

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5747281号
(P5747281)

(45) 発行日 平成27年7月15日(2015.7.15)

(24) 登録日 平成27年5月22日(2015.5.22)

(51) Int. Cl. F I
HO4L 12/711 (2013.01) HO4L 12/711
HO4L 12/715 (2013.01) HO4L 12/715
HO4L 12/717 (2013.01) HO4L 12/717

請求項の数 15 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2011-222683 (P2011-222683)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成23年10月7日(2011.10.7)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2013-85061 (P2013-85061A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成25年5月9日(2013.5.9)	(74) 代理人	100114236
審査請求日	平成26年5月13日(2014.5.13)		弁理士 藤井 正弘
		(74) 代理人	100075513
			弁理士 後藤 政喜
		(74) 代理人	100120260
			弁理士 飯田 雅昭
		(72) 発明者	藤平 健二
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所 中央研究所内
		(72) 発明者	高瀬 誠由
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所 中央研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信システム、通信方法、及び、網管理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の通信装置と、前記各通信装置に接続される網管理装置とを備える通信システムであって、

前記各通信装置は、複数のエリアに分類され、

前記各エリアは、前記各エリアを通過する現用パスが前記各エリアにおいて最初に通過する前記通信装置であるエッジノードと最後に通過する前記通信装置であるエッジノードとを含み、

前記網管理装置は、

プロセッサとメモリとインタフェースとを備え、

前記各エリアを示す値と、前記各エリアに障害が発生したか否かを示す値と、を含む障害情報を、前記メモリに保持し、

前記現用パスが通過する複数のエッジノードを示す値と、前記現用パスが通過するエリアを示す値と、前記現用パスが通過するエリアに障害が発生した際に迂回パスが探索される代替エリアを示す値と、前記代替エリアが探索される順番を示す優先度と、を含む迂回パス情報を、前記メモリに保持し、

前記障害情報に基づいて、前記エリアに障害が発生したか否かを判定し、

前記判定の結果、第1の前記エリアに障害が発生したと判定された場合、前記迂回パス情報に基づいて、前記第1のエリアの代替エリアを特定し、

前記障害情報に基づいて、前記特定された第1のエリアの代替エリアに障害が発生した

10

20

か否かを判定し、

前記判定の結果、前記特定された第1のエリアの代替エリアに障害が発生していないと判定された場合、前記迂回パス情報に基づいて、前記特定された第1のエリアの代替エリアに含まれる二つのエッジノード間で、迂回パスを探索し、

前記探索した迂回パスを新たな現用パスとして開通することを特徴とする通信システム。

【請求項2】

前記網管理装置は、

前記割り当てられた優先度が高いことを示す程、当該優先度が割り当てられた代替エリアを、前記障害が発生した各エリアの代替エリアに特定し、

前記迂回パス情報に値が追加された前記代替エリアと同じ代替エリアの値が既に含まれる場合、前記迂回パス情報に含まれる前記各代替エリアに割り当てられた優先度に基づいて、前記各代替エリアに割り当てられた優先度の総和を算出し、

前記算出された優先度の総和が均等になるように、前記値が追加された代替エリアに割り当てる優先度を決定することを特徴とする請求項1に記載の通信システム。

【請求項3】

前記網管理装置は、

前記各通信装置が障害であるか否かを示す通知を受信し、

前記各エリアに含まれる通信装置の数と、前記各エリアに含まれる各通信装置のうち障害である前記通信装置の数と、あらかじめ定められた第1の閾値とを含む、判定情報を前記メモリに保持し、

前記第1のエリアに含まれる通信装置の数によって、前記第1のエリアに含まれる各通信装置のうち障害である通信装置の数を除算することによって、第1の割合を算出し、

前記第1の割合と、前記第1の閾値とを比較した結果、前記第1の割合が前記第1の閾値よりも大きい場合、前記第1のエリアに障害が発生したことを示す値を、前記障害情報に含めることを特徴とする請求項2に記載の通信システム。

【請求項4】

前記網管理装置は、前記現用パスが障害であるか否かを示す通知を受信し、

前記判定情報は、前記各エリアを通過する前記現用パスの数と、前記各エリアを通過する現用パスのうち障害である前記現用パスの数と、あらかじめ定められた第2の閾値とを含み、

前記網管理装置は、

前記第1のエリアを通過する現用パスの数によって、前記第1のエリアを通過する現用パスのうち障害である現用パスの数を除算することによって、第2の割合を算出し、

前記第2の割合と、前記第2の閾値とを比較した結果、前記第2の割合が前記第2の閾値よりも大きい場合、前記第1のエリアに障害が発生したことを示す値を、前記障害情報に含めることを特徴とする請求項3に記載の通信システム。

【請求項5】

前記判定情報は、前記現用パスの数と、前記現用パスのうち障害である現用パスの数と、あらかじめ定められた第3の閾値とを含み、

前記網管理装置は、

前記現用パスから前記第1のエリアを通過する第2の現用パスを抽出し、

前記第1のエリアを通過する前記第2の現用パスの数によって前記第1のエリアを通過する第2の現用パスのうち障害である第2の現用パスの数を除算することによって、第3の割合を算出し、

前記第3の割合と、前記第3の閾値とを比較した結果、前記第3の割合が前記第3の閾値よりも大きい場合、前記第1のエリアに障害が発生したことを示す値を、前記障害情報に含めることを特徴とする請求項3に記載の通信システム。

【請求項6】

前記各エリアは、複数のエリア群に分類され、

10

20

30

40

50

前記障害情報は、前記各エリア群を示す値と、前記各エリア群に障害が発生したか否かを示す値と、を含み、

前記迂回パス情報は、前記現用パスが通過する各エリアの第1の代替エリアを示す値と、前記現用パスが通過する前記各エリア群を示す値と、前記現用パスが通過する各エリア群の代替エリア群を示す値と、前記第1の代替エリア及び前記代替エリア群に割り当てられた優先度とを、含み、

前記第1の代替エリアは、前記現用パスが通過する各エリアが含まれる前記各エリア群に分類され、

前記網管理装置は、

前記判定の結果、前記第1のエリアに障害が発生したと判定された場合、前記迂回パス情報に基づいて、前記第1のエリアの第1の代替エリアを特定し、

前記障害情報に基づいて、前記特定された第1のエリアの第1の代替エリアに障害が発生したか否かを判定し、

前記判定の結果、前記特定された第1のエリアの第1の代替エリアに障害が発生したと判定された場合、前記迂回パス情報に基づいて、前記第1のエリアが含まれる第1の前記エリア群の代替エリア群を特定し、

前記障害情報に基づいて、前記特定された第1のエリア群の代替エリア群に障害が発生したか否かを判定し、

前記判定の結果、前記特定された第1のエリア群の代替エリア群に障害が発生していないと判定された場合、前記第1のエリア群の代替エリア群を、前記現用パスが通過する第2の前記エリア群に決定し、

前記迂回パス情報に基づいて、前記第2のエリア群に含まれる二つのエッジノードを決定することを特徴とする請求項1に記載の通信システム。

【請求項7】

複数の通信装置と、前記各通信装置に接続される網管理装置とを備える通信システムによる通信方法であって、

前記各通信装置は、複数のエリアに分類され、

前記各エリアは、前記各エリアを通過する現用パスが前記各エリアにおいて最初に通過する前記通信装置であるエッジノードと最後に通過する前記通信装置であるエッジノードとを含み、

前記網管理装置は、プロセッサとメモリとインタフェースとを備え、

前記方法は、

前記メモリが、前記各エリアを示す値と、前記各エリアに障害が発生したか否かを示す値と、を含む障害情報を、保持し、

前記メモリが、前記現用パスが通過する複数のエッジノードを示す値と、前記現用パスが通過するエリアを示す値と、前記現用パスが通過するエリアに障害が発生した際に迂回パスが探索される代替エリアを示す値と、前記代替エリアが探索される順番を示す優先度と、を含む迂回パス情報を、保持し、

前記プロセッサが、前記障害情報に基づいて、前記エリアに障害が発生したか否かを判定し、

前記プロセッサが、前記判定の結果、第1の前記エリアに障害が発生したと判定された場合、前記迂回パス情報に基づいて、前記第1のエリアの代替エリアを特定し、

前記プロセッサが、前記障害情報に基づいて、前記特定された第1のエリアの代替エリアに障害が発生したか否かを判定し、

前記プロセッサが、前記判定の結果、前記特定された第1のエリアの代替エリアに障害が発生していないと判定された場合、前記迂回パス情報に基づいて、前記特定された第1のエリアの代替エリアに含まれる二つのエッジノード間で、迂回パスを探索し、

前記プロセッサが、前記探索した迂回パスを新たな現用パスとして開通することを特徴とする通信方法。

【請求項8】

10

20

30

40

50

前記方法は、

前記プロセッサが、前記割り当てられた優先度が高いことを示す程、当該優先度が割り当てられた代替エリアを、前記障害が発生した各エリアの代替エリアに特定し、

前記プロセッサが、前記迂回パス情報に値が追加された前記代替エリアと同じ代替エリアの値が既に含まれる場合、前記迂回パス情報に含まれる前記各代替エリアに割り当てられた優先度に基づいて、前記各代替エリアに割り当てられた優先度の総和を算出し、

前記プロセッサが、前記算出された優先度の総和が均等になるように、前記値が追加された代替エリアに割り当てる優先度を決定することを特徴とする請求項 7 に記載の通信方法。

【請求項 9】

10

前記方法は、

前記インタフェースが、前記各通信装置が障害であるか否かを示す通知を受信し、

前記メモリが、前記各エリアに含まれる通信装置の数と、前記各エリアに含まれる各通信装置のうち障害である前記通信装置の数と、あらかじめ定められた第 1 の閾値とを含む、判定情報を前記メモリに保持し、

前記プロセッサが、前記第 1 のエリアに含まれる通信装置の数によって、前記第 1 のエリアに含まれる各通信装置のうち障害である通信装置の数を除算することによって、第 1 の割合を算出し、

前記プロセッサが、前記第 1 の割合と、前記第 1 の閾値とを比較した結果、前記第 1 の割合が前記第 1 の閾値よりも大きい場合、前記第 1 のエリアに障害が発生したことを示す値を、前記障害情報に含めることを特徴とする請求項 8 に記載の通信方法。

20

【請求項 10】

前記方法は、前記インタフェースが、前記現用パスが障害であるか否かを示す通知を受信し、

前記判定情報は、前記各エリアを通過する前記現用パスの数と、前記各エリアを通過する現用パスのうち障害である前記現用パスの数と、あらかじめ定められた第 2 の閾値とを含む、

前記方法は、

前記プロセッサが、前記第 1 のエリアを通過する現用パスの数によって、前記第 1 のエリアを通過する現用パスのうち障害である現用パスの数を除算することによって、第 2 の割合を算出し、

30

前記プロセッサが、前記第 2 の割合と、前記第 2 の閾値とを比較した結果、前記第 2 の割合が前記第 2 の閾値よりも大きい場合、前記第 1 のエリアに障害が発生したことを示す値を、前記障害情報に含めることを特徴とする請求項 9 に記載の通信方法。

【請求項 11】

前記判定情報は、前記現用パスの数と、前記現用パスのうち障害である現用パスの数と、あらかじめ定められた第 3 の閾値とを含む、

前記方法は、

前記プロセッサが、前記現用パスから前記第 1 のエリアを通過する第 2 の現用パスを抽出し、

40

前記プロセッサが、前記第 1 のエリアを通過する前記第 2 の現用パスの数によって前記第 1 のエリアを通過する第 2 の現用パスのうち障害である第 2 の現用パスの数を除算することによって、第 3 の割合を算出し、

前記プロセッサが、前記第 3 の割合と、前記第 3 の閾値とを比較した結果、前記第 3 の割合が前記第 3 の閾値よりも大きい場合、前記第 1 のエリアに障害が発生したことを示す値を、前記障害情報に含めることを特徴とする請求項 9 に記載の通信方法。

【請求項 12】

前記各エリアは、複数のエリア群に分類され、

前記障害情報は、前記各エリア群を示す値と、前記各エリア群に障害が発生したか否かを示す値と、を含む、

50

前記迂回パス情報は、前記現用パスが通過する各エリアの第1の代替エリアを示す値と、前記現用パスが通過する前記各エリア群を示す値と、前記現用パスが通過する各エリア群の代替エリア群を示す値と、前記第1の代替エリア及び前記代替エリア群に割り当てられた優先度とを、含み、

前記第1の代替エリアは、前記現用パスが通過する各エリアが含まれる前記各エリア群に分類され、

前記方法は、

前記プロセッサが、前記判定の結果、前記第1のエリアに障害が発生したと判定された場合、前記迂回パス情報に基づいて、前記第1のエリアの第1の代替エリアを特定し、

前記プロセッサが、前記障害情報に基づいて、前記特定された第1のエリアの第1の代替エリアに障害が発生したか否かを判定し、

前記プロセッサが、前記判定の結果、前記特定された第1のエリアの第1の代替エリアに障害が発生したと判定された場合、前記迂回パス情報に基づいて、前記第1のエリアが含まれる第1の前記エリア群の代替エリア群を特定し、

前記プロセッサが、前記障害情報に基づいて、前記特定された第1のエリア群の代替エリア群に障害が発生したか否かを判定し、

前記プロセッサが、前記判定の結果、前記特定された第1のエリア群の代替エリア群に障害が発生していないと判定された場合、前記第1のエリア群の代替エリア群を、前記現用パスが通過する第2の前記エリア群に決定し、

前記プロセッサが、前記迂回パス情報に基づいて、前記第2のエリア群に含まれる二つのエッジノードを決定することを特徴とする請求項7に記載の通信方法。

【請求項13】

複数の通信装置に接続される網管理装置であって、

前記各通信装置は、複数のエリアに分類され、

前記各エリアは、前記各エリアを通過する現用パスが前記各エリアにおいて最初に通過する前記通信装置であるエッジノードと最後に通過する前記通信装置であるエッジノードとを含み、

前記網管理装置は、

プロセッサとメモリとインタフェースとを備え、

前記各エリアを示す値と、前記各エリアに障害が発生したか否かを示す値と、を含む障害情報を、前記メモリに保持し、

前記現用パスが通過する複数のエッジノードを示す値と、前記現用パスが通過するエリアを示す値と、前記現用パスが通過するエリアに障害が発生した際に迂回パスが探索される代替エリアを示す値と、前記代替エリアが探索される順番を示す優先度と、を含む迂回パス情報を、前記メモリに保持し、

前記障害情報に基づいて、前記エリアに障害が発生したか否かを判定し、

前記判定の結果、第1の前記エリアに障害が発生したと判定された場合、前記迂回パス情報に基づいて、前記第1のエリアの代替エリアを特定し、

前記障害情報に基づいて、前記特定された第1のエリアの代替エリアに障害が発生したか否かを判定し、

前記判定の結果、前記特定された第1のエリアの代替エリアに障害が発生していないと判定された場合、前記迂回パス情報に基づいて、前記特定された第1のエリアの代替エリアに含まれる二つのエッジノード間で、迂回パスを探索し、

前記探索した迂回パスを新たな現用パスとして開通することを特徴とする網管理装置。

【請求項14】

前記網管理装置は、

前記割り当てられた優先度が高いことを示す程、当該優先度が割り当てられた代替エリアを、前記障害が発生した各エリアの代替エリアに特定し、

前記迂回パス情報に値が追加された前記代替エリアと同じ代替エリアの値が既に含まれる場合、前記迂回パス情報に含まれる前記各代替エリアに割り当てられた優先度に基づい

10

20

30

40

50

て、前記各代替エリアに割り当てられた優先度の総和を算出し、

前記算出された優先度の総和が均等になるように、前記値が追加された代替エリアに割り当てる優先度を決定することを特徴とする請求項 1 3 に記載の網管理装置。

【請求項 1 5】

前記網管理装置は、

前記各通信装置が障害であるか否かを示す通知を受信し、

前記各エリアに含まれる通信装置の数と、前記各エリアに含まれる各通信装置のうち障害である前記通信装置の数と、あらかじめ定められた第 1 の閾値とを含む、判定情報を前記メモリに保持し、

前記第 1 のエリアに含まれる通信装置の数によって、前記第 1 のエリアに含まれる各通信装置のうち障害である通信装置の数を除算することによって、第 1 の割合を算出し、

前記第 1 の割合と、前記第 1 の閾値とを比較した結果、前記第 1 の割合が前記第 1 の閾値よりも大きい場合、前記第 1 のエリアに障害が発生したことを示す値を、前記障害情報に含めることを特徴とする請求項 1 4 に記載の網管理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ネットワークを介してフレームを転送する通信システムに関し、特に、データ配信におけるプロテクション技術を用いた通信システムに関する。

【背景技術】

【0002】

企業内ネットワークにおいて流通する情報量は年々増加しており、企業向け通信サービスの重要性がますます高まっている。この状況を受け、通信事業者は、ユーザである企業を対象に、複数拠点に配置された企業内 LAN (Local Area Network) 同士を接続するための通信網を敷設し、企業毎に帯域を確保する帯域保証型サービスを提供している。

【0003】

一例として、予め帯域を確保されたパスをエンド・トゥー・エンドで確立することによって、帯域保証を実現する MPLS - TP (Multi Protocol Label Switching - Transport Profile) を適用した通信システムの導入が進められている。

【0004】

企業を対象とした通信サービスの需要の高まりと、重要データを確実に通信する必要性の高まりとによって、帯域保証型サービスには、大規模な広域障害発生時においても、通信経路を切り替えて重要通信を継続する信頼性が求められる。さらに、広域障害時には多数の通信が同時に切れることが多く、通信を迅速に復旧させるためには通信経路切替処理によるシステム負荷を削減することが求められる。

【0005】

そこで、災害時に網内において障害が検出された場合、網トポロジー情報に基づいて周辺被疑区間 (障害が発生していると予想されるが、警報等の通知が未検出である区間) の疎通確認 (Ping) を実施することによって、障害区間を特定し、さらに、高優先通信から順番に復旧することによって、通信サービスを継続する技術が提案されている (例えば、特許文献 1、及び、特許文献 2 参照)。

【0006】

さらに、制御装置がフェムトセル基地局をグループ化して管理し、グループ配備基地局数に対する故障基地局数の割合が予め定められた閾値を超えた場合のみに網管理装置へ通知することによって、制御装置の通知処理負荷を削減する技術が提案されている (例えば、特許文献 3 参照)。

【0007】

また、迂回経路の探索方法には、経路計算装置が発側から着側までの中継エリアとその

10

20

30

40

50

境界ノードとを管理し、各エリア内の経路を計算する技術が提案されている（例えば、特許文献4、及び特許文献5参照）。特許文献4及び特許文献5に記載された経路計算装置は、各エリア内の経路のみを計算することによって、網全体のトポロジー情報を収集することなく、経路探索を可能とする。

【0008】

また、特許文献4及び特許文献5に記載された経路計算装置は、経路探索の際に中継エリアを選択し、該当中継エリア内で条件を満たす経路を探索する。条件を満たす経路が見つからない場合は、別の中継エリアを選択し、再度条件を満たす経路を探索する。経路計算装置は、条件を満たす経路が見つかるまで、前述の処理を繰り返す。

【0009】

さらに、現用経路と予備経路との組合せからなる冗長経路が設定されているエリアを、通信装置が管理する技術が提案されている（例えば、特許文献6参照）。予備経路は、予め通信可能な開通状態であり、現用経路において通信障害が発生した時に通信装置が予備経路に通信経路を切り替える。通信装置は、現用経路と予備経路の両方において障害を検出した場合には、冗長経路のエリアとは異なるエリアに迂回経路を設定する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2008-061196号公報

【特許文献2】特許04676937号公報

【特許文献3】特開2009-231861号公報

【特許文献4】特開2009-060673号公報

【特許文献5】特開2005-252368号公報

【特許文献6】特開2006-340058号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

MPLS-TP網によって提供される通信サービスは、ユーザである企業を提供対象に含み、重要データを通信するサービスを提供する。このため、広域災害によってMPLS-TP網の通信インフラに障害が発生した場合においても、重要データを通信するサービス断時間を削減し、かつ、確実にサービスを継続する信頼性が求められる。

【0012】

しかし、現用経路とは別の予備経路を予め開通し、現用経路と予備経路とを通信可能な状態としておいたとしても、広域災害時に、現用経路と予備経路との両方において同時に障害が発生した場合、予備経路への切替によるサービス継続ができないという課題があった。

【0013】

さらに、網管理装置及び通信装置は、障害を検出した通信経路の迂回経路探索と、探索された迂回経路の開通処理とによるサービスの復旧処理を行う。しかし、広域災害時において、同時発生する多数の通信経路障害に対して復旧処理を行う網管理装置の負荷の増大が課題であった。

【0014】

特許文献4、特許文献5、及び、特許文献6に記載の技術は、網内を複数の通信装置によって構成されるエリアに分割し、迂回経路の経由エリアを指定する。しかし、特許文献4、特許文献5、及び、特許文献6に記載の技術は、障害エリアを迂回経路の探索対象外としない。このため、障害エリアにおける迂回経路探索処理を行うことによって、余分に探索時間が費やされる。その結果、余分な探索時間の間、重要データを通信するサービス断が発生するという課題があった。さらに、網管理装置が障害エリアを対象に迂回経路を探索することによって、網管理装置の処理負荷が高まるという課題があった。

【0015】

10

20

30

40

50

また、特許文献 4、特許文献 5、及び、特許文献 6 に記載の技術は、網管理装置が通信経路の各経由エリアと迂回経路の経由エリアとを対応させる情報を管理しないため、迂回経路を網管理装置が探索する際に探索対象に偏りが生じる。その結果、帯域不足など条件を満たさないことによる探索失敗が繰り返され、迂回経路の経由エリアの選択を余分に実行する必要がある。その結果、網管理装置が余分な経由エリアを対象とした迂回経路探索を実行することによって、探索時間の間、重要データを通信するサービス断が発生するという課題があった。さらに、網管理装置が余分なエリアを対象に迂回経路を探索することによって、網管理装置の処理負荷が高まるという課題があった。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明の代表的な一例を示せば以下の通りである。すなわち、複数の通信装置と、前記各通信装置に接続される網管理装置とを備える通信システムであって、前記各通信装置は、複数のエリアに分類され、前記各エリアは、前記各エリアを通過する現用パスが前記各エリアにおいて最初に通過する前記通信装置であるエッジノードと最後に通過する前記通信装置であるエッジノードとを含み、前記網管理装置は、プロセッサとメモリとインタフェースとを備え、前記各エリアを示す値と、前記各エリアに障害が発生したか否かを示す値と、を含む障害情報を、前記メモリに保持し、前記現用パスが通過する複数のエッジノードを示す値と、前記現用パスが通過するエリアを示す値と、前記現用パスが通過するエリアに障害が発生した際に迂回パスが探索される代替エリアを示す値と、前記代替エリアが探索される順番を示す優先度と、を含む迂回パス情報を、前記メモリに保持し、前記障害情報に基づいて、前記エリアに障害が発生したか否かを判定し、前記判定の結果、第 1 の前記エリアに障害が発生したと判定された場合、前記迂回パス情報に基づいて、前記第 1 のエリアの代替エリアを特定し、前記障害情報に基づいて、前記特定された第 1 のエリアの代替エリアに障害が発生したか否かを判定し、前記判定の結果、前記特定された第 1 のエリアの代替エリアに障害が発生していないと判定された場合、前記迂回パス情報に基づいて、前記特定された第 1 のエリアの代替エリアに含まれる二つのエッジノード間で、迂回パスを探索し、前記探索した迂回パスを新たな現用パスとして開通する。

【発明の効果】

【0017】

本発明の一実施形態によると、広域災害時に、重要通信のサービス断時間を削減し、かつ、迂回経路を探索する制御装置の負荷を削減する。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態の通信システムを示すブロック図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施形態の網管理装置の物理的な構成と機能とを示すブロック図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施形態のノードの物理的な構成と機能とを示すブロック図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施形態のエリア状態表を示す説明図である。

【図 5】本発明の第 1 の実施形態の迂回パス探索表を示す説明図である。

【図 6】本発明の第 1 の実施形態のパス優先度表を示す説明図である。

【図 7】本発明の第 1 の実施形態のエリア毎のエリア障害判定表を示す説明図である。

【図 8】本発明の第 1 の実施形態の現用パス毎のエリア障害判定表を示す説明図である。

【図 9】本発明の第 1 の実施形態の迂回パス探索表を更新する手順を示すシーケンス図である。

【図 10】本発明の第 1 の実施形態の迂回パス探索表を更新する手順を示すフローチャートである。

【図 11】本発明の第 1 の実施形態の広域障害が発生した場合の迂回パスを開通してサービスを継続する手順を示すシーケンス図である。

【図 12】本発明の第 1 の実施形態のエリアの障害判定処理を示すフローチャートである

10

20

30

40

50

。【図13】本発明の第1の実施形態の迂回パスの探索処理及び開通処理を示すフローチャートである。

【図14】本発明の第2の実施形態の低い階層の通信システムを示すブロック図である。

【図15】本発明の第2の実施形態の高い階層の通信システムを示すブロック図である。

【図16】本発明の第2の実施形態のエリア状態表を示す説明図である。

【図17】本発明の第2の実施形態の迂回パス探索表を示す説明図である。

【図18】本発明の第2の実施形態のエリア毎のエリア障害判定表を示す説明図である。

【図19】本発明の第2の実施形態の現用パス毎のエリア障害判定表を示す説明図である

10

。【図20】本発明の第2の実施形態の広域障害が発生した場合の迂回パスを開通してサービスを継続する手順を示すシーケンス図である。

【図21】本発明の第2の実施形態の迂回パスの探索処理及び開通処理を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0019】

本実施形態は、複数のノードを含むエリア毎に障害情報を保持し、エリア毎に迂回パスを探索することによって、障害が発生していないエリアを経由する迂回パスを探索する。

【0020】

以下、本発明の第1の実施形態を添付図面に基づいて説明する。

20

【0021】

図1は、本発明の第1の実施形態の通信システムを示すブロック図である。

【0022】

図1に示す通信システムは、帯域保証網及び網管理装置33を備える。帯域保証網は、複数のノード1~32、及び、ノード群34~41を備える。各ノード1~32は、通信装置(ノード)である。各ノード群34~41には、複数の通信装置(ノード)が含まれる。本実施形態のノードは、スイッチ又はルータ等の機能を備える計算機である。

【0023】

帯域保証網の管理者は、帯域保証網に備わるノード1~32、及び、ノード群34~41を、複数のエリアA~H(NW1~8)に分類して管理する。各エリアA~H(NW1~8)は、ノード、及び、ノード間を接続する物理リンクの集合として定義される集合である。帯域保証網の管理者は、例えば、県単位、地方単位、又は州単位等によって、ノード1~32、及び、ノード群34~41を分類し、分類された結果をエリアA~Hとして定める。

30

【0024】

ノード1~32は、エリアA~Hのエッジに配置されるノード、すなわち、エッジノードである。ノード1~32は、他のエリアのエッジノードと接続する。

【0025】

図1のPath1及びPath2は、エンドユーザの通信データの経路(以下、パスと表記する)である。本実施形態のパスは、少なくとも一つのエリアA~Hを経由する。Path1及びPath2は、エリアBを経由する。

40

【0026】

図1のPath1'及びPath2'は、Path1及びPath2の迂回パスである。Path1'及びPath2'を探索する手順は、図13に後述する。

【0027】

網管理装置33は、帯域保証網におけるパスを定め、帯域保証網に備わる各ノードの状態を監視する計算機である。通信に影響を与える障害を検出した場合、網管理装置33は、迂回パスを探索し、探索結果である迂回パスを開通する。これにより、障害が発生した場合においても、帯域保証網が通信サービスを継続してエンドユーザに提供することが可能となる。

50

【 0 0 2 8 】

第 1 の実施形態において、エリア B 及びエリア H において広域障害が発生した場合、網管理装置 3 3 は、後述する迂回パス探索を実行する。

【 0 0 2 9 】

なお、本実施形態の帯域保証網には、いくつかのノード及びノード群が含まれてもよい。また、本実施形態の帯域保証網の管理者は、いくつかのエリアを定めてもよい。

【 0 0 3 0 】

前述の通り、帯域保証網に備わるノードをエリア単位で分類することによって、エンドユーザのデータが流れているパスにおいて、広域災害に起因する障害が発生した場合、網管理装置 3 3 が迂回パスを探索する対象エリアを限定できる。その結果、迂回パス探索による網管理装置 3 3 の処理負荷を削減できる。さらに、迂回パス探索時間が短縮されることによって、通信サービス断時間を短縮することが可能となる。

10

【 0 0 3 1 】

図 2 は、本発明の第 1 の実施形態の網管理装置 3 3 の物理的な構成と機能とを示すブロック図である。

【 0 0 3 2 】

網管理装置 3 3 は、回線 1 0 1 (1 0 1 a、1 0 1 b)、インタフェース部 (I F) 1 0 2 (1 0 2 a、1 0 2 b)、バス 1 0 3、プロセッサ 1 0 4、メモリ 1 0 5、及び、ハードディスク 1 0 6 を備える。網管理装置 3 3 に備わる各要素は、バス 1 0 3 によって接続される。

20

【 0 0 3 3 】

回線 1 0 1 (1 0 1 a、1 0 1 b) は、帯域保証網に備わるノード 1 ~ 3 2、及びノード群 3 4 ~ 4 1 と接続する。インタフェース部 (I F) 1 0 2 (1 0 2 a、1 0 2 b) は、回線 1 0 1 (1 0 1 a、1 0 1 b) を収容する。

【 0 0 3 4 】

プロセッサ 1 0 4 は、例えば CPU 等の演算装置である。メモリ 1 0 5 は、データ又はプログラムを一時的に保持する記憶領域である。ハードディスク 1 0 6 は、データ又はプログラムを保持する記憶領域である。プロセッサ 1 0 4 が、メモリ 1 0 5 に保持されるプログラムを実行することによって、網管理装置 3 3 の機能が実装される。

30

【 0 0 3 5 】

メモリ 1 0 5 には、SNMP (Simple Network Management Protocol) 通信処理を行うプログラムである SNMP 通信処理部 1 0 7 と、パス管理を行うプログラムであるパス管理部 1 0 8 が記憶される。

【 0 0 3 6 】

SNMP 通信処理部 1 0 7 は、帯域保証網の構成ノード 1 ~ 3 2、及びノード群 3 4 ~ 4 1 との間で SNMP メッセージを送信又は受信する機能を有する。

【 0 0 3 7 】

パス管理部 1 0 8 は、パス設定部 1 1 1、エリア状態管理部 1 0 9、パス探索部 1 1 0、及び、迂回パス探索表設定部 1 1 7 を有する。パス設定部 1 1 1 は、帯域保証網のパスを設定するプログラムである。エリア状態管理部 1 0 9 は、エリア A ~ H (NW 1 ~ 8) の障害状態を管理するプログラムである。

40

【 0 0 3 8 】

パス探索部 1 1 0 は、帯域保証網内に設定可能なパスを探索するプログラムである。迂回パス探索表設定部 1 1 7 は、帯域保証網内の障害発生時に網管理装置 3 3 が迂回パスを探索する際の条件を設定するプログラムである。

【 0 0 3 9 】

ハードディスク 1 0 6 は、エリア状態表 1 1 2、迂回パス探索表 1 1 3、パス優先度表 1 1 4、パス管理表 1 1 5、及び、エリア障害判定表 1 1 6 を有する。

【 0 0 4 0 】

エリア状態表 1 1 2 は、エリア A ~ H (NW 1 ~ 8) の障害状態を示す情報を保持する

50

。

【0041】

迂回パス探索表113は、網管理装置33が帯域保証網内の障害発生時に迂回パスを探索する条件として経路ノードの情報を保持する。パス優先度表114は、帯域保証網内のパス毎に付与される優先度情報を保持する。

【0042】

パス管理表115は、網管理装置33のパス設定部111によって帯域保証網内に開通されたパスのトポロジー情報、及び、設定帯域情報を保持する。エリア障害判定表116は、エリアA～H(NW1～8)の障害有無を判定するための条件として、エリアA～H(NW1～8)内のノード数又は経路パス数と障害判定閾値情報とを保持する。

10

【0043】

なお、網管理装置33は、管理者が各処理部の設定値及びデータを入力するための入出力インタフェース901と接続されてもよい。入出力インタフェース901は、マウス、キーボード、又は、ディスプレイ等の装置である。

【0044】

図3は、本発明の第1の実施形態のノードの物理的な構成と機能とを示すブロック図である。

【0045】

図3に示すノードは、ノード1～32、及び、ノード群34～41に含まれるノードである。ノードは、回線121(121a、121b)、インタフェース部(IF)122(122a、122b)、バス123、プロセッサ124、メモリ125、及び、ハードディスク126を備える。ノードが備える各要素は、バス123によって接続される。

20

【0046】

回線121(121a、121b)は、帯域保証網の各ノードと接続する。インタフェース部(IF)122(122a、122b)は、回線121(121a、121b)を収容する。

【0047】

プロセッサ124は、例えばCPU等の演算装置である。メモリ125は、データ又はプログラムを一時的に保持する記憶領域である。ハードディスク126は、データ又はプログラムを保持する記憶領域である。プロセッサ124が、メモリ125に保持されるプログラムを実行することによって、ノードの機能が実装される。

30

【0048】

ハードディスク126は、パス設定処理部128によって定められたパスの情報であるパス設定表131を保持する。パス設定表131は、パスの識別子、受信物理ポート番号、送信物理ポート番号、及び、設定帯域を、対応させる情報を保持する。

【0049】

メモリ125には、SNMP通信処理部127、パス設定処理部128、障害検出処理部129、及び、フレーム転送処理部130が記憶される。

【0050】

SNMP通信処理部127は、SNMP通信処理を行うプログラムである。SNMP通信処理部127は、網管理装置33との間でSNMPメッセージを送信又は受信する機能を備える。

40

【0051】

パス設定処理部128は、パスを開通するためのプログラムである。パス設定処理部128は、網管理装置33から指定された方路に従ってパスを開通し、パス設定表131を更新する機能を備える。

【0052】

障害検出処理部129は、障害を検出するプログラムである。障害検出処理部129は、ノードが備えるパッケージカードの障害、物理ポートの障害、及び、ノード自体の障害を検出する機能を有する。

50

【 0 0 5 3 】

さらに、障害検出処理部 1 2 9 は、例えば、定期的パス上で接続を確認するためのフレームを送受信することによって、パス上で通信断が発生した場合にパス障害を検出する機能など、O A M機能によるパス障害検出機能を有する。さらに、障害検出処理部 1 2 9 は、障害検出時に網管理装置 3 3 へ障害情報を通知する機能を有する。

【 0 0 5 4 】

フレーム転送処理部 1 3 0 は、フレームを転送するプログラムである。フレーム転送処理部 1 3 0 は、パス設定処理部 1 2 8 が設定したパスの情報に基づいて、フレームを送受信する機能を有する。

【 0 0 5 5 】

ノードが障害検出処理部 1 2 9 を備えることによって、網管理装置 3 3 は、ノードから障害通知を受信し、帯域保証網内の障害状態を監視することが可能となる。またノードがパス設定処理部 1 2 8 を有することによって、網管理装置 3 3 が探索した結果選択した迂回パスの情報を、ノードがパス設定表 1 3 1 に格納することが可能となる。

【 0 0 5 6 】

なお、本実施形態の網管理装置 3 3 及びノードは、図 2 及び図 3 において各処理部をプログラムによって実装したが、ハードウェアによって実装してもよい。また、各処理部は、一つのプログラム又はハードウェアによって実装されてもよく、一方で、各処理部の処理毎に複数のプログラム又はハードウェアによって実装されてもよい。

【 0 0 5 7 】

図 4 は、本発明の第 1 の実施形態のエリア状態表 1 1 2 を示す説明図である。

【 0 0 5 8 】

エリア状態表 1 1 2 は、エリア A ~ H (N W 1 ~ 8) の障害状態を示す。エリア状態表 1 1 2 は、エリア 4 0 1、及び、状態 4 0 2 を含む。エリア 4 0 1 は、本実施形態の帯域保証網に含まれるエリアを示す。状態 4 0 2 は、各エリアにおいて障害が発生している場合、「障害」を示す。

【 0 0 5 9 】

図 4 に示すエリア状態表 1 1 2 は、エントリ 4 0 3 ~ エントリ 4 1 0 を有し、エリア A ~ H の障害状態を示す。また、網管理装置 3 3 によって、エリア B (N W 2)、及び、エリア H (N W 8) が障害状態と判定され、他のエリア (エリア A (N W 1)、C (N W 3)、D (N W 4)、E (N W 5)、F (N W 6)、及び、G (N W 7)) が正常状態と判定された場合を示す。

【 0 0 6 0 】

エリア状態表 1 1 2 がエリア 4 0 1 毎に障害状態を格納することによって、網管理装置 3 3 は、エリア 4 0 1 が示すエリアの障害状態に従って、迂回パスの探索対象を適切に選択することが可能となる。これによって、網管理装置 3 3 の迂回パス探索処理負荷を削減することが可能となる。さらに、迂回パス探索時間が削減されるため、パス障害が発生してから網管理装置 3 3 が迂回パスを開通するまでのサービス断時間を削減することが可能となる。

【 0 0 6 1 】

図 5 は、本発明の第 1 の実施形態の迂回パス探索表 1 1 3 を示す説明図である。

【 0 0 6 2 】

迂回パス探索表 1 1 3 は、障害であると判定されたエリアの代わりに、いずれのエリアを迂回パスとするかを示す。迂回パス探索表 1 1 3 は、経路エッジノード (変更前) 4 2 1、障害エリア 4 2 2、選択優先度 4 2 3、正常エリア 4 2 4、及び、経路エッジノード (変更後) 4 2 5 を含む。図 5 に示す迂回パス探索表 1 1 3 は、エントリ 4 2 6 ~ 4 3 0 を含む。

【 0 0 6 3 】

経路エッジノード (変更前) 4 2 1 は、迂回パスを開通する前にユーザが通信していたパス (以下、現用パス) の経路エッジノードの組合せを示す。経路エッジノード (変更前

10

20

30

40

50

) 4 2 1 は、ノード 1 ~ 3 2 のうちの四つのノードを示し、現用パスが三つのエリアを通過するために通過するエッジノードを示す。

【 0 0 6 4 】

障害エリア 4 2 2 は、経路エッジノード (変更前) 4 2 1 が示すエッジノードが含まれる三つのエリアのうち、現用パスが二番目に通過するエリアを示す。障害と判定されたエリアを障害エリア 4 2 2 に含むエントリは、障害と判定されたエリアの迂回パスを示す。

【 0 0 6 5 】

選択優先度 4 2 3 は、正常エリア 4 2 4 に示されるエリアが、迂回パスとして探索される順番を示す。本実施形態の選択優先度 4 2 3 は、小さい値であるほど優先度が高く、小さい値であるほど迂回パスとして優先して探索されることを示す。

【 0 0 6 6 】

正常エリア 4 2 4 は、網管理装置 3 3 が迂回パスを探索する際に障害が起きていないことが前提となるエリアを示す。

【 0 0 6 7 】

経路エッジノード (変更後) 4 2 5 は、迂回パスを開通した後に現用パスが通過する経路エッジノードの組合せを示す。経路エッジノード (変更後) 4 2 5 は、経路エッジノード (変更前) 4 2 1 と同じく、ノード 1 ~ 3 2 のうちの四つのノードを示す。

【 0 0 6 8 】

迂回パス探索表 1 1 3 が正常エリア 4 2 4 を保持することによって、網管理装置 3 3 は、障害と判定されたエリアを、迂回パスの探索対象から除外できる。これにより、網管理装置 3 3 の迂回パス探索処理負荷を削減することが可能となる。さらに、迂回パス探索処理時間を削減することが可能となるため、現用パスの障害発生から迂回パス開通までのサービス断時間を削減することが可能となる。

【 0 0 6 9 】

さらに、迂回パス探索表 1 1 3 が選択優先度 4 2 3 を保持することによって、迂回パスとして探索する対象のエリアを、複数の現用パスに、均等に割り当てることが可能となる。これにより、網管理装置 3 3 が開通する迂回パスが均等に複数エリアに割り当てられるため、特定のエリアに通信帯域が集中することを回避できる。その結果、網管理装置 3 3 が迂回パスを探索する際に、帯域不足によって開通不可となり、別エリアを再度検索するケースを削減することが可能となる。これによって、網管理装置 3 3 の迂回パス探索処理負荷を削減でき、さらに、現用パスにおいて障害が発生してから網管理装置 3 3 が迂回パスを現用パスとして開通するまでのサービス断時間を短縮することが可能となる。

【 0 0 7 0 】

図 6 は、本発明の第 1 の実施形態のパス優先度表 1 1 4 を示す説明図である。

【 0 0 7 1 】

パス優先度表 1 1 4 は、障害時に迂回パスを選択する順番を示す。パス優先度表 1 1 4 は、パス ID 4 4 1、及び優先度 4 4 2 を含む。図 6 に示すパス優先度表 1 1 4 は、エントリ 4 4 3 及び 4 4 4 を含む。

【 0 0 7 2 】

パス ID 4 4 1 は、現用パスを一意に識別するための識別子を示す。優先度 4 4 2 は、優先度 4 4 2 が示す値が大きいほど、パス ID 4 4 1 が示す現用パスの優先度が高く、迂回パスを優先して選択されることを示す。例えば、MPLS - TP のパスの場合、パス優先度表 1 1 4 は、TC (Traffic Class) フィールドに設定される 0 ~ 7 の値を優先度 4 4 2 として保持してもよい。

【 0 0 7 3 】

パス優先度表 1 1 4 が、パス ID 4 4 1 が示す現用パスの優先度 4 4 2 を保持することによって、広域災害によって複数の現用パスにおいて同時に障害が発生した場合においても、網管理装置 3 3 は、パス優先度表 1 1 4 を参照し、優先度の高い現用パスから順番に迂回パスを開通し、サービスを復旧できる。これによって、高優先パスのサービス断時間を削減することが可能となる。

10

20

30

40

50

【0074】

また、網管理装置33は、帯域保証網内の帯域リソースが不足していた場合においても、高優先の現用パスに対する迂回パスを優先的に開通し、サービスを継続させることが可能となる。

【0075】

図7は、本発明の第1の実施形態のエリア毎のエリア障害判定表116を示す説明図である。

【0076】

エリア障害判定表116は、エリア461、配備ノード数462、障害ノード数463、及び、エリア障害閾値464を含む。図7に示すエリア障害判定表116は、エントリ453～460を含む。

10

【0077】

エリア461は、帯域保証網に含まれるエリアを示す。配備ノード数462は、各エリアに含まれるノードの総数を示す。障害ノード数463は、各エリアに含まれるノードのうち、障害が検出されたノードの数を示す。

【0078】

エリア障害閾値464は、各エリアに障害が発生したと判定される、配備ノード数462と障害ノード数463との割合である。エリア障害閾値464は、管理者によってあらかじめ定められた値が格納される。

【0079】

網管理装置33は、網管理装置33と各ノードとの間の通信断、ノードからの警報、予め定められた閾値（例えば50%）以上のパッケージカード障害、又は、予め定められた閾値（例えば50%）以上の物理ポート障害等を、各ノードから検出した場合、障害等を検出したノードを障害ノードと判定し、エリア毎に障害ノード数463を算出する。

20

【0080】

なお、網管理装置33は、帯域保証網に含まれるエリアに、いずれのノードが分類されるかを示す情報を、あらかじめ保持する。

【0081】

網管理装置33は、配備ノード数462によって障害ノード数463を除算することによって算出された割合が、エリア障害閾値464を超えた場合、エリア461を障害が発生している障害エリアであると判定する。図7に示すエントリ454及び460は、配備ノード数462に対する障害ノード数463の割合がエリア障害閾値464を超えていることを示すため、網管理装置33は、エリアB（NW2）及びエリアH（NW8）を、障害エリアであると判定する。

30

【0082】

エリア障害判定表116が、エリア461毎に、配備ノード数462、障害ノード数463、及び、エリア障害閾値464を保持することによって、網管理装置33は、エリア毎のノードの障害に基づく障害エリアを判定できる。

【0083】

網管理装置33は、エリア461毎に監視対象ノードを予め無作為に抽出し、抽出されたノードのみを対象としてエリア障害判定表116を生成してもよい。これによって、網管理装置33のエリア障害判定処理負荷を削減することが可能となる。

40

【0084】

図8は、本発明の第1の実施形態の現用パス毎のエリア障害判定表116を示す説明図である。

【0085】

エリア障害判定表116は、エリア481、経由パス数482、障害パス数483、及び、エリア障害閾値484を含む。図8に示すエリア障害判定表116は、エントリ473～480を含む。

【0086】

50

エリア481は、帯域保障網に含まれるエリアを示す。経由パス数482は、各エリアを通過する現用パスの総数を示す。障害パス数483は、各エリアを通過する現用パスのうち、障害が検出された現用パスの数を示す。

【0087】

エリア障害閾値484は、各エリアに障害が発生したと判定される、経由パス数482と障害パス数483との割合である。エリア障害閾値484は、管理者によってあらかじめ定められた値が格納される。

【0088】

網管理装置33は、OAM (Operation Administration and Maintenance) 警報を検出した現用パスを、障害パスであると判定する。例えば、本実施形態の帯域保証網がMPLS-TP網であった場合、MPLS-TP OAMによって規定されるLOC (Loss Of Continuity)、AIS (Alarm Indication Signal)、又はLDI (Link Down Indication)を検出した現用パスを、障害パスと判定する。

10

【0089】

なお、網管理装置33は、帯域保証網を通過するすべての現用パスが、通過するエリア及びノードを示す情報を、あらかじめ保持する。

【0090】

また、本実施形態の帯域保証網がMPLS-TPの場合、本実施形態の帯域保証網は、現用パスとして、LSP (Label Switched Path) 及びLSPによって複数收容されるPW (Pseudo Wire) を備えることが可能である。しかし、この場合、LSPのみをエリア障害判定表116の管理対象とし、各エリアの経由PW数、及び、障害PW数は、エリア障害判定表116における管理対象外とする。これにより、網管理装置33のエリア障害管理処理負荷を削減することが可能となる。

20

【0091】

網管理装置33は、経由パス数482によって障害パス数483を除算することによって算出された割合が、エリア障害閾値484を超えた場合、エリア481を障害が発生している障害エリアであると判定する。図8に示すエントリ474及び480は、経由パス数482に対する障害パス数483の割合がエリア障害閾値484を超えていることを示すため、網管理装置33は、エリアB (NW2) 及びエリアH (NW8) が、障害エリアであると判定する。

30

【0092】

エリア障害判定表116が、エリア481毎に、経由パス数482、障害パス数483、及び、エリア障害閾値484を保持することによって、網管理装置33は、エリア毎にパス通信障害に基づくエリア障害を判定できる。

【0093】

網管理装置33は、エリア481毎に監視対象の現用パスを予め無作為に抽出し、抽出された現用パスのみを対象としてエリア障害判定表116を生成してもよい。これによって、網管理装置33のエリア障害判定処理負荷を削減することが可能となる。

【0094】

また、網管理装置33は、図7に示す配備ノード数462と障害ノード数463とを格納するエリア障害判定表116、及び、図8に示す経由パス数482と障害パス数483とを格納するエリア障害判定表116のうちどちらか一方のみを保持してもよいし、両方を保持してもよい。図7に示すエリア障害判定表116と図8に示すエリア障害判定表116とを保持する場合、網管理装置33は、OR条件又はAND条件をとることによってエリア障害を判定してもよい。

40

【0095】

網管理装置33がエリア状態表112、迂回パス探索表113、及び、エリア障害判定表116を管理することによって、網管理装置33は、広域災害による障害によって運用不可となった現用パスの迂回パスを探索する際に、エリアA~H (NW1~8) の障害状

50

態に従って、適切なエリアから優先的に迂回パスを探索することが可能となる。これによって、迂回パス探索による網管理装置 33 の処理負荷を削減できる。さらに、迂回パス探索時間が短縮されることによって、通信サービス断時間を削減することが可能となる。

【0096】

さらに、網管理装置 33 がパス優先度表 114 を管理することによって、広域災害時に複数の現用パスにおいて同時に障害が発生した際、優先度 442 の高い現用パスから順番に迂回パスを開通することが可能となる。その結果、高優先の現用パスにおいて障害が発生してから迂回パスを開通するまでのサービス断時間が削減される。また、帯域保障網内の帯域リソース不足時においても、高優先の現用パスに対する迂回パスを優先的に開通し、重要なサービスを継続することが可能となる。

10

【0097】

図 9 に示すシーケンスに従って、本実施形態の帯域保証網の管理者が新規の現用パスを設定する際に、網管理装置 33 がパスを開通する手順と迂回パス探索表 113 を更新する手順とを説明する。

【0098】

図 9 は、本発明の第 1 の実施形態の迂回パス探索表 113 を更新する手順を示すシーケンス図である。

【0099】

帯域保証網の管理者は、マウス、キーボード、又は、ディスプレイ等の入出力インタフェース 901 を用いて網管理装置 33 に新規パス情報を入力する(902)。入力された新規パス情報は、新規の現用パスが、帯域保証網において最初及び最後に通過する端点となるノードの識別子、新規の現用パスの帯域、及び、新規の現用パスの優先度を示す情報を少なくとも含む。

20

【0100】

新規パス情報が入力されると、網管理装置 33 のパス設定部 111 は、入力された新規パス情報に基づいて、新規の現用パスが通過するすべてのノードに、パス開通指示を送り、新規の現用パスを開通する(904)。さらに、網管理装置 33 の迂回パス探索表設定部 117 は、新規の現用パスを示すエントリを迂回パス探索表 113 に追加する(905)。

【0101】

シーケンス 905 における迂回パス探索表設定部 117 の処理を、図 10 に示す。

30

【0102】

図 10 は、本発明の第 1 の実施形態の迂回パス探索表 113 を更新する手順を示すフローチャートである。

【0103】

図 10 に示す処理開始(270)後、迂回パス探索表設定部 117 は、新規の現用パスの開通待ち状態(271)となる。迂回パス探索表設定部 117 は、新規の現用パスが開通された場合、新規の現用パスが通過するノードと、エリア A~H(NW1~8)のエッジノード情報とに基づいて、迂回パスとして設定可能なエリア(経路エリア)を抽出する(272)。

40

【0104】

なお、網管理装置 33 は、ノード 1~32 が含まれるエリアを示すエッジノード情報を、あらかじめ保持する。エッジノード情報には、各ノード 1~32 が、いずれのノード 1~32 と接続されるかを示す情報が含まれる。すなわち、エッジノード情報は、各エリアのトポロジ情報を示す。

【0105】

また、ステップ 272 において、迂回パス探索表設定部 117 は、新規の現用パスに関する情報を格納するための迂回パス探索表 113 の新たなエントリを生成する。そして、ステップ 271 において開通された新規の現用パスが通過するノードの情報に従って、迂回パス探索表 113 の新たなエントリの経路エッジノード(変更前) 421、及び障害工

50

リア422に値を格納し、さらに、ステップ272において抽出された経由エリアに従って、新たなエントリの正常エリア424、及び、経由エッジノード(変更後)425に値を格納する。

【0106】

ステップ272の後、迂回パス探索表設定部117は、迂回パス探索表113を参照し、ステップ272において抽出された経由エリア毎に、迂回パス探索表113に設定済みの、抽出された経由エリアを経由するパス(すなわち、経由パス)の数を、選択優先度423の逆数によって重み付けし、さらに重み付けされた経由パスの数の総和を算出する(273)。

【0107】

例えば、ステップ272において、経由エリアにエリアE、エリアG、エリアHが抽出され、迂回パス探索表113が図5に示す迂回パス探索表113であった場合、迂回パス探索表設定部117は、エリアEの選択優先度の総和として、エントリ426及び430を参照し、 $1 \times (1/1) + 1 \times (1/3) = (4/3)$ を算出する。

【0108】

また、迂回パス探索表設定部117は、エリアGの選択優先度の総和として、エントリ427及び429を参照し、 $1 \times (1/2) + 1 \times (1/2) = 1$ を算出する。また、迂回パス探索表設定部117は、エリアHの選択優先度の総和として、エントリ428を参照し、 $1 \times (1/1) = 1$ を算出する。

【0109】

迂回パス探索表設定部117は、選択優先度423の逆数によって重み付けをした選択優先度の総和が少ない経由パスから、新規の現用パスの迂回パスとして定める。すなわち、選択優先度の総和が最も少ない経由パスを正常エリア424に含む新たなエントリの選択優先度423に、最も小さい値(本実施形態において、1)を格納する。そして、生成された新たなエントリを迂回パス探索表113に追加する(274)。

【0110】

なお、迂回パス探索表設定部117は、ステップ273において、選択優先度423だけではなく、パスの帯域を用いて重み付けをしてもよい。

【0111】

以上の処理によって、選択優先度によって重み付けをされた経由パス数の総和が少ないエリアほど、迂回パス探索の優先度が高く設定される。このため、迂回パス探索表設定部117は、迂回パスの探索対象エリアが均等に分布するように、迂回パスを設定できる。これにより、迂回パスが特定のエリアに集中して開通されることによる帯域不足が回避され、帯域不足により探索失敗となって別のエリアで再度探索するという繰り返し処理が削減される。その結果、網管理装置33の探索処理負荷を削減できるとともに、探索にかかる時間を削減することによりサービス断時間を短くすることが可能となる。

【0112】

図9に戻って、網管理装置33は、シーケンス905において迂回パス探索表113を更新した後、新規パスの開通結果と迂回パス探索表の更新結果とを、入出力インタフェース901において表示する(907)。

【0113】

図11は、本発明の第1の実施形態の広域障害が発生した場合の迂回パスを開通してサービスを継続する手順を示すシーケンス図である。

【0114】

図11は、エリアB(NW2)において、広域障害が発生した場合に、迂回パスを設定してサービスを継続する手順を示す。

【0115】

エリアB(NW2)において広域災害が発生した場合、エリアBに配備されたノードの障害検出処理部129が障害を検出し、網管理装置33へ警報を通知する。網管理装置33がノードから警報を受信した場合、エリア状態管理部109は、図12に示す各処理を

10

20

30

40

50

実行する。

【0116】

図12は、本発明の第1の実施形態のエリアの障害判定処理を示すフローチャートである。

【0117】

図12に示す処理は、図11に示すシーケンス801に対応する。

【0118】

エリア状態管理部109は、図12に示す処理開始(200)後、ノードからの警報受信待ち状態となる(201)。網管理装置33がノードから警報を受信すると、エリア障害判定表116の障害ノード数463又は障害パス数483の値を更新する(202)。

10

【0119】

ステップ202の後、エリア状態管理部109は、エリア障害判定表116を参照し、配備ノード数462に対する障害ノード数463の割合、又は経路パス数482に対する障害パス数483の割合がエリア障害閾値464又は484を超過したか否かを判定する(203)。超過していない場合、再度警報受信待ち(201)となる。

【0120】

超過した場合は、エリア状態管理部109は、超過したエリアを障害エリアと判定し、エリア状態表112の状態402を「正常」から「障害」に更新する(204)。その後、再度警報受信待ち状態となる(201)。

【0121】

20

網管理装置33のエリア状態管理部109が、ノードから警報を受信した場合、エリア状態管理部109は、エリア障害判定表116を更新し、エリア障害閾値464又は484に基づいてエリア状態表112を更新する。これによって、網管理装置33が各エリアNW1~8の障害状態を管理することが可能となる。

【0122】

図11に戻り、エリアB内ノードから警報を受信し、エリア状態管理部109の処理により網管理装置33がエリアB(NW2)を障害と判定した場合(801)、網管理装置33のパス探索部110は、エリアB(NW2)を経由する現用パスの優先度442を、パス優先度表114に基づいて抽出する(802)。そして、パス探索部110は、優先度442の高い順に迂回パスを探索及び開通する(803~813)。パス探索部110の各処理ステップを図13に示す。

30

【0123】

図13は、本発明の第1の実施形態の迂回パスの探索処理及び開通処理を示すフローチャートである。

【0124】

パス探索部110は、図13に示す処理開始(220)後、エリア状態表112を参照し、新たなエリア障害判定待ち状態(221)となる。エリアB(NW2)において新たな障害エリアが発生した場合、すなわち、エリア状態表112の状態402のいずれかが正常から異常に更新された場合、エリアB(NW2)を経由するパス(本実施形態において、Path1及びPath2)のうち迂回パス探索表113を参照し、ステップ223~226の探索処理を実行していないパスが存在するか否かを判定する(222)。

40

【0125】

探索処理を実行していないパスが存在する場合、パス探索部110は、パス優先度表114の優先度442が最も高優先のパス(本実施形態において、Path1)の経路エッジノード(変更前)421を検索する(223)。第1の実施形態のパス探索部110は、図5の迂回パス探索表113を検索することによって、経路エッジノード(変更前)421が「2、3、4、5」(すなわち、Path1)となっているエントリを検索する。

【0126】

ステップ223の後、パス探索部110は、障害エリア422が、ステップ221にお

50

いて新たに障害エリアと判定されたエリア（エリアB（NW2））となっていることを確認する（224）。そして、パス探索部110は、探索すべき迂回パスの選択優先度として「1」を保持する。即ち、最も高い優先度の値を保持する（225）。

【0127】

ステップ225の後、パス探索部110は、探索すべき迂回パスの選択優先度に従って、選択優先度423に「1」が格納されるエントリ426の、正常エリア424のフィールドを参照する。そして、参照された正常エリア424が示すエリアA（NW1）、エリアE（NW5）、及び、エリアC（NW3）の状態を、エリア状態表112を参照することによって判定する。

【0128】

具体的には、パス探索部110は、エントリ426の正常エリア424に格納される値に対応するエリア401を含むエントリの状態402を参照し、正常エリア424が示す各エリアが正常であるか否かを判定する（226）。

【0129】

正常エリア424が示すエリアのすべてが正常であると判定され、正常エリア424の条件を満たすと判定された場合、パス探索部110は、経路エッジノード（変更後）425に格納されているノード7、15、16、及び10を経由する迂回パスを探索する（227、図11に示すシーケンス803）。具体的には、エリアA（NW1）内でノード1とノード7との間の経路、エリアE（NW5）内でノード15とノード16との間の経路、エリアC内でノード10とノード6との間の経路を探索する。

【0130】

ステップ227において用いられる経路の探索方法には、例えばダイクストラ法など、一般的な経路探索方法が用いられる。

【0131】

ステップ227の後、パス探索部110は、ステップ227の処理によって迂回パスが検出されたか否かを判定する（228）。迂回パスが検出されたと判定された場合、現用パスの廃止要求を現用パスが経路する各ノードに送信し、さらに、迂回パスの開通要求を迂回パスが経路する各ノードに送信する（229、図11に示すシーケンス804、805、806）。これによって、検出された迂回パス（ノード7、15、16、及び10を経由する迂回パス：Path1'）を現用パスとして開通する。

【0132】

なお、ノードのパス設定処理部128は、網管理装置33からの指示に従い、新たなパスを開通し、パスに関する情報をパス設定表131に格納する。

【0133】

ステップ228において、迂回パスが検出されなかった場合、パス探索部110は、探索すべき選択優先度の値をインクリメントする。そして、インクリメントされた後の選択優先度が、迂回パス探索表113に格納されているか否か、すなわち、探索中の現用パス（Path1）に対応する経路エッジノード（変更前）421のエントリの選択優先度423に格納されているか否かを判定し（230）、インクリメントされた後の選択優先度が、迂回パス探索表113に格納されている場合、ステップ226～228の処理を繰り返す。

【0134】

前述の例におけるステップ229の処理によって、網管理装置33がPath1の迂回パスPath1'を開通した後、パス探索部110は、ステップ222に戻り、次に優先度442が高いPath2に対して、ステップ223以降の処理を実行する。

【0135】

ステップ223において、パス探索部110は、図5の迂回パス探索表113を参照し、経路エッジノード（変更前）421が「14、8、9、17」（すなわち、Path2）であるエントリを検索する。

【0136】

10

20

30

40

50

ステップ223の後、パス探索部110は、障害エリア422が、ステップ221において新たにエリア障害を検出したエリアB(NW2)となっていることを確認する(224)。そして、探索すべき迂回パスの選択優先度として「1」を保持する。即ち、最も高い優先度の値を保持する(225)。

【0137】

ステップ225の後、パス探索部110は、選択優先度423に「1」が格納されるエントリ428の、正常エリア424のフィールドに格納されるエリアD(NW4)、エリアH(NW8)、及び、エリアF(NW6)の状態402を、エリア状態表112を参照することによって判定する。具体的には、エントリ428の正常エリア424に格納される値に対応するエリア401を含むエントリ402を参照し、正常エリア424が示す各エリアが正常であるか否かを判定する(226)。

10

【0138】

図4に示すエリア状態表112のエントリ410は、エリアHの状態402が「障害」であることを示すため、パス探索部110は、ステップ226において正常エリア424が示す各エリアが正常ではないと判定する。そして、エリアHを経由する迂回パスの探索処理(ステップ227)を行わずに、ステップ230に遷移する。

【0139】

パス探索部110は、ステップ226又はステップ228の後、探索すべき迂回パスの選択優先度として保持していた値をインクリメントする。そして、迂回パス探索表113に、インクリメントされた後の選択優先度423の値が格納されているか否か、すなわち、探索中の現用パス(Path2)に対応する経路エッジノード(変更前)421のエントリの選択優先度423に格納されているか否かを判定する(230)。

20

【0140】

インクリメントされた後の選択優先度423の値が格納されていない場合、パス探索部110は、迂回パスを検出できないと判定し、新たな現用パスの迂回パスを探索するため、ステップ222に戻る。また、インクリメントされた後の選択優先度423の値が格納されていた場合、他の迂回パスの候補を探索するため、パス探索部110は、ステップ226以降の処理を再度行う。

【0141】

前述の例におけるパス探索部110は、エントリ428についてステップ226の処理を行った後、エントリ429についてステップ226の処理を実行する。具体的には、迂回パス探索表113の選択優先度423に「2」が格納されるエントリ429の、正常エリア424のフィールドに格納されるエリアD(NW4)、エリアG(NW7)、及び、エリアF(NW6)の状態402を、エリア状態表112を参照することによって判定する。

30

【0142】

エリアD(NW4)、エリアG(NW7)、及び、エリアF(NW6)の状態402は、すべて正常であるため、パス探索部110は、ステップ227において、経路エッジノード(変更後)425に格納されるノード23、27、28、及び24(Path2')を経由する経路を探索する。具体的には、エリアD(NW4)内でノード13とノード23との間の経路、エリアG(NW7)内でノード27とノード28との間の経路、エリアF内でノード24とノード18との間の経路を探索する。

40

【0143】

ステップ227において用いられる経路の探索方法には、例えばダイクストラ法など、一般的な経路探索方法が用いられる。

【0144】

ステップ227に示す処理によって経路が検出された場合、パス探索部110は、現用パスの廃止要求を現用パスが経由する各ノードに送信するとともに、検出された経路を迂回パスとして、迂回パスの開通要求を迂回パスが経由する各ノードに送信する(229、図11のステップ811、812、813)。これによって、検出された迂回パス(ノ

50

ド 23、27、28、及び 24 を経由する迂回パス：P a t h 2') を現用パスとして開通する。

【 0 1 4 5 】

もし、ステップ 227 において迂回パスが検出されない場合、探索すべき迂回パスの選択優先度として保持していた値をインクリメントする。ステップ 226 ~ 228 の処理を繰り返す。

【 0 1 4 6 】

以上の処理によって網管理装置 33 が P a t h 2 の迂回パス P a t h 2' を開通した場合、パス探索部 110 は、ステップ 222 に戻る。迂回パス探索表 113 に、迂回パスとして未探索のパスが残っていない場合、ステップ 221 に戻り、新たなエリア障害判定待ち状態となる。

【 0 1 4 7 】

前述の処理によって、網管理装置 33 は、迂回パス探索表 113 の正常エリア 424 に示されたエリアが正常であるか異常であるかを、エリア状態表 112 を参照して判定し、さらに、迂回パスの探索処理 227 を実行する。これによって、障害エリアを対象に迂回パスを探索する処理（ステップ 227）が回避され、迂回パス探索処理に伴う網管理装置 33 の負荷を削減することが可能となる。さらに、現用パスにおいて障害が発生してから、迂回パスを探索し、探索によって検出された迂回パスを開通するまでのサービス断時間を短縮することが可能となる。

【 0 1 4 8 】

また、迂回パス探索表設定部 117 の処理によって、迂回パス探索表 113 において経由エッジノード（変更前）421 が「2、3、4、5」である現用パスに障害が発生した場合、パス探索部 110 は、選択優先度 423 に従って、迂回パスとしてエリア E 経由をエリア G 経由よりも優先的に探索する。一方で、経由エッジノード（変更前）421 が「14、8、9、17」である現用パスに障害が発生した場合、パス探索部 110 は、選択優先度 423 に従って、迂回パスとしてエリア G 経由をエリア E 経由よりも優先的に探索する。

【 0 1 4 9 】

これによって、迂回パスを開通した結果、特定のエリアに帯域が集中することを回避できるので、網管理装置 33 は、帯域不足による開通不可となり、別エリアを再度検索するケースを削減させることが可能となる。これにより、網管理装置 33 の迂回パス探索処理負荷を削減でき、さらに、現用パスで障害が発生してから網管理装置 33 が迂回パスを開通するまでのサービス断時間を短縮することが可能となる。

【 0 1 5 0 】

（第 2 の実施形態）

本発明の第 2 の実施形態を、第 1 の実施形態との違いを中心に、図面を用いて以下に説明する。第 2 の実施形態は、本実施形態の帯域保証網のエリア分割を複数の階層において行うことを特徴とする。

【 0 1 5 1 】

図 14 は、本発明の第 2 の実施形態の低い階層の通信システムを示すブロック図である。

【 0 1 5 2 】

図 14 に示す通信システムは、第 1 の実施形態と同じく、帯域保証網及び網管理装置 33 を備える。また、図 14 は、網管理装置 33 が、エリア B（NW2）、及び、エリア E（NW5）を障害エリアと判定した場合の通信システムを示す。第 2 の実施形態において、図 14 に示すエリアを、階層 1 のエリアと記載する。

【 0 1 5 3 】

図 14 の P a t h 1 及び P a t h 2 は、第 1 の実施形態と同じく、エンドユーザの通信データの経路（以下、パスと表記する）である。P a t h 1 及び P a t h 2 は、エリア B を経由する。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 4 】

図 1 4 の Path 1' 及び Path 2' は、Path 1 及び Path 2 の迂回パスである。Path 1' 及び Path 2' を探索する手順は、後述する。

【 0 1 5 5 】

図 1 5 は、本発明の第 2 の実施形態の高い階層の通信システムを示すブロック図である。

【 0 1 5 6 】

図 1 5 に示すエリアは、網管理装置 3 3 が管理する、階層 1 とは異なる粒度のエリアである。図 1 5 に示す示すエリアを、階層 2 のエリアと記載する。

【 0 1 5 7 】

階層 2 のエリアは、階層 1 のエリアを複数含む。具体的には、網管理装置 3 3 は、エリア A とエリア D とをまとめてエリア AD (NW 9) を定め、エリア B とエリア E とをまとめてエリア BE (NW 1 0) を定め、エリア C とエリア F とをまとめてエリア CF (NW 1 1) を定め、エリア G とエリア H とをまとめてエリア GH (NW 1 2) を定める。

【 0 1 5 8 】

第 2 の実施形態の網管理装置 3 3 は、各階層において粒度の異なるエリアを生成し、各階層の迂回パス探索表 1 1 3 のエントリを生成する。そして、エリア粒度が細かい階層 (階層 1) において、迂回パス探索範囲を限定することによって、比較的規模の小さい広域災害では、迂回パス開通による帯域保証網全体への影響を局所化することが可能となる。そして、規模の大きい広域災害の場合、エリア粒度が荒い階層 (階層 2) において迂回パスを探索することができる。以上から、災害規模に従って影響を可能な限り局所化する迂回パス開通が可能となる。

【 0 1 5 9 】

なお、第 2 の実施形態の網管理装置 3 3 は、第 1 の実施形態の網管理装置 3 3 と同じく、図 2 に示す処理部及びデータを有する。また、第 2 の実施形態のノード 1 ~ 3 2、及び、ノード群 3 4 ~ 4 1 は、第 1 の実施形態と同じく、図 3 に示す処理部及びデータを有する。

【 0 1 6 0 】

図 1 6 は、本発明の第 2 の実施形態のエリア状態表 1 1 2 を示す説明図である。

【 0 1 6 1 】

第 2 の実施形態のエリア状態表 1 1 2 は、階層 5 0 1、エリア 5 0 2、及び、状態 5 0 3 の対応情報を格納する。階層 5 0 1 は、網管理装置 3 3 によって分割されたエリアの階層を示す。エリア 5 0 2 及び状態 5 0 3 は、第 1 の実施形態のエリア状態表 1 1 2 のエリア 4 0 1 及び状態 4 0 2 と同じである。

【 0 1 6 2 】

図 1 6 は、網管理装置 3 3 が階層 1 においてエリア B (NW 2)、及び、エリア E (NW 5)、階層 2 においてエリア BE (NW 1 0) を障害状態と判定した場合のエリア状態表 1 1 2 を示す。また、図 1 6 のエリア状態表 1 1 2 は、エントリ 5 0 4 ~ 5 1 5 を含む。

【 0 1 6 3 】

階層 5 0 1 毎に、エリア 5 0 2 の状態 5 0 3 を管理することによって、網管理装置 3 3 は、災害規模に従った適切な階層 5 0 1 において迂回パスを探索することが可能となる。

【 0 1 6 4 】

図 1 7 は、本発明の第 2 の実施形態の迂回パス探索表 1 1 3 を示す説明図である。

【 0 1 6 5 】

第 2 の実施形態の迂回パス探索表 1 1 3 は、階層 5 2 1、経由エッジノード (変更前) 5 2 2、障害エリア 5 2 3、選択優先度 5 2 4、正常エリア 5 2 5、及び、経由エッジノード (変更後) 5 2 6 を含む。経由エッジノード (変更前) 5 2 2、障害エリア 5 2 3、選択優先度 5 2 4、正常エリア 5 2 5、及び、経由エッジノード (変更後) 5 2 6 は、第 1 の実施形態の経由エッジノード (変更前) 4 2 1、障害エリア 4 2 2、選択優先度 4 2

10

20

30

40

50

3、正常エリア424、及び、経路エッジノード(変更後)425と同様であり、階層521毎にエントリが生成される点のみが第1の実施形態と異なる。

【0166】

選択優先度524は、第1の実施形態の選択優先度423と同じく、小さい値ほど優先度が高いことを意味する。また、図17に示す迂回パス探索表113は、エントリ527～531を含む。

【0167】

迂回パス探索表設定部117は、階層521が低い(即ち値が小さい)エントリを、図10に示す処理によって生成する場合、経路エッジノード(変更後)526が、上位階層(階層2)における同一エリア内に含まれるように、ステップ272においてエントリを生成する。例えば、階層1においてエリアB(NW1)において障害が発生した場合、迂回パス探索表設定部117は、階層2のエリアBE(NW10)内を経由する迂回パスを探索対象とするように、迂回パス探索表113を生成する。これによって、下位の階層において迂回パスを開通可能な局所障害の場合、迂回パス開通による帯域保証網への影響を局所化することが可能となる。

【0168】

図18は、本発明の第2の実施形態のエリア毎のエリア障害判定表116を示す説明図である。

【0169】

第1の実施形態の図7と、第2の実施形態の図18との違いは、図18のエリア障害判定表116が、階層541のフィールドを含むことである。図18に示すエリア障害判定表116は、エントリ546～557を含む。

【0170】

図19は、本発明の第2の実施形態の現用パス毎のエリア障害判定表116を示す説明図である。

【0171】

第1の実施形態の図8と、第2の実施形態の図19との違いは、図19のエリア障害判定表116が、階層561のフィールドを含むことである。図19に示すエリア障害判定表116は、エントリ566～577を含む。

【0172】

エリア障害判定表116が、階層541又は階層561のフィールドを含むことによって、網管理装置33は、各階層541又は561におけるエリアの障害状態を管理することが可能となる。

【0173】

図20は、本発明の第2の実施形態の広域障害が発生した場合の迂回パスを開通してサービスを継続する手順を示すシーケンス図である。

【0174】

図20は、エリアB(NW2)において広域障害が発生した場合の、迂回パスを設定してサービスを継続する手順を示す。

【0175】

エリアB(NW2)において広域災害が発生した場合、エリアBに配備されたノードが障害を検出し、網管理装置33へ警報を通知する。網管理装置33がノードから警報を受信した場合、エリア状態管理部109が、図12に示す手順によって、エリア障害判定表116を更新する。

【0176】

網管理装置33のエリア状態管理部109が、エリアB(NW2)を障害と判定した場合(851)、網管理装置33のパス探索部110がエリアB(NW2)を経由する現用パスの優先度442を、パス優先度表114を参照することによって抽出する(852)。そして、パス探索部110は、優先度442の高い現用パスの順に、迂回パスを探索し、探索によって検出された迂回パスを開通する(853～863)。

10

20

30

40

50

【 0 1 7 7 】

パス探索部 1 1 0 の各処理ステップを図 2 1 に示す。

【 0 1 7 8 】

図 2 1 は、本発明の第 2 の実施形態の迂回パスの探索処理及び開通処理を示すフローチャートである。

【 0 1 7 9 】

パス探索部 1 1 0 は、図 2 1 に示す処理開始 (2 4 0) 後、エリア状態表 1 1 2 を参照し、新たなエリア障害判定待ち状態 (2 4 1) となる。エリア B (N W 2) において新たなエリア障害が発生した場合、パス探索部 1 1 0 は、エリア B (N W 2) を経由する現用パス (P a t h 1 及び P a t h 2) のうち、迂回パス探索表 1 1 3 を参照して、ステップ 2 4 3 ~ ステップ 2 4 7 の探索処理を実行していない現用パスが存在するか否かを判定する (2 4 2) 。

10

【 0 1 8 0 】

探索処理を実行していない現用パスが存在する場合、パス探索部 1 1 0 は、迂回パスを探索すべき階層の値に「 1 」を保持し (2 4 3) 、最も高い優先度 4 4 2 の現用パス (P a t h 1) の経由エッジノード (変更前) 5 2 2 を検索する (2 4 4) 。パス探索部 1 1 0 が図 5 の迂回パス探索表 1 1 3 を用いた場合、ステップ 2 4 4 の結果には、経由エッジノード (変更前) 5 2 2 が「 2 、 3 、 4 、 5 」 (P a t h 1) となっているエントリが該当する。

【 0 1 8 1 】

20

ステップ 2 4 4 の後、パス探索部 1 1 0 は、障害エリア 5 2 3 が、新たにエリア障害を検出したエリア B (N W 2) となっていることを確認し (2 4 5) 、探索すべき迂回パスの選択優先度 5 2 4 に「 1 」、即ち、最も優先度の高い値を保持する (2 4 6) 。

【 0 1 8 2 】

ステップ 2 4 6 の後、パス探索部 1 1 0 は、選択優先度 5 2 4 が「 1 」となっているエントリ 5 2 7 において、正常エリア 5 2 5 が示すエリア A (N W 1) 、エリア E (N W 5) 、及び、エリア C (N W 3) の状態 5 0 3 が、正常を示すか否かを、エリア状態表 1 1 2 を参照することによって判定する (2 4 7) 。

【 0 1 8 3 】

正常エリア 5 2 5 が示すエリアがすべて正常である場合、パス探索部 1 1 0 は、経由エッジノード (変更後) 5 2 6 に格納されるノードを經由するパスを探索する。パス探索部 1 1 0 は、迂回パスが検出されたか否かを判定し (2 4 9) 、迂回パスが検出されたと判定した場合、現用パスの廃止要求を現用パスが經由する各ノードに送信する。さらに、迂回パスの開通要求を迂回パスが經由する各ノードに送信する (2 5 0) 。

30

【 0 1 8 4 】

ステップ 2 5 0 の後、パス探索部 1 1 0 は、ステップ 2 4 2 に戻る。

【 0 1 8 5 】

ステップ 2 4 9 において、迂回パスが検出されないと判定された場合、又は、ステップ 2 4 7 において、正常エリアの条件をみたさない場合、パス探索部 1 1 0 は、探索すべき迂回パスの選択優先度をインクリメントする。そして、迂回パス探索表 1 1 3 に、インクリメントされた後の選択優先度の値が格納されているか否かを判定する (2 5 1) 。

40

【 0 1 8 6 】

インクリメントされた後の選択優先度の値が、探索中の現用パス (P a t h 1 又は P a t h 2) に対応する経由エッジノード (変更前) 5 2 2 のエントリの選択優先度 5 2 4 に格納されている場合、パス探索部 1 1 0 は、ステップ 2 4 7 に戻る。また、インクリメントされた後の選択優先度の値が、探索中の現用パス (P a t h 1 又は P a t h 2) に対応する経由エッジノード (変更前) 5 2 2 のエントリの選択優先度 5 2 4 に格納されていない場合、パス探索部 1 1 0 は、ステップ 2 5 2 を実行する。

【 0 1 8 7 】

ステップ 2 5 2 においてパス探索部 1 1 0 は、迂回パスを探索すべき階層の値をインク

50

リメントし、インクリメントされた後の階層の値を保持する。そして、インクリメントされた後の階層の値が、迂回パス探索表 1 1 3 の階層 5 2 1 に格納されているか否かを判定する (2 5 2)。インクリメントされた後の階層の値が、迂回パス探索表 1 1 3 の階層 5 2 1 に格納されている場合、パス探索部 1 1 0 は、ステップ 2 4 4 に戻る。

【 0 1 8 8 】

ステップ 2 4 7 において、正常エリア 5 2 5 が示すエリアに正常ではないエリアがある場合、パス探索部 1 1 0 は、ステップ 2 5 1 を実行する。

【 0 1 8 9 】

以上の処理の結果、エリア状態表 1 1 2 のエントリ 5 0 8 は、エリア E の状態として「障害」を示す。このため、パス探索部 1 1 0 は、Path 1、及び Path 2 について、ステップ 2 4 7 において正常エリア 5 2 5 が示すエリアに正常ではないエリアがあると判定する。このため、パス探索部 1 1 0 は、階層 2 において迂回パスを探索し、図 1 5 に示す Path 1' を Path 1 の迂回パス、Path 2' を Path 2 の迂回パスとして開通する。

【 0 1 9 0 】

前述の例では、エリア E (NW 5) が障害状態であるため、Path 1 及び Path 2 のいずれも階層 2 において迂回パスが開通されるが、エリア E (NW 5) が正常状態の場合は、階層 1 においてエリア E (NW 5) 経由の迂回パスが開通される。その結果、広域災害の規模に応じて帯域保証網への影響範囲を可能な限り局所化した迂回パスを設定可能となる。

【 0 1 9 1 】

また、前述の例において、図 2 1 のステップ 2 4 3 においてまず階層 1 から迂回パスを探索し、階層 1 において迂回パスが検出されない場合、階層 2 において迂回パスを探索した。しかし、階層 2 においてエリア B E (NW 1 0) のみの障害をエリア状態管理部 1 0 9 が判定することによって、階層 1 におけるステップ 2 4 4 以降の処理を省略し、直ちに階層 2 におけるステップ 2 4 4 以降の処理を行ってもよい。これによって、階層 1 におけるステップ 2 4 4 ~ 2 4 7 の処理を省略でき、網管理装置 3 3 の処理負荷の削減が可能となり、探索処理にかかる時間を短縮することが可能となる。

【 0 1 9 2 】

第 2 の実施形態によれば、網管理装置 3 3 が異なる粒度によって分割されたエリアを示す情報を、階層毎に保持し、粒度が細かい分割によるエリアから、迂回パスを検出することによって、本実施形態の帯域保証網への影響を、可能な限り局所化できる。

【 0 1 9 3 】

本実施形態によれば、網管理装置 3 3 が、各エリアの障害状況を示すエリア状態表 1 1 2 と、障害エリア毎の迂回パス探索表 1 1 3 とを保持し、特定のエリアにおいて障害を検出した場合に、迂回パス探索表 1 1 3 を参照し、迂回経路を探索及び決定する。これによって、網管理装置 3 3 は、迂回パスを探索する際に、エリアの障害状態に従って迂回パスが存在しない (又は、迂回パスを開通すべきではない) と判定される迂回パスの候補を探索条件から除外できる。

【 0 1 9 4 】

また、本実施形態によれば、複数の迂回パスの候補に選択優先度を割り当てることによって、迂回パスの探索対象範囲を網管理装置 3 3 が均等に設定できる。このため、迂回パス探索の際に、帯域リソース不足などの理由により探索失敗となる回数が削減される。その結果、探索時間が削減され、短いサービス断時間で重要通信を復旧することが可能となる。さらに、網管理装置は低い処理負荷で迂回経路を探索することが可能となる。

【 符号の説明 】

【 0 1 9 5 】

A ~ H (1 ~ 8) エリア (NW)

1 ~ 3 2 ノード

1 ~ 4 1 ノード群

10

20

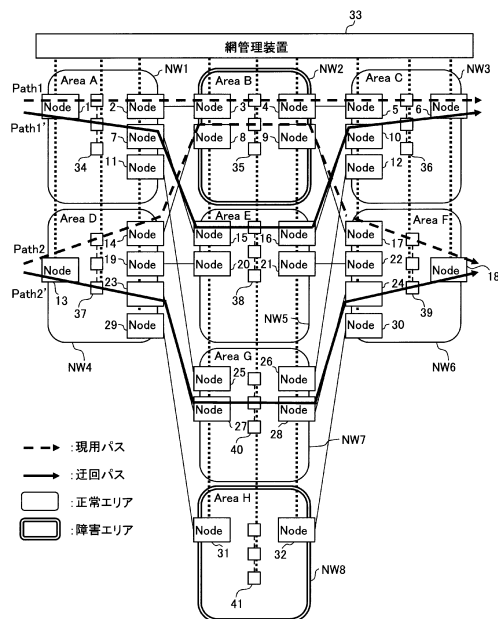
30

40

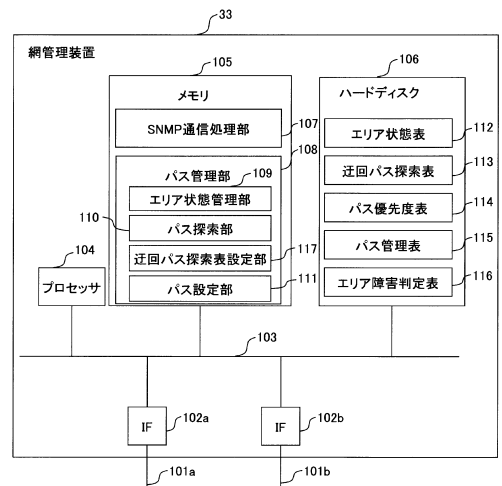
50

- 3 3 網管理サーバ
- 1 0 9 エリア状態管理部
- 1 1 0 バス探索部
- 1 1 7 迂回バス探索表設定部
- 1 1 2 エリア状態表
- 1 1 3 迂回バス探索表
- 1 1 6 エリア障害判定表

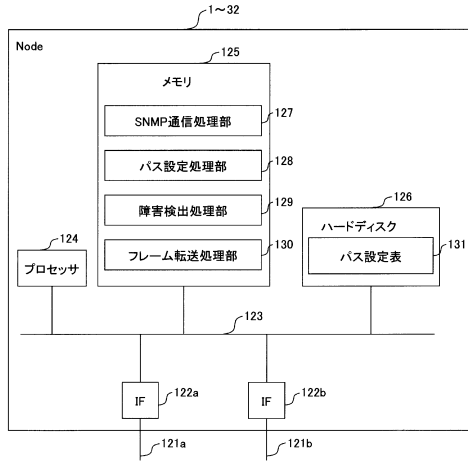
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

エリア	状態
A	正常
B	障害
C	正常
D	正常
E	正常
F	正常
G	正常
H	障害

エリア状態表

【図5】

経由エッジノード (変更前)	障害 エリア	選択 優先度	正常エリア	経由エッジノード (変更後)
2, 3, 4, 5	Area B	1	A, E, C	7, 15, 16, 10
		2	A, G, C	11, 25, 26, 12
14, 8, 9, 17	Area B	1	D, H, F	29, 31, 32, 30
		2	D, G, F	23, 27, 28, 24
		3	D, E, F	19, 20, 21, 22

迂回バス探索表

【図6】

バスID	優先度
1	7
2	5

バス優先度表

【図8】

エリア	経由バス数	障害バス数	エリア障害閾値(%)
A	200	4	50
B	100	70	50
C	15	1	50
D	150	30	50
E	100	10	50
F	25	1	50
G	50	10	50
H	80	65	50

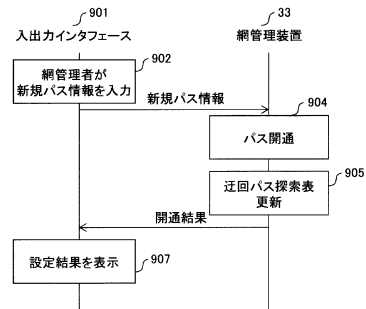
エリア障害判定表

【図7】

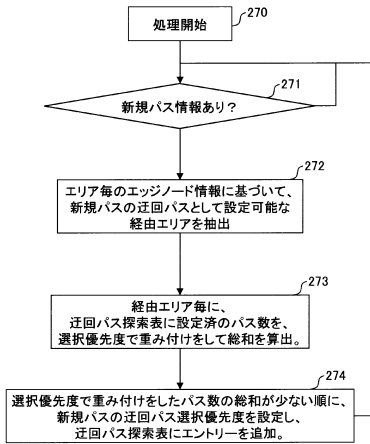
エリア	配備ノード数	障害ノード数	エリア障害閾値(%)
A	10	0	50
B	20	15	50
C	15	1	50
D	15	0	50
E	15	5	50
F	20	1	50
G	15	5	50
H	10	8	50

エリア障害判定表

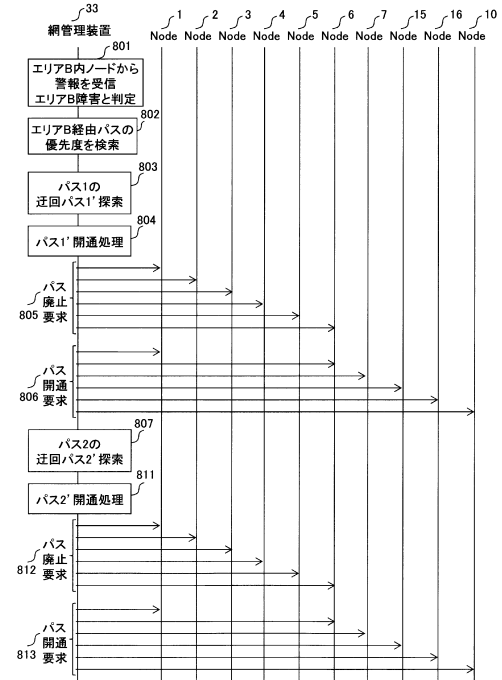
【図9】



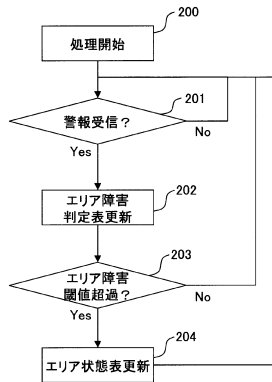
【図10】



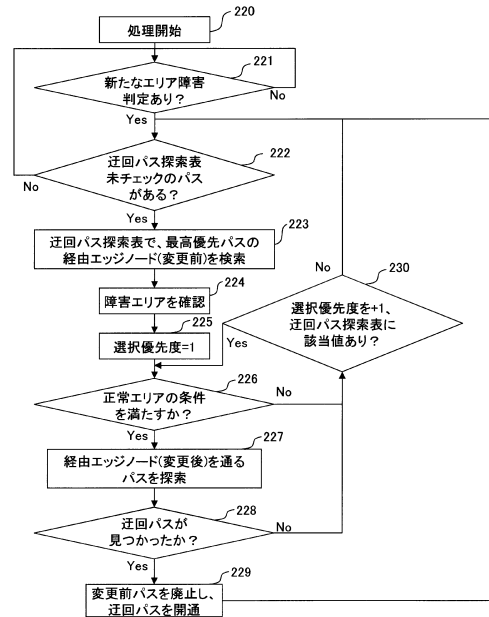
【図11】



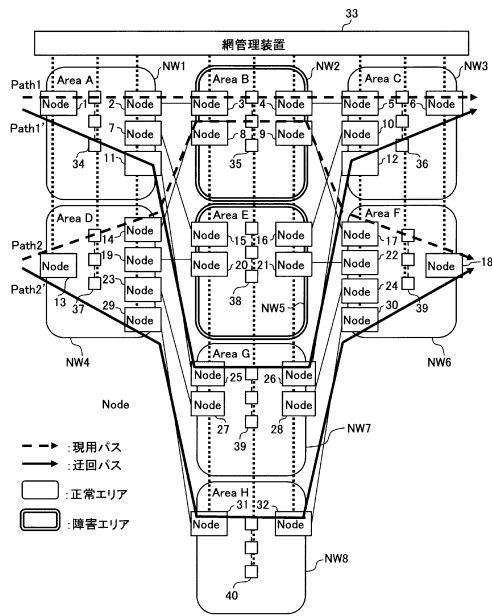
【図12】



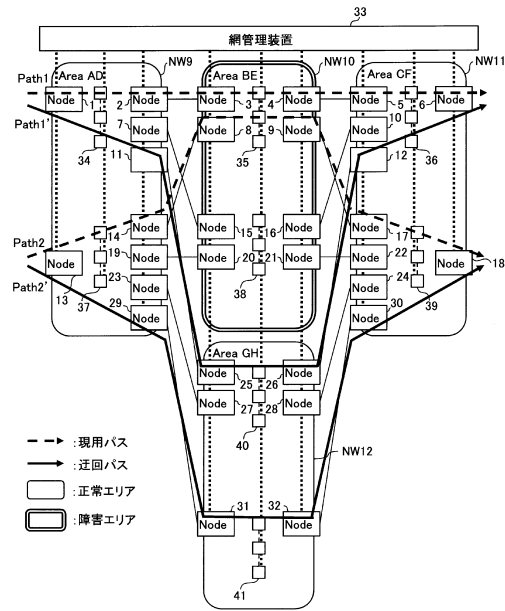
【図13】



【図14】



【図15】



【図16】

階層	エリア	状態
1	A	正常
	B	障害
	C	正常
	D	正常
	E	障害
	F	正常
	G	正常
	H	正常
2	AD	正常
	BE	障害
	CF	正常
	GH	正常

エリア状態表

【図18】

階層	エリア	配備ノード数	障害ノード数	エリア障害閾値 (%)
1	A	10	0	50
	B	20	15	50
	C	15	1	50
	D	15	0	50
	E	15	14	50
	F	20	1	50
	G	15	10	50
	H	10	2	50
2	AD	25	0	50
	BE	35	29	50
	CF	35	2	50
	GH	25	12	50

エリア障害判定表

【図17】

階層	経由エッジノード (変更前)	障害エリア	選択優先度	正常エリア	経由エッジノード (変更後)
1	2, 3, 4, 5	Area B	1	A, E, C	7, 15, 16, 10
	14, 8, 9, 17	Area B	1	D, E, F	19, 20, 21, 22
2	2, 3, 4, 5	Area BE	1	AD, GH, CF	11, 25, 26, 12
	14, 8, 9, 17	Area BE	1	AD, GH, CF	29, 31, 32, 30
			2	AD, GH, CF	23, 27, 28, 24

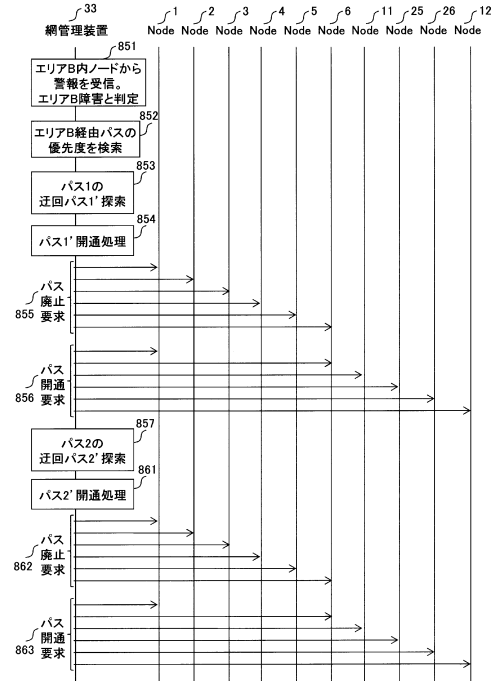
迂回バス探索表

【図19】

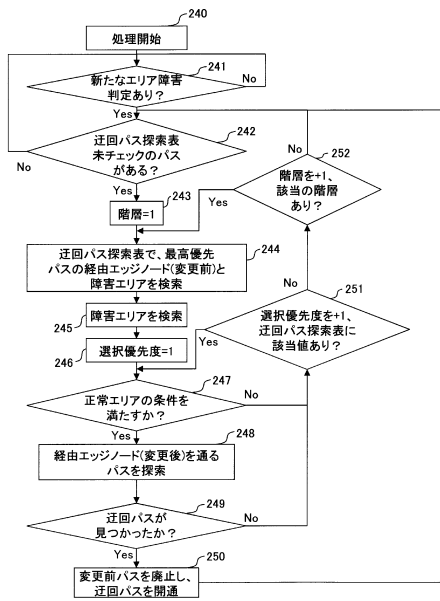
階層	エリア	経由バス数	障害バス数	エリア障害閾値 (%)
1	A	200	4	50
	B	100	70	50
	C	15	1	50
	D	150	30	50
	E	100	80	50
	F	25	1	50
	G	50	10	50
	H	80	15	50
2	AD	350	34	50
	BE	200	150	50
	CF	40	2	50
	GH	130	25	50

エリア障害判定表

【図20】



【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 宇田 哲也

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町2 1 6 番地 株式会社日立製作所 通信ネットワーク事業部内

審査官 衣鳩 文彦

(56)参考文献 特開2006 - 340058 (JP, A)

特開2002 - 094510 (JP, A)

特開2012 - 238933 (JP, A)

特開平08 - 242251 (JP, A)

特開2009 - 239359 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 12/00 ~ 12/955