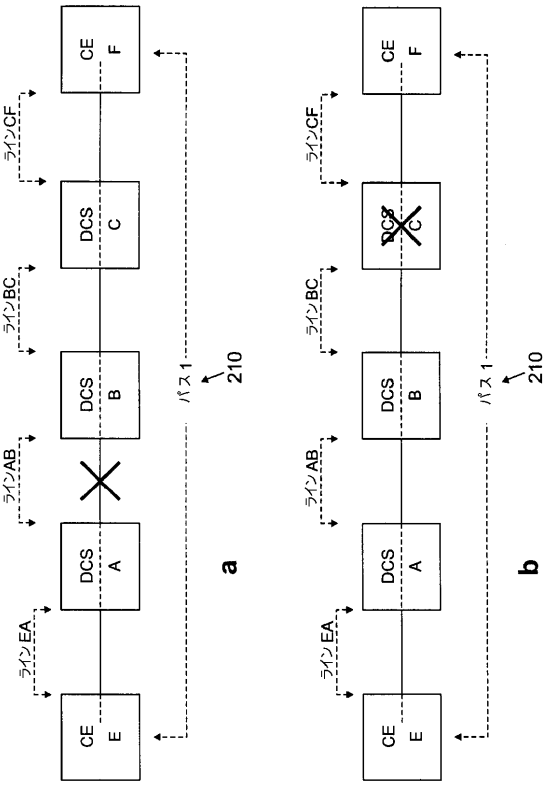
【００８３】
優先度を有するパスの処理
修復ノードのプロセッサにおいて、修復クロスコネクトコマンドは、通常、生成された順序で待ち行列に入り処理される。１つの故障したパスに対して修復パスがセットアップされると、そのパスを修復帯域幅から「バンプ（ｂｕｍｐ）」しより高位の優先度を有する他のパスと置換する（例えば、類似している１ＸＮリニアＡＰＳにおけるように）ことは可能でなくなる。しかしながら、修復処理において高優先度のパスに対しある程度の優先度を与えることができる。これは、各ノードにおいて２つの待ち行列、すなわち、１つは高優先度のクロスコネクト（すなわち、故障した高優先度パスに関連するもの）、１つは標準のクロスコネクト（すなわち、高優先度のパスに関連していないもの）を生成することによって行うことができる。高優先度待ち行列にクロスコネクトコマンドがある限り、プロセッサは、これらに対して最初に作用する。高優先度待ち行列が空である場合、プロセッサは標準クロスコネクトコマンドを処理する。この手続きは、高優先度パスが標準パスの前に修復されることを保証しないが、あらゆる所定のノードにおいて、高優先度パスがそれより優先度の低いパスより前に修復帯域幅を捉える可能性を高くする。それにより、高優先度パスが最初に修復される全体的な可能性が増大する。
【００８４】
また、１次パスは、故障の場合に完全に修復されなければならない場合、事前計算中に専用の修復パスが割当てられることが可能である。修復パスは、専用であるため、１次パスが提供されサービスが永久にその上にブリッジされると同時に提供されてよい。パスの一端にパーマネントブリッジがあり他端にセレクタ機能があることにより、リンクのような修復スピード（すなわち、５０ミリ秒）を達成することができる。
【００８５】
修復可能パスの切断
時に、例えば顧客のサービスが切断される場合等、障害および性能劣化の無い修復可能１次パスを除去することが必要である。しかしながら、１次パスに沿った個々のクロスコネクトを除去することにより修復可能パスをテイクダウンしようとする試みにより、末端ノードが修復パスをセットアップするためにシグナリングを開始する結果となる可能性が高い。このため、修復ノードは、クロスコネクトが修復可能パスの一部である場合、ノードにおいて個々のクロスコネクトを除去する技術者が生成したコマンドを拒否しなければならない。
【００８６】
代りに、修復可能パスを除去するために、誤接続を除去するための上述したシグナリング技術が使用されなければならない。しかしながら、この場合、シグナリングは、パス末端ノードの１つに入るパス、例えばＲＭ－Ｐａｔｈ＃７を除去する技術者のコマンドによってトリガされる。末端ノードは、修復シグナリングがトリガされないようにパス上にフラグを立て、その後テーブルルックアップを行ってパス上の次のノードを決定することにより、Ｐａｔｈ＃７の除去のプロセスを開始する。クロスコネクトのシグナリングおよび除去は、誤接続の除去に対して述べたものと同じ方法で進行することができる。
【００８７】
修復ノード上の複数の置換可能パスに対する機能
複数置換可能パスシグナリングアーキテクチャを使用してリアルタイムノード間シグナリングのための上述した機能を提供するために、修復ノードの機能は、以下の能力を含んでいなければならない。すなわち、
（ｉ）上述したように、末端ノードにおいてパス故障を監視すること。
（ｉｉ）ＳＯＮＥＴパスポインタおよびオーバヘッドバイトの確立／配置を含む、２つの修復ノード間の修復帯域幅でのシグナリングに使用されるＳＯＮＥＴパスを発生し終端すること。これらＳＯＮＥＴパスは、帯域幅を占有する修復パスが無い場合、修復（または予備）帯域幅においてアクティブでなければならない。
（ｉｉｉ）上述したシグナリングパスに対しリアルタイム修復シグナリングメッセージを

送信する目的で、パスユーザチャネル（Ｐａｔｈ　Ｕｓｅｒ　Ｃｈａｎｎｅｌ）（Ｆ２）かまたは他の許容できるパスオーバヘッドバイトに対し、あるいはパスペイロードに対し、読出しおよび書込みアクセスを提供すること、
（ｉｖ）集中して行われた事前計算からかまたは分散された事前計算からダウンロードされるデータを使用して、シグナリングルーティングテーブルおよび他の修復テーブルを組込み配置すること。
（ｖ）受信されたメッセージの内容と後続するルーティングテーブルルックアップとに基づき、リアルタイム修復パスセットアップメッセージをルーティングすること。
（ｖｉ）パスを除去しそれらの除去を確認するメッセージと、ＳＯＮＥＴセクションＤＣＣ上でＯＳＩを使用してこれらメッセージをルーティングするメッセージと、を作成すること。
（ｖｉｉ）内部的に、受信されたシグナリングメッセージの内容と後続する修復テーブルルックアップから取得される情報に基づいて、クロスコネクトまたは切断コマンドを生成し、そのコマンドを待ち行列に入れ実行すること。
（ｖｉｉｉ）末端ノードの場合、修復されている１次パスの識別を修復パスのパス追跡（Ｊ１－バイト）に送ること。
（ｉｘ）末端ノードの場合、受信された方向に修復パス追跡を監視し、それを、故障したかまたは劣化したパスの成功した修復に対する場合と同様に、誤接続および他の異常の例に対し送信されたパス追跡と比較すること。
（ｘ）末端ノードの場合、誤接続の場合にバックアウト手続きを開始すること。
（ｘｉ）末端ノードの場合、ユーザインタフェースからのコマンドに基づきパスの除去を開始すること。
（ｘｉｉ）本明細書において上述したように、優先度処理を提供すること。
【００８８】
本明細書において示し述べた実施の形態および変形は、本発明の原理を単に例示するものであるということと、当業者により、本発明の範囲および精神を逸脱することなく種々の変更が実現されてよいということと、は理解されなければならない。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明が動作することのできる一例としてのネットワークにおける２つのクライアント機器（ＣＥ）装置間のＳＯＮＥＴパスを示す図である。
【図２】ａは双方向パスの一部におけるリンク故障を示す図である。ｂは双方向パスの一部におけるノード故障を示す図である。
【図３】ＳＯＮＥＴネットワークにおける１＋１パス保護（Ｐａｔｈ　Ｐｒｏｔｅｃｔｉｏｎ）を示す図である。
【図４】本発明が動作することのできる一例としてのＳＯＮＥＴネットワークを示す図である。
【図５】図４のネットワークからのノードの１つを示す図である。
【図６】所定のパスに沿って、送信の両方向に影響する故障に応じたネットワーク要素によるメンテナンス信号の発行を示す図である。
【図７】本発明に従ってパスオーバヘッドまたはペイロードを使用するシグナリングパスに沿った事前計算されたパス情報のシグナリングを示す図である。

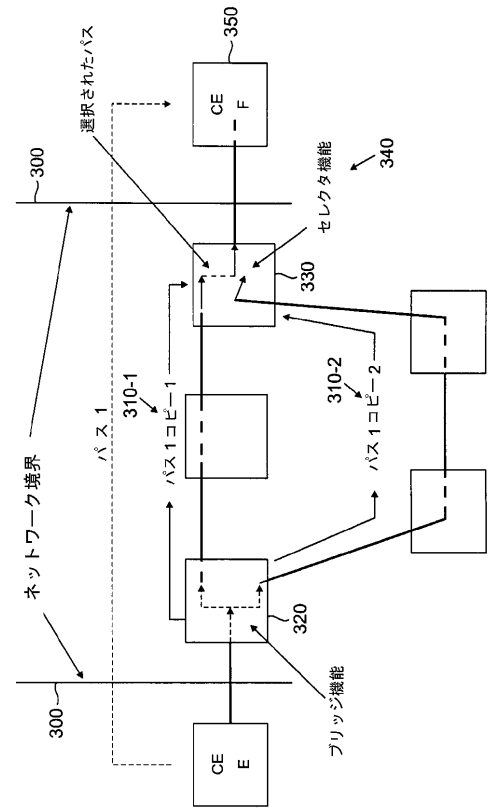
【図１】


SONET ネットワーク境界
100
CE E
120
CE F
130
DCS A
DCS B
DCS C
ラインEA
ラインAB
ラインBC
ラインCF
パス１
110

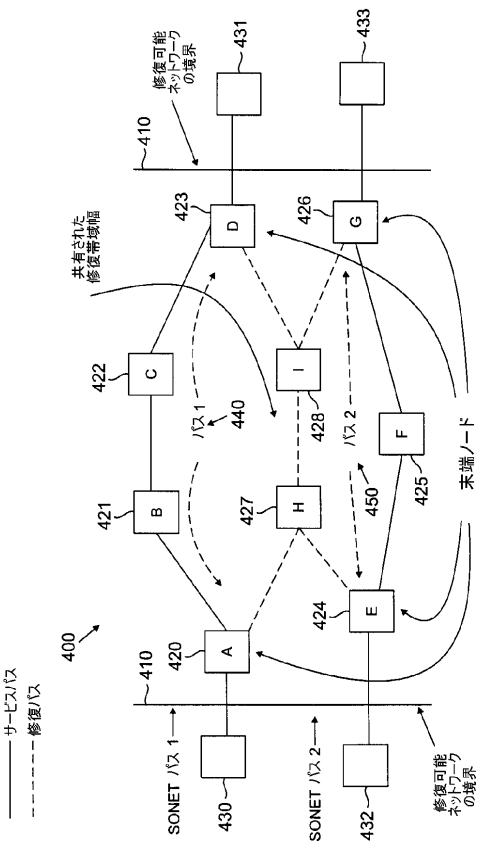
【図２】


CE E
CE F
DCS A
DCS B
DCS C
ラインEA
ラインAB
ラインBC
ラインCF
パス１
210
a
b

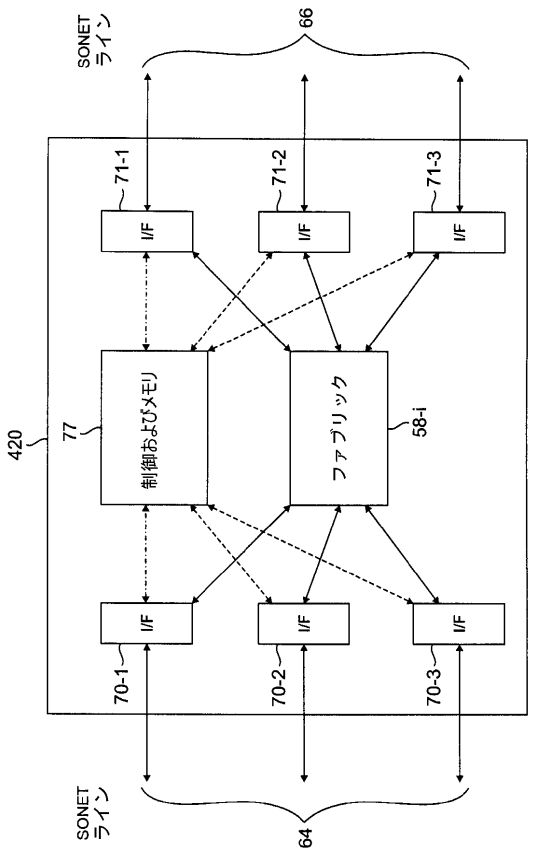
【図３】


ネットワーク境界
300
選択されたパス
パス１
310-1
パス１コピー１
310-2
パス１コピー２
CE E
CE F
350
セレクタ機能
340
330
320
ブリッジ機能

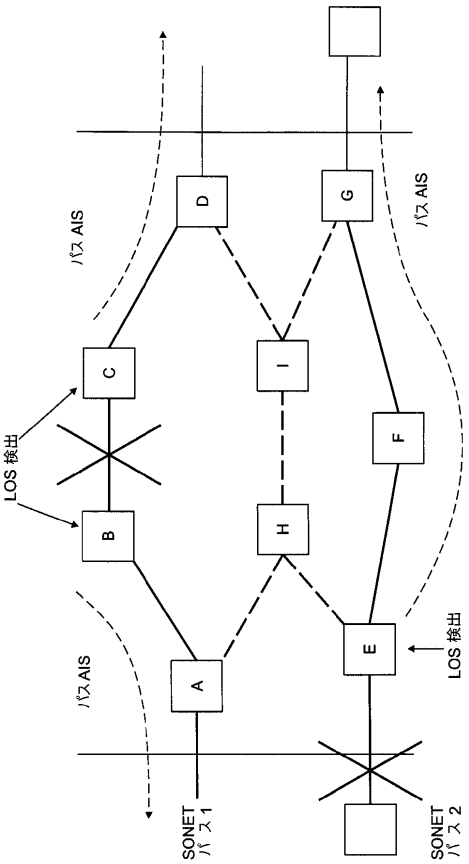
【図４】


サービスパス
修復パス
400
410
修復可能ネットワークの境界
共有された修復帯域幅
420
421
422
423
424
425
426
427
428
431
433
A
B
C
D
E
F
G
H
I
パス１
440
パス２
450
末端ノード
SONET パス１
SONET パス２
430
432

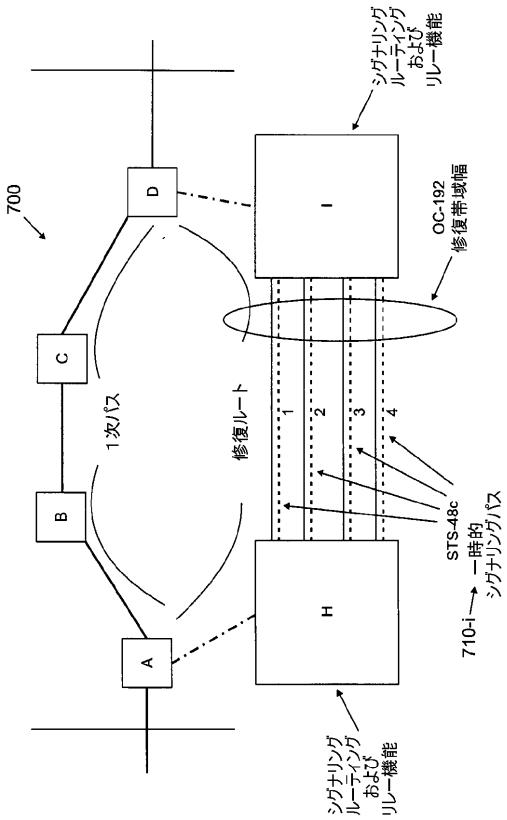
【図５】


SONET
ライン
66
71-1
71-2
71-3
I/F
420
77
制御およびメモリ
ファブリック
58-i
70-1
70-2
70-3
SONET
ライン
64

【図６】


パス AIS
LOS 検出
SONET
パス 1
SONET
パス 2

【図７】


700
シグナリング
ルーティング
および
リレー機能
OC-192
修復帯域幅
1次パス
修復ルート
STS-48c
一時的
シグナリングパス
710-i
シグナリング
ルーティング
および
リレー機能

フロントページの続き

(74)代理人 100096688
弁理士 本宮 照久
(74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
(72)発明者 ユーフェイ ウォン
アメリカ合衆国 ０７７３３ ニュージャーシィ，ホルムデル，ムルベリー レーン ２３
(72)発明者 オデッド ハウザー
アメリカ合衆国 ニュージャーシィ，オールド ブリッジ，ドッグウッド サークル ４
(72)発明者 パラマシヴィア ハーシャヴァーダーナ
アメリカ合衆国 ０７７４６ ニュージャーシィ，マールボロ，セイラム コート １１
(72)発明者 フランク エヌ．ヒュジバー
アメリカ合衆国 ０８６１９ ニュージャーシィ，マーサーヴィル，ディーコン ドライヴ ９５
(72)発明者 ランドルフ ロイ カッツ
アメリカ合衆国 ０７７３１ ニュージャーシィ，ホーウェル，ブリステルコーン ドライヴ １６
(72)発明者 キャシー ヘレン ジーマ
アメリカ合衆国 ０７７１２ ニュージャーシィ，オーシャン，チューダー ドライヴ ２４

合議体
審判長 竹井 文雄
審判官 柳下 勝幸
審判官 石井 研一

(56)参考文献 N. Agrawal et al., Demonstration of distributed mesh restoration and auto-provisioning a WDM network using a large optical cross-connect, IEEE Optical Fiber Communication Conference 2000, 2000年 3月10日, vol. 4, pp. 278-280

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
H04L12/56