

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-168157  
(P2014-168157A)

(43) 公開日 平成26年9月11日(2014.9.11)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
H04L 12/713 (2013.01) H04L 12/56 G 5K030

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2013-39258 (P2013-39258)  
(22) 出願日 平成25年2月28日 (2013.2.28)

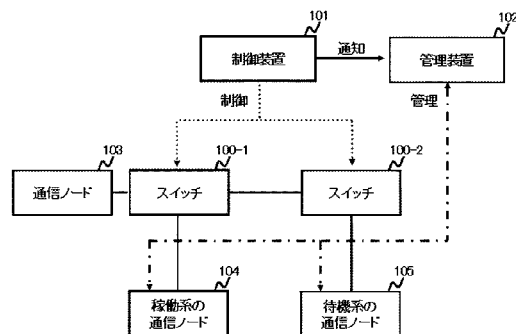
(71) 出願人 000004237  
日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号  
(74) 代理人 100080816  
弁理士 加藤 朝道  
(72) 発明者 大和 純一  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内  
Fターム(参考) 5K030 GA12 HD03 JA10 MA04 MB01 MD02

(54) 【発明の名称】 通信システム、制御装置、制御装置の制御方法及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】 可用性を向上させる通信システムを提供する。  
【解決手段】 通信システムは、通信ノードと接続され、パケットを処理するための処理規則に従いパケットを処理するスイッチと、スイッチに処理規則を設定する制御装置と、スイッチに接続され、稼働系の通信ノードと待機系の通信ノードからなる冗長化システムを管理する管理装置と、を含む。制御装置は、スイッチと稼働系の通信ノードの間の接続障害により、通信ノードと稼働系の通信ノード間の第1の packets 転送経路が存在しない場合に、第1の packets 転送経路に関連する処理規則を、スイッチから削除すると共に、第1の packets 転送経路の不存在を管理装置に通知する。管理装置は、制御装置からの通知に応じて、冗長化システムの稼働系と待機系の通信ノードを入れ替える。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

通信ノードと接続され、パケットを処理するための処理規則に従いパケットを処理するスイッチと、

前記スイッチに処理規則を設定する制御装置と、

前記スイッチに接続され、稼働系の通信ノードと待機系の通信ノードからなる冗長化システムを管理する管理装置と、

を含み、

前記制御装置は、前記スイッチと前記稼働系の通信ノードの間の接続障害により、前記通信ノードと前記稼働系の通信ノード間の第 1 のパケット転送経路が存在しない場合に、前記第 1 のパケット転送経路に関連する処理規則を、前記スイッチから削除すると共に、前記第 1 のパケット転送経路の不存在を前記管理装置に通知し、

10

前記管理装置は、前記制御装置からの通知に応じて、前記冗長化システムの稼働系と待機系の通信ノードを入れ替える通信システム。

**【請求項 2】**

前記制御装置は、前記スイッチのポートであって、前記稼働系の通信ノードと接続する第 1 のポートの状態変化に応じて、前記第 1 のパケット転送経路が存在するか否かを判定する請求項 1 の通信システム。

**【請求項 3】**

前記制御装置は、前記スイッチのポートであって、他のスイッチと接続する第 2 のポートの状態変化に応じて、前記第 1 のパケット転送経路が存在するか否かを判定する請求項 1 又は 2 の通信システム。

20

**【請求項 4】**

前記制御装置は、パケット転送経路に含まれる、始点のスイッチ、中間のスイッチ及び終点のスイッチに関する情報に基づいて、前記第 1 のパケット転送経路が存在するか否かを判定する請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の通信システム。

**【請求項 5】**

前記制御装置は、前記第 1 のパケット転送経路が存在しない場合に、前記通信ノードと前記待機系の通信ノード間の第 2 のパケット転送経路を計算し、前記計算された第 2 のパケット転送経路を実現する処理規則を、前記スイッチに設定する請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の通信システム。

30

**【請求項 6】**

前記管理装置は、前記稼働系の通信ノードに生じた障害を認識した場合に、前記制御装置に、前記稼働系の通信ノードの使用不能を通知する請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の通信システム。

**【請求項 7】**

前記制御装置は、前記使用不能が通知された稼働系の通信ノードに関連する処理規則を、前記スイッチから削除する請求項 6 の通信システム。

**【請求項 8】**

通信ノードと接続され、パケットを処理するための処理規則に従いパケットを処理するスイッチを制御する制御装置であって、

40

前記スイッチと、冗長化システムを構成する稼働系の通信ノードの間の接続障害により、前記通信ノードと前記稼働系の通信ノード間のパケット転送経路が存在しない場合に、前記パケット転送経路を実現する処理規則を、前記スイッチから削除すると共に、前記パケット転送経路の不存在を、前記冗長化システムを管理する管理装置に通知する制御装置。

**【請求項 9】**

通信ノードと接続され、パケットを処理するための処理規則に従いパケットを処理するスイッチを制御する制御装置の制御方法であって、

前記スイッチと、冗長化システムを構成する稼働系の通信ノードの間の接続障害により

50

、前記通信ノードと前記稼働系の通信ノード間のパケット転送経路が存在するか否かを判定する工程と、

前記パケット転送経路が不存在の場合に、前記パケット転送経路を実現する処理規則を、前記スイッチから削除する工程と、

前記パケット転送経路が不存在の場合に、前記パケット転送経路の不存在を、前記冗長化システムを管理する管理装置に通知する工程と、

を含む制御装置の制御方法。

#### 【請求項 10】

通信ノードと接続され、パケットを処理するための処理規則に従いパケットを処理するスイッチを制御する制御装置を制御するコンピュータに実行させるプログラムであって、

前記スイッチと、冗長化システムを構成する稼働系の通信ノードの間の接続障害により、前記通信ノードと前記稼働系の通信ノード間のパケット転送経路が存在するか否かを判定する処理と、

前記パケット転送経路が不存在の場合に、前記パケット転送経路を実現する処理規則を、前記スイッチから削除する処理と、

前記パケット転送経路が不存在の場合に、前記パケット転送経路の不存在を、前記冗長化システムを管理する管理装置に通知する処理と、

実行させるプログラム。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、通信システム、制御装置、制御装置の制御方法及びプログラムに関する。特に、冗長化された通信システム、制御装置、制御装置の制御方法及びプログラムに関する。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

近年、オープンフロー（OpenFlow）という技術が提案されている（非特許文献 1、2 参照）。オープンフローは、通信をエンドツーエンドのフローとして捉え、フロー単位で経路制御、障害回復、負荷分散、最適化を行うものである。非特許文献 2 に仕様化されているオープンフロースイッチは、オープンフローコントローラとの通信用のセキュアチャネルを備え、オープンフローコントローラから適宜追加又は書き換え指示されるフローテーブルに従って動作する。フローテーブルには、フロー毎に、パケットヘッダと照合するマッチ条件（Match Fields）と、フロー統計情報（Counters）と、処理内容を定義したインストラクション（Instructions）と、の組が定義される（非特許文献 2 の「4.1 Flow Table」の項参照）。

#### 【0003】

例えば、オープンフロースイッチは、パケットを受信すると、フローテーブルから、受信パケットのヘッダ情報に適合するマッチ条件（非特許文献 2 の「4.3 Match Fields」参照）を持つエントリを検索する。検索の結果、受信パケットに適合するエントリが見つかった場合、オープンフロースイッチは、フロー統計情報（カウンタ）を更新するとともに、受信パケットに対して、当該エントリのインストラクションフィールドに記述された処理内容（指定ポートからのパケット送信、フラッディング、廃棄等）を実施する。一方、検索の結果、受信パケットに適合するエントリが見つからなかった場合、オープンフロースイッチは、セキュアチャネルを介して、オープンフローコントローラに対してエントリ設定の要求、即ち、受信パケットを処理するための制御情報の送信要求（Packet-In メッセージ）を送信する。オープンフロースイッチは、処理内容が定められたフローエントリを受け取ってフローテーブルを更新する。このように、オープンフロースイッチは、フローテーブルに格納されたエントリを制御情報として用いてパケット転送を行う。

#### 【0004】

10

20

30

40

50

さらに、ネットワークの信頼性及び可用性を向上させる目的で、通信ノードの冗長化が行われる。例えば、VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol) 等の冗長化プロトコルをサポートする2つの通信ノードを用意し、これらの通信ノードのうち1つを稼働系の通信ノードとして動作させ、他の通信ノードは待機系の通信ノードとして動作させる。稼働系の通信ノードに障害が生じると、稼働系の通信ノードと待機系の通信ノードが入れ替わる(フェイルオーバーの実施)ことで、ネットワークの信頼性及び可用性を高める。

【0005】

特許文献1において、稼働系の通信ノードと待機系の通信ノードの間で定期的な通信(所謂、ハートビート通信)を行い、稼働系のホストの生存を確認する冗長化システム(二重化システム)が開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-302512号公報

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】Nick McKeownほか7名、"OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks"、[online]、[平成25年2月1日検索]、インターネット URL: <http://www.openflowswitch.org/documents/openflow-wp-latest.pdf>

【非特許文献2】"OpenFlow Switch Specification" Version 1.1.0. (Wire Protocol 0x02) [平成25年2月1日検索]、インターネット URL: <http://www.openflowswitch.org/documents/openflow-spec-v1.1.0.pdf>

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

なお、上記先行技術文献の各開示を、本書に引用をもって繰り込むものとする。以下の分析は、本発明者らによってなされたものである。

【0009】

特許文献1が開示するような、稼働系の通信ノードと待機系の通信ノードが定期的な通信を行うことで、稼働系の通信ノードと待機系の通信ノードを入れ替える手法には、通信システム全体の信頼性及び可用性の観点からは問題がある。冗長化された通信ノードを含む通信システムが正常に動作しない状況は、稼働系の通信ノードにおける障害の発生に限らない。例えば、稼働系の通信ノードと、当該通信ノードに接続されたスイッチと、の間に接続障害が生じている場合には、通信システム全体が正常に動作しているといえない。

30

【0010】

しかし、このような場合、稼働系の通信ノード自身には障害が生じておらず、稼働系の通信ノードと待機系の通信ノード間の定期的な通信は可能である。稼働系の通信ノードと待機系の通信ノードとの間で定期的な通信が行われていれば、フェイルオーバーは生じない。即ち、稼働系の通信ノードと当該通信ノードに接続されたスイッチの間には接続障害が生じているにもかかわらず、障害を回復するための対応が実施されることはない。即ち、通信システムの可用性に関し、改善の余地がある。

40

【0011】

本発明は、可用性を向上させることに寄与する通信システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の第1の視点によれば、通信ノードと接続され、パケットを処理するための処理規則に従いパケットを処理するスイッチと、前記スイッチに処理規則を設定する制御装置と、前記スイッチに接続され、稼働系の通信ノードと待機系の通信ノードからなる冗長化システムを管理する管理装置と、を含み、前記制御装置は、前記スイッチと前記稼働系の

50

通信ノードの間の接続障害により、前記通信ノードと前記稼働系の通信ノード間の第1の  
パケット転送経路が存在しない場合に、前記第1のパケット転送経路に関連する処理規  
則を、前記スイッチから削除すると共に、前記第1のパケット転送経路の存在を前記管  
理装置に通知し、前記管理装置は、前記制御装置からの通知に応じて、前記冗長化シス  
テムの稼働系と待機系の通信ノードを入れ替える通信システムが提供される。

【0013】

本発明の第2の視点によれば、通信ノードと接続され、パケットを処理するための処理  
規則に従いパケットを処理するスイッチを制御する制御装置であって、前記スイッチと、  
冗長化システムを構成する稼働系の通信ノードの間の接続障害により、前記通信ノードと  
前記稼働系の通信ノード間のパケット転送経路が存在しない場合に、前記パケット転送  
経路を実現する処理規則を、前記スイッチから削除すると共に、前記パケット転送経路の  
存在を、前記冗長化システムを管理する管理装置に通知する制御装置が提供される。

10

【0014】

本発明の第3の視点によれば、通信ノードと接続され、パケットを処理するための処理  
規則に従いパケットを処理するスイッチを制御する制御装置の制御方法であって、前記ス  
イッチと、冗長化システムを構成する稼働系の通信ノードの間の接続障害により、前記通  
信ノードと前記稼働系の通信ノード間のパケット転送経路が存在するか否かを判定する工  
程と、前記パケット転送経路が存在しない場合に、前記パケット転送経路を実現する処理規  
則を、前記スイッチから削除する工程と、前記パケット転送経路が存在しない場合に、前記  
パケット転送経路の存在を、前記冗長化システムを管理する管理装置に通知する工程と  
、を含む制御装置の制御方法が提供される。

20

なお、本方法は、スイッチを制御する制御装置という、特定の機械に結びつけられてい  
る。

【0015】

本発明の第4の視点によれば、通信ノードと接続され、パケットを処理するための処理  
規則に従いパケットを処理するスイッチを制御する制御装置を制御するコンピュータに実  
行させるプログラムであって、前記スイッチと、冗長化システムを構成する稼働系の通信  
ノードの間の接続障害により、前記通信ノードと前記稼働系の通信ノード間のパケット転  
送経路が存在するか否かを判定する処理と、前記パケット転送経路が存在しない場合に、前  
記パケット転送経路を実現する処理規則を、前記スイッチから削除する処理と、前記パケ  
ット転送経路が存在しない場合に、前記パケット転送経路の存在を、前記冗長化システ  
ムを管理する管理装置に通知する処理と、実行させるプログラムが提供される。

30

なお、第4の視点に係るプログラムは、コンピュータが読み取り可能な記憶媒体に記録  
することができる。記憶媒体は、半導体メモリ、ハードディスク、磁気記録媒体、光記録  
媒体等の非トランジェント(non-transient)なものとすることができる。  
本発明は、コンピュータプログラム製品として具現することも可能である。

【発明の効果】

【0016】

本発明の各視点によれば、可用性を向上させることに寄与する通信システム、制御装置  
、制御装置の制御方法及びプログラムが、提供される。

40

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】一実施形態の概要を説明するための図である。

【図2】第1の実施形態に係る通信システムの一例を示す図である。

【図3】スイッチ10の内部構成の一例を示す図である。

【図4】スイッチ10に設定する処理規則の一例を示す図である。

【図5】インストラクションフィールドに設定可能な処理内容とその内容の一例の図であ  
る。

【図6】制御装置20の内部構成の一例を示す図である。

【図7】トポロジDB22のエントリの一例を示す図である。

50

【図 8】パケット転送経路 DB 25 のエントリの一例を示す図である。

【図 9】構成管理装置 40 の内部構成の一例を示す図である。

【図 10】通信ノード管理 DB 41 のエントリの一例を示す図である。

【図 11】スイッチ 10 の動作の一例を示すフローチャートである。

【図 12】制御装置 20 の動作の一例を示すフローチャートである。

【図 13】制御装置 20 の動作の一例を示すフローチャートである。

【図 14】制御装置 20 の動作の一例を示すフローチャートである。

【図 15】構成管理装置 40 の動作の一例を示すフローチャートである。

【図 16】構成管理装置 40 の動作の一例を示すフローチャートである。

【図 17】第 1 の実施形態に係る通信システムの動作の一例を示すシーケンス図である。

10

【図 18】第 1 の実施形態に係る通信システムの動作の一例を示すシーケンス図である。

【図 19】第 1 の実施形態に係る通信システムの動作の一例を示すシーケンス図である。

【図 20】第 1 の実施形態に係る通信システムの動作の一例を示すシーケンス図である。

【図 21】第 2 の実施形態に係る通信システムの動作の一例を示すシーケンス図である。

【図 22】制御装置 20 a の動作の一例を示すフローチャートである。

【図 23】構成管理装置 40 の動作の一例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】

【0018】

初めに、図 1 を用いて一実施形態の概要について説明する。なお、この概要に付記した図面参照符号は、理解を助けるための一例として各要素に便宜上付記したものであり、この概要の記載はなんらの限定を意図するものではない。

20

【0019】

上述のように、スイッチと稼働系の通信ノードの間に接続障害が生じた場合であっても、稼働を継続する可用性の高い通信システムが望まれる。

【0020】

そこで、一例として図 1 に示す通信システムを提供する。図 1 に示す通信システムは、スイッチ 100 - 1 及び 100 - 2 と、制御装置 101 と、管理装置 102 と、を含んで構成される。通信ノード 103 と接続されるスイッチ 100 - 1 と、100 - 2 は、パケットを処理するための処理規則に従い、パケットを処理する。制御装置 101 は、スイッチ 100 - 1 及び 100 - 2 に処理規則を設定する。管理装置 102 は、スイッチ 100 - 1 及び 100 - 2 に接続され、稼働系の通信ノード 104 と待機系の通信ノード 105 からなる冗長化システムを管理する。制御装置 101 は、スイッチ 100 - 1 と稼働系の通信ノード 104 の間の接続障害により、通信ノード 103 と稼働系の通信ノード 104 間の第 1 のパケット転送経路が存在しない場合に、第 1 のパケット転送経路に関連する処理規則を、スイッチ 100 - 1 及び 100 - 2 から削除すると共に、第 1 のパケット転送経路の不存在を管理装置 102 に通知する。管理装置 102 は、制御装置 101 からの通知に応じて、冗長化システムの稼働系と待機系の通信ノードを入れ替える。

30

【0021】

制御装置 101 は、スイッチ 100 - 1 と稼働系の通信ノード 104 の間に生じた接続障害を、例えば、スイッチ 100 - 1 におけるポートの状態変化等により認識する。制御装置 101 は、その接続障害に起因し、通信ノード 103 と稼働系の通信ノード 104 間の第 1 のパケット転送経路が消滅した場合には、第 1 のパケット転送経路を実現する処理規則をスイッチ 100 - 1 及び 100 - 2 から削除する。さらに、制御装置 101 は、第 1 のパケット転送経路の不存在を、管理装置 102 に通知する。通知を受信した管理装置 102 は、稼働系の通信ノード 104 を待機系の通信ノードとして動作させ、待機系の通信ノード 105 を稼働系の通信ノードとして動作させる。その結果、稼働系の通信ノード 104 には障害が発生しておらず、管理装置 102 は、稼働系の通信ノード 104 を介して、通信システムの障害を認識できない状況であっても、制御装置 101 を介して通信システムの障害を認識できる。管理装置 102 は、スイッチ 100 - 1 と稼働系の通信ノード 104 の間の接続障害を認識すれば、待機系の通信ノード 105 を稼働系の通信ノード

40

50

として動作させることができる。

【 0 0 2 2 】

また、既に設定されていた第 1 のパケット転送経路を実現する処理規則は削除されるため、例えば、通信ノード 1 0 3 から冗長化システムに向けてパケットが送信された場合、スイッチ 1 0 0 - 1 は新規パケットを受信したと判断し、制御装置 1 0 1 に処理規則の設定を要求する。要求を受けた制御装置 1 0 1 は、通信ノード 1 0 3 から新たな稼働系の通信ノードへのパケット転送経路を実現する処理規則を、スイッチ 1 0 0 - 1 及び 1 0 0 - 2 に設定する。その結果、通信ノード 1 0 3 から冗長化システムに向けたパケット転送経路が確保され、通信システムの運用を継続できる。即ち、通信システムに生じた障害が回復され、通信システムの可用性が高まる。

10

【 0 0 2 3 】

以下に具体的な実施の形態について、図面を参照してさらに詳しく説明する。

【 0 0 2 4 】

[ 第 1 の実施形態 ]

第 1 の実施形態について、図面を用いてより詳細に説明する。

【 0 0 2 5 】

図 2 は、第 1 の実施形態に係る通信システムの一例を示す図である。図 2 を参照すると、ネットワーク間の接続を実現するスイッチ 1 0 - 1 ~ 1 0 - 3 と、スイッチ 1 0 - 1 ~ 1 0 - 3 を含むネットワークを制御する制御装置 2 0 と、スイッチ 1 0 - 1 ~ 1 0 - 3 のそれぞれに接続された通信ノード 3 0 - 1 ~ 3 0 - 3 と、構成管理装置 4 0 と、を含む構成が示されている。

20

【 0 0 2 6 】

例えば、制御装置 2 0 はオープンフローコントローラに相当し、スイッチ 1 0 - 1 ~ 1 0 - 3 はオープンフロースイッチに相当する。制御装置 2 0 と、スイッチ 1 0 - 1 ~ 1 0 - 3 は、それぞれ、セキュアチャネルにより接続されている。また、スイッチ 1 0 - 1 ~ 1 0 - 3 の間の回線は、冗長化されている。

【 0 0 2 7 】

なお、以降の説明において、スイッチ 1 0 - 1 ~ 1 0 - 3 を特に区別する必要のないときは「スイッチ 1 0」と表記する。同様に、通信ノード 3 0 - 1 ~ 3 0 - 3 を特に区別する必要のないときは「通信ノード 3 0」と表記する。また、図 2 に示す通信システムは例示であって、スイッチや通信ノードの個数及びこれらの接続は、図 2 の構成に限定されない。

30

【 0 0 2 8 】

通信ノード 3 0 - 1 ~ 3 0 - 3 は、サーバ等の計算機である。通信ノード 3 0 - 1 ~ 3 0 - 3 のうち、少なくとも 2 以上の通信ノードにより冗長化システムを構成する。図 2 に示す通信システムにおいては、通信ノード 3 0 - 1 及び 3 0 - 3 が冗長化システムを構成する。また、冗長化システムを構成する通信ノード 3 0 のうち、稼働系の通信ノードは、構成管理装置 4 0 に対して、自身は稼働中であることを示すメッセージを定期的送信する（以下、当該メッセージをハートビート ( H e a r t \_ B e a t ) メッセージと表記する）。構成管理装置 4 0 は、ハートビートメッセージを受信することで、稼働系の通信ノードが正常に動作していることを確認する。換言するならば、構成管理装置 4 0 は、ハートビートメッセージを受信できない場合に、稼働系の通信ノードに障害が生じていると認識する。

40

【 0 0 2 9 】

また、稼働系の通信ノードは、自らに障害が生じていると認識した場合には、その旨を構成管理装置 4 0 に通知してもよい。その結果、稼働系の通信ノードは、自らの障害を構成管理装置 4 0 に対して能動的に伝達でき、稼働系と待機系の通信ノードの入れ替えを早期に実現できる。本実施形態に係る通信ノード 3 0 は、自らの障害を検出した場合には、構成管理装置 4 0 に対してその旨を通知する。なお、稼働系の通信ノードが、自らに障害が生じたことを構成管理装置 4 0 に通知する際に使用するメッセージを、障害通知 ( F a

50

failure\_Notification)メッセージと表記し、以降の説明を行う。例えば、通信ノード30は、自身に含まれる機能モジュールが正常動作しているか否かを判定し、機能モジュールが正常に動作していないと判定した場合には、障害通知メッセージを構成管理装置40に送信する。なお、通信ノード30が、機能モジュールの動作を確認する方法はどのようなものでもよい。例えば、機能モジュールが正常動作している場合には、内部レジスタのフラグを定期的に反転させ、当該レジスタのフラグが、所定の期間、変化しない場合に、当該機能モジュールに障害が生じていると判定してもよい。

#### 【0030】

冗長化システムを構成する通信ノード30は、構成管理装置40の指示に従い、稼働系の通信ノードから待機系の通信ノード(あるいは、その逆)に入れ替わる。より具体的には、構成管理装置40が送信するサービスストップ(Service\_Stop)メッセージを受信した稼働系の通信ノード30は待機系の通信ノードへと動作モードを切り替える。また、構成管理装置40が送信するサービススタート(Service\_Start)メッセージを受信した待機系の通信ノード30は稼働系の通信ノードへと動作モードを切り替える。なお、構成管理装置40が、サービスストップメッセージ及びサービススタートメッセージを送信する条件等の詳細は後述する。

10

#### 【0031】

構成管理装置40は、クラスタ化され、冗長化システムを構成する通信ノード群を管理し、制御する装置である。図2において、通信ノード30-1及び30-3により冗長化システムが構成され、構成管理装置40はこれらの通信ノード30を管理し、制御する。

20

#### 【0032】

スイッチ10は、パケットを処理するための処理規則に従い、パケットを処理する。図3は、スイッチ10の内部構成の一例を示す図である。スイッチ10は、通信部11と、テーブル管理部12と、テーブルデータベース(テーブルDB)13と、転送処理部14と、接続監視部15と、を含んで構成されている。

#### 【0033】

通信部11は、スイッチ10に処理規則(フローエントリ)を設定する制御装置20との通信を実現する手段である。本実施形態では、通信部11は、非特許文献2のオープンフロープロトコルを用いて制御装置20と通信するものとする。但し、通信部11と制御装置20との通信プロトコルは、オープンフロープロトコルに限定されるものではない。

30

#### 【0034】

テーブル管理部12は、テーブルDB13に保持されているフローテーブルを管理する手段である。より具体的には、テーブル管理部12は、制御装置20から指示された処理規則をテーブルDB13に登録し、転送処理部14から新規パケットを受信したことが通知されると、制御装置20に処理規則の設定を要求する。

#### 【0035】

テーブルDB13は、転送処理部14が受信パケットの処理を行う際に参照するフローテーブルを1つ以上格納可能なデータベースによって構成される。

#### 【0036】

転送処理部14は、テーブル検索部141と、アクション実行部142と、を含んで構成される。テーブル検索部141は、テーブルDB13に格納されたフローテーブルから、受信パケットに適合するマッチフィールドを持つエントリを検索する手段である。アクション実行部142は、テーブル検索部141にて検索されたエントリのインストラクションフィールドに示す処理内容に従ってパケット処理を行う手段である。

40

#### 【0037】

転送処理部14は、受信パケットに適合するマッチフィールドを持つエントリが見つからなかった場合は、その旨をテーブル管理部12に通知する。さらに、転送処理部14は、パケット処理に応じて、テーブルDB13に登録されている統計情報を更新する。

#### 【0038】

接続監視部15は、スイッチ10が備えるポートの接続状態を監視する。より具体的に

50



は、接続監視部 15 は、スイッチ 10 のポートに通信機器（具体的には通信ノード 30、他のスイッチ 10）が接続され、当該通信機器との接続が活性化することを検出する。あるいは、接続監視部 15 は、自身のポートに接続された通信機器が取り除かれ、当該通信機器との接続が非活性化することを検出する。このように、接続監視部 15 は、スイッチ 10 が備えるポートの状態変化を検出する。

#### 【0039】

接続監視部 15 は、ポートの状態変化を検出した場合に、制御装置 20 に対して、ポートステータス（Port\_Status）メッセージを、通信部 11 を介して送信する。ポートステータスメッセージは、スイッチ 10 が備えるポートの状態変化（他の通信機器とのリンク確立又はリンク切断）を制御装置 20 に通知するメッセージである。なお、本実施形態に係るスイッチ 10 は、通信ノード 30 と接続するポートの状態変化と、他のスイッチ 10 と接続するポートの状態変化と、をそれぞれ検出し、検出結果をポートステータスメッセージとして制御装置 20 に送信する。つまり、スイッチ 10 が備えるポートでのリンク確立（リンクアップ）を示すポートステータスメッセージと、スイッチ 10 が備えるポートでのリンク切断（リンクダウン）を示すポートステータスメッセージと、がスイッチ 10 から制御装置 20 に送信される。即ち、ポートステータスメッセージは、スイッチ 10 と、通信ノード 30 又は他のスイッチ 10 と、の間の接続障害の発生を制御装置 20 に通知するためのメッセージである。

#### 【0040】

図 4 は、スイッチ 10 に設定する処理規則の一例を示す図である。図 4 を参照すると、受信パケットのパケットヘッダと照合するルールを格納するマッチフィールド（Match Field）と、ルールに適合するパケット等の統計情報を格納するフロー統計情報フィールド（Counters）と、ルールに適合するパケットに適用する処理内容（Action）を格納するインストラクションフィールド（Instructions）と、を対応付けたエントリ（処理規則）が示されている。なお、マッチフィールドには、入力ポートや送信元 MAC アドレス等に関するルールを格納する複数のカラムが含まれる。また、受信パケットのパケットヘッダと照合するルールとして、マッチフィールドの条件にワイルドカードを設定してもよい。

#### 【0041】

図 5 は、インストラクションフィールドに設定可能な処理内容とその内容の一例の図である。図 5 を参照すると、例えば、OUTPUT は、受信パケットを指定ポート（インタフェース）に出力するアクションであることが分かる。また、SET\_VLAN\_VID から SET\_TP\_DST は、パケットヘッダのフィールドを修正するアクションである。これらを組み合わせて、例えば、ある送信元から宛先に送信されるパケットの VLAN ID を書き換えた上で、指定ポートから出力できる。

#### 【0042】

図 6 は、制御装置 20 の内部構成の一例を示す図である。制御装置 20 は、トポロジ管理部 21 と、トポロジデータベース（トポロジ DB）22 と、制御メッセージ処理部 23 と、経路・アクション計算部 24 と、パケット転送経路データベース（パケット転送経路 DB）25 と、処理規則管理部 26 と、処理規則データベース（処理規則 DB）27 と、接続変更処理部 28 と、スイッチ 10 及び構成管理装置 40 との通信を行うノード通信部 29 と、を含んで構成される。

#### 【0043】

トポロジ管理部 21 は、制御メッセージ処理部 23 及びノード通信部 29 を介して、制御装置 20 が制御対象とするスイッチ 10 の接続情報（スイッチ 10 と通信ノード 30 の接続に関する情報、スイッチ 10 同士の接続に関する情報）を集約し、ネットワークのトポロジを管理する。より具体的には、トポロジ管理部 21 は、スイッチ 10 が送信するポートステータスメッセージから得られるリンク確立及びリンク切断に関する情報を集約し、ネットワークのトポロジを把握する。なお、ネットワークの運用開始の際には、ネットワーク管理者がネットワークのトポロジを予め制御装置 20 に入力してもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 4 】

トポロジDB22は、ネットワークのトポロジを記憶するデータベースである。制御装置20が制御対象とするネットワークのトポロジは、スイッチ10同士の接続と、スイッチ10と通信ノード30との接続と、から成り立つため、トポロジDB22はこれらの接続に関する情報を記憶する。

## 【 0 0 4 5 】

図7は、トポロジDB22のエントリの一例を示す図である。図7(a)は、スイッチ10同士の接続に関するエントリである。図7(a)を参照すると、スイッチ10同士の接続は、それぞれのスイッチ10を識別するDPID(Data Path ID)と、DPIDに対応したポート番号の組により規定される。図7(b)は、スイッチ10と通信ノード30の接続に関するエントリである。図7(b)を参照すると、スイッチ10のDPIDとそのポート番号、及び、当該ポートに接続される通信ノード30が備えるNIC(Network Interface Card)のMACアドレスの対応付けにより、スイッチ10と通信ノード30の接続が規定される。なお、以降の説明において、通信機器(例えば、スイッチ10や通信ノード30)のMACアドレスと表記した場合には、当該通信機器が備えるNICのMACアドレスを意味するものとする。

## 【 0 0 4 6 】

制御メッセージ処理部23は、スイッチ10や構成管理装置40から受信したメッセージを解析して、制御装置20内の該当する処理手段に引き渡す。

## 【 0 0 4 7 】

経路・アクション計算部24は、トポロジDB22が記憶するネットワークのトポロジに基づいて、フローごとのパケット転送経路を計算する。経路・アクション計算部24は、計算したパケット転送経路をパケット転送経路DB25に登録する。経路・アクション計算部24は、スイッチ10から処理規則の設定を要求された場合に、パケット転送経路を計算する。なお、経路・アクション計算部24は、要求された処理規則を実現するパケット転送経路を計算できない場合には、その旨を構成管理装置40に通知する。その際に、使用するメッセージを、パスディセーブル(Path\_Disable)メッセージと表記する。さらに、経路・アクション計算部24は、接続変更処理部28からの指示に従い、パケット転送経路の計算を行うこともある。

## 【 0 0 4 8 】

図8は、パケット転送経路DB25のエントリの一例を示す図である。なお、パケット転送経路DB25のエントリは、フローごとのパケット転送経路に対応して存在する。パケット転送経路DB25のエントリは、IN情報フィールド、OUT情報フィールド及びリンク情報フィールドから構成される。IN情報フィールドは、パケットを最初に入力するポートを格納する。具体的には、IN情報フィールドには、最初にパケットを受け付けるスイッチ10のDPIDと、当該スイッチ10のポート番号と、が格納される。OUT情報フィールドは、最後にパケットを出力するポートを格納する。具体的には、OUT情報フィールドには、パケットを出力するスイッチ10のDPIDと、当該スイッチ10のポート番号と、が格納される。リンク情報フィールドは、通過するリンクに関する情報を格納する。なお、通過するリンクが複数存在する場合には、リンク情報フィールドもまた複数存在する。リンク情報フィールドには、入力側のスイッチ10のDPIDとそのポート番号、出力側のスイッチ10のDPIDとそのポート番号、の組が格納される。このように、制御装置20は、パケット転送経路に含まれる、始点のスイッチ、中間のスイッチ及び終点のスイッチに関する情報を記憶する。

## 【 0 0 4 9 】

処理規則管理部26は、スイッチ10に設定する処理規則を管理する。処理規則管理部26は、経路・アクション計算部24にて計算されたパケット転送経路に基づき、スイッチ10に設定する処理規則を生成し、生成した処理規則を処理規則DB27に登録する。また、処理規則管理部26は、生成した処理規則を、制御メッセージ処理部23及びノード通信部29を介してスイッチ10に設定する。さらに、処理規則管理部26は、接続変

10

20

30

40

50

更処理部 28 からの指示に従い、処理規則 DB 27 のエントリを変更（エントリの削除及び追加を含む）する。さらにまた、処理規則管理部 26 は、接続変更処理部 28 からの指示に従い、スイッチ 10 に既に設定した処理規則を削除し、又は、スイッチ 10 に新たな処理規則を設定する。

#### 【0050】

接続変更処理部 28 は、スイッチ 10 におけるポートの状態変更を示すポートステータスメッセージを、制御メッセージ処理部 23 及びノード通信部 29 を介して受信する。接続変更処理部 28 は、受信したポートステータスメッセージに基づいて、制御装置 20 内部の状態変更を行う。より具体的には、ポートステータスメッセージの受信は、制御装置 20 が制御対象とするネットワークのトポロジが変化したことを意味するので、トポロジの変化の影響を受けるパケット転送経路に関する処理を行う。より詳細には、受信したポートステータスメッセージがリンク切断を通知する場合には、リンク切断の影響を受けるパケット転送経路が存在する可能性がある（パケットを転送できないパケット転送経路が存在する可能性がある）。この場合、そのようなパケット転送経路に関連する処理規則を削除する。接続変更処理部 28 は、処理規則を削除する必要がある場合に、処理規則管理部 26 に対して、処理規則 DB 27 のエントリを削除する指示と、スイッチ 10 に既に設定されている処理規則を削除させる指示と、を行う。

10

#### 【0051】

さらに、このようなパケット転送経路が、構成管理装置 40 の管理対象である通信ノード 30 に関連する場合がある。そこで、接続変更処理部 28 は、リンク切断の影響を受けるパケット転送経路であって、通信ノード 30 が使用するパケット転送経路が存在するのであれば、その旨を構成管理装置 40 に通知する。換言するならば、接続変更処理部 28 は、通信ノード 30 と冗長化システムを構成する稼働系の通信ノード 30 の間のパケット転送経路であって、スイッチ 10 に生じたリンク切断の影響により消滅するパケット転送経路の存在を（稼働系の通信ノード 30 へのパケット転送経路の不存在を）判定し、消滅するパケット転送経路が存在する旨を構成管理装置 40 に通知する。なお、接続変更処理部 28 が、制御メッセージ処理部 23 及びノード通信部 29 を介して、リンク切断の影響により消滅するパケット転送経路を構成管理装置 40 に通知する際に使用するメッセージは、上述のパスディセーブルメッセージである。なお、消滅するパケット転送経路が存在する場合には、接続変更処理部 28 は、このようなパケット転送経路をパケット転送経路 DB 25 から削除する。

20

30

#### 【0052】

また、接続変更処理部 28 は、構成管理装置 40 から、後述するホストディセーブル（Host\_Disable）メッセージを、制御メッセージ処理部 23 及びノード通信部 29 を介して受信する。ホストディセーブルメッセージは、構成管理装置 40 が管理する冗長化システム（クラスタ化された通信ノード群）に含まれる稼働系の通信ノード 30 が使用不能となった旨を通知するメッセージである。従って、使用不能となった通信ノード 30 のパケットの転送のために用意されたパケット転送経路が存在する可能性がある。このような場合も、接続変更処理部 28 は、処理規則管理部 26 に、使用不能となった通信ノードに関連するパケット転送経路を実現する処理規則を削除させる。

40

#### 【0053】

構成管理装置 40 は、スイッチ 10 に接続され、稼働系の通信ノード 30 と待機系の通信ノード 30 により構成される冗長化システム（クラスタ化された通信ノード群）を管理する装置である。例えば、図 2 に示す通信システムにおいては、構成管理装置 40 は、通信ノード 30 - 1 及び 30 - 3 を管理し、制御する。

#### 【0054】

図 9 は、構成管理装置 40 の内部構成の一例を示す図である。構成管理装置 40 は、通信ノード管理データベース（通信ノード管理 DB）41 と、障害処理部 42 と、制御装置 20 及び通信ノード 30 との通信を行う通信部 43 と、を含んで構成される。

#### 【0055】

50

通信ノード管理DB41は、クラスタ化された通信ノード群（例えば、通信ノード30-1及び30-3）に関する情報を記憶する。

【0056】

図10は、通信ノード管理DB41のエントリの一例を示す図である。通信ノード管理DB41のエントリは、稼働系通信ノードフィールドと、通信ノード情報フィールドと、から構成されている。稼働系通信ノードフィールドは、クラスタ化された通信ノード群における稼働系の通信ノード30を識別する情報を格納するフィールドである。稼働系通信ノードフィールドには、稼働系の通信ノード30のMACアドレスや、通信ノード情報フィールドに使用するインデックスが格納される。

【0057】

通信ノード情報フィールドは、クラスタ化された通信ノード群に含まれる個々の通信ノード30に関する情報を格納するフィールドである。具体的には、通信ノード情報フィールドは、個々の通信ノード30のMACアドレスと、その通信ノード30の死活状態（通信ノード30が使用可能又は使用不能）を示す死活フラグと、を格納する。なお、図10では、稼働系の通信ノード30は1つであることが前提であるが、稼働系の通信ノード30が2以上であってもよい。稼働系の通信ノード30が複数存在すれば、クラスタ化された通信ノード群により可用性が高まるだけでなく、負荷分散も実現できる。

【0058】

障害処理部42は、冗長化システムを構成する通信ノード30の状態、又は、制御装置20からの通知に基づいて、通信ノード30を制御する。より具体的には、障害処理部42は、稼働系の通信ノード30が送信するハートビートメッセージを所定の期間内に受信できなかった場合、又は、稼働系の通信ノード30から障害通知メッセージを受信した場合には、冗長化システムの稼働系の通信ノード30と待機系の通信ノード30とを入れ替える。その際、障害処理部42は、通信部43を介して、稼働系の通信ノード30に対してはサービスストップメッセージを、待機系の通信ノード30に対してはサービススタートメッセージを、送信する。あるいは、制御装置20からバスディセーブルメッセージを受信した場合に、障害処理部42は、サービスストップメッセージ及びサービススタートメッセージを送信することで、稼働系の通信ノード30と待機系の通信ノード30を入れ替える。

【0059】

さらに、障害処理部42は、稼働系の通信ノード30が送信するハートビートメッセージを所定の期間内に受信できなかった場合、又は、稼働系の通信ノード30から障害通知メッセージを受信した場合には、ホストディセーブルメッセージを制御装置20に送信することで、使用不能となった通信ノード30の存在を制御装置20に通知する。即ち、構成管理装置40は、稼働系の通信ノード30が定期的送信するハートビートメッセージを所定の期間内に受信できない場合に、制御装置20に、稼働系の通信ノード30の使用不能を通知する。あるいは、構成管理装置40は、稼働系の通信ノード30に生じた障害を認識した場合に、制御装置20に、稼働系の通信ノード30の使用不能を通知する。

【0060】

なお、図3、図6、図9に示したスイッチ10、制御装置20、構成管理装置40の各部（処理手段）は、これらの装置を構成するコンピュータに、そのハードウェアを用いて、後述する各処理を実行させるコンピュータプログラムにより実現することもできる。

【0061】

次に、スイッチ10、制御装置20及び構成管理装置40の動作について説明する。

【0062】

図11は、スイッチ10の動作の一例を示すフローチャートである。図11は、スイッチ10がパケットを受け取った際の動作例を示す。

【0063】

スイッチ10の転送処理部14は、テーブルDB13に格納されている処理規則のマッチフィールドと受信パケットのパケットヘッダを比較し、受信パケットのパケットヘッダ

10

20

30

40

50

に一致する処理規則が存在するか否かを検索する（ステップS 1 0 1、S 1 0 2）。

【0064】

受信パケットのパケットヘッダに一致するマッチフィールドを持つ処理規則が存在する場合（ステップS 1 0 2、Yes分岐）には、転送処理部14は、ステップS 1 0 1で検索した処理規則のインストラクションフィールドに指定されている処理（Action）を受信パケットに対して実行する（ステップS 1 0 3）。

【0065】

一方、受信パケットのパケットヘッダに一致するマッチフィールドを持つ処理規則が存在しない場合（ステップS 1 0 2、No分岐）には、受信パケットを制御装置20に転送する（ステップS 1 0 4）。

【0066】

なお、図11のフローチャートには示されていないが、スイッチ10は、制御装置20から、FlowModメッセージを受け取ることで、テーブルDB13のエントリの追加（ADD）又は削除（DEL）を行う。さらに、スイッチ10は、自身のポートに通信機器が接続され、当該通信機器との接続が活性化された場合や、通信機器との接続が切断され、当該通信機器との接続が非活性化された場合に、制御装置20に対して、ポートステータスメッセージを送信する。

【0067】

図12は、制御装置20の動作の一例を示すフローチャートである。図12は、スイッチ10から受信パケットが転送された場合における制御装置20の動作例を示す。

【0068】

ステップS 2 0 1において、経路・アクション計算部24が、トポロジDB22が記憶するネットワークのトポロジを用いて、パケットの発信元の通信ノード30と宛先の通信ノード30間のパケット転送経路の計算を試みる。

【0069】

経路・アクション計算部24は、パケット転送経路の計算が可能か否かを判定（ステップS 2 0 2）し、パケット転送経路が存在する場合（ステップS 2 0 2、Yes分岐）には、ステップS 2 0 3～S 2 0 6に係る処理が実行される。一方、パケット転送経路が存在しない場合（ステップS 2 0 2、No分岐）には、ステップS 2 0 7及びS 2 0 8に係る処理が実行される。

【0070】

ステップS 2 0 3において、処理規則管理部26が、経路・アクション計算部24が計算したパケット転送経路に基づいて、スイッチ10に設定する処理規則を生成する。例えば、処理規則管理部26は、スイッチ10から転送された受信パケットのパケットヘッダを用いてマッチングフィールドを計算し、インストラクションフィールドに格納する処理として、処理規則を設定しようとするスイッチ10の次のスイッチ10、又は、宛先の通信ノード30に接続されたスイッチ10のポートにパケットを出力するOUTPUTを指定する。

【0071】

経路・アクション計算部24は、ステップS 2 0 1で計算したパケット転送経路（入出力ポートに関する情報、使用するリンクに関する情報；図8参照）を、パケット転送経路DB25に登録する（ステップS 2 0 4）。

【0072】

ステップS 2 0 5において、処理規則管理部26は、ステップS 2 0 3で生成した処理規則を、制御メッセージ処理部23及びノード通信部29を介して、対応するスイッチ10に設定する。

【0073】

ステップS 2 0 6において、処理規則管理部26は、宛先の通信ノード30に最も近接するスイッチ10に対し、宛先の通信ノード30にパケットを転送するように指示（パケットアウトを指示）すると共に、転送すべきパケットを当該通信ノード30に送信する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 4 】

ステップ S 2 0 7 において、経路・アクション計算部 2 4 は、構成管理装置 4 0 に対してパケット転送経路が計算できない旨を通知する。なお、制御装置 2 0 が、構成管理装置 4 0 に対して送信するメッセージは、上述のパスディセーブルメッセージである。制御装置 2 0 が、パスディセーブルメッセージを送信する際には、送信元の通信ノード 3 0 と宛先の通信ノード 3 0 の間に形成できないパケット転送経路の当該発信元の通信ノード 3 0 と宛先の通信ノード 3 0 に関する情報も合わせて通知する。より具体的には、制御装置 2 0 は、構成管理装置 4 0 に対し、形成できないパケット転送経路における送信元の通信ノード 3 0 と宛先の通信ノード 3 0 の M A C アドレスや I P アドレスを送信する。

## 【 0 0 7 5 】

その後、経路・アクション計算部 2 4 は、スイッチ 1 0 から転送された受信パケットを廃棄する（ステップ S 2 0 8 ）。

## 【 0 0 7 6 】

図 1 3 は、制御装置 2 0 の動作の一例を示すフローチャートである。図 1 3 は、スイッチ 1 0 からポートステータスメッセージが送信された場合における制御装置 2 0 の動作例を示す。

## 【 0 0 7 7 】

ステップ S 2 1 1 において、接続変更処理部 2 8 は、ポートステータスメッセージがリンク確立を示すメッセージか否かを判定する。

## 【 0 0 7 8 】

リンク確立を示すメッセージの場合（ステップ S 2 1 1、Y e s 分岐）には、接続変更処理部 2 8 は、受信したポートステータスメッセージに基づき、スイッチ 1 0 に接続された通信機器（他のスイッチ 1 0 や通信ノード 3 0 ）を確認（ステップ S 2 1 2 ）する。なお、スイッチ 1 0 に接続された通信機器を確認する手法としては、接続先の通信機器がスイッチやルータであれば L L D P（Link Layer Discovery Protocol）が使用できる。また、接続先の通信機器がサーバ等の計算機であれば、これらの通信機器から送信されたフレームの M A C アドレスを取得することで接続された通信機器が確認できる。

## 【 0 0 7 9 】

さらに、接続変更処理部 2 8 は、スイッチ 1 0 に接続された通信機器に関する情報（D P I D、ポート番号、M A C アドレス；図 7 参照）をトポロジ D B 2 2 に登録する（ステップ S 2 1 3 ）。

## 【 0 0 8 0 】

一方、ポートステータスメッセージがリンク確立に関するメッセージではない場合（即ち、リンク切断に係るメッセージの場合；ステップ S 2 1 1、N o 分岐）には、ステップ S 2 1 4 ~ S 2 2 3 に係る処理が実行される。

## 【 0 0 8 1 】

ステップ S 2 1 4 において、接続変更処理部 2 8 は、ポートステータスメッセージを送信したスイッチ 1 0 のポートであって、リンク切断が通知されたポートに関連するエントリを、トポロジ D B 2 2 から削除する。即ち、接続変更処理部 2 8 は、ポートステータスメッセージに基づいて、トポロジ D B 2 2 を更新する。

## 【 0 0 8 2 】

次に、接続変更処理部 2 8 は、パケット転送経路 D B 2 5 を検索（ステップ S 2 1 5 ）し、ポートステータスメッセージを送信したスイッチ 1 0 のリンク切断が通知されたポートに関連するパケット転送経路が存在するか否かを判定する（ステップ S 2 1 6 ）。より具体的には、接続変更処理部 2 8 は、図 8 に示すエントリにおいて、I N 情報、O U T 情報及びリンク情報のうち少なくとも 1 以上のフィールドに、リンク切断が通知されたポートのポート番号が存在するか否かを判定する。

## 【 0 0 8 3 】

関連するパケット転送経路が存在しなければ（ステップ S 2 1 6、N o 分岐）、処理を終了する。関連するパケット転送経路が存在すれば（ステップ S 2 1 6、Y e s 分岐）、

10

20

30

40

50

ステップ S 2 1 7 以降の処理が実行される。より具体的には、ステップ S 2 1 8 以降の処理において、リンク切断が通知されたポートを含むパケット転送経路を実現する処理規則を、スイッチ 1 0 のテーブル D B 1 3 及び処理規則 D B 2 7 から削除する削除処理を実行する。

【 0 0 8 4 】

ステップ S 2 1 7 において、接続変更処理部 2 8 は、削除すべきパケット転送経路であって、未だ削除処理がなされていないパケット転送経路（以下、未処理転送経路と表記する）が存在するか否かを判定する。

【 0 0 8 5 】

未処理転送経路が存在しなければ（ステップ S 2 1 7、N o 分岐）、処理を終了する。未処理転送経路が存在すれば（ステップ S 2 1 7、Y e s 分岐）、ステップ S 2 1 5 のパケット転送経路 D B 2 5 の検索により得られたパケット転送経路を、削除処理の対象に設定する（ステップ S 2 1 8）。

【 0 0 8 6 】

ステップ S 2 1 9 において、接続変更処理部 2 8 は、処理規則管理部 2 6 に対し、削除対象のパケット転送経路を実現するスイッチ 1 0 であって、パケット転送経路の入力側のスイッチ 1 0 のテーブル D B 1 3 から処理規則を削除する指示を行う。指示を受けた処理規則管理部 2 6 は、制御メッセージ処理部 2 3 及びノード通信部 2 9 を介して、F l o w M o d ( D L L ) メッセージをスイッチ 1 0 に送信することで、処理規則を削除する。より具体的には、マッチングフィールドにおける送信元 M A C アドレスにトポロジ D B 2 2 から検索した I N 情報フィールドに格納する M A C アドレスを、宛先 M A C アドレスに O U T 情報フィールドに格納する M A C アドレスを、他のカラムにはワイルドカードを、それぞれ指定し、F l o w M o d ( D L L ) メッセージを用いて処理規則を削除する。

【 0 0 8 7 】

さらに、ステップ S 2 2 0 において、接続変更処理部 2 8 は、未処理転送経路の送信元のスイッチ 1 0（I N 情報フィールドに格納するスイッチ）と、宛先のスイッチ 1 0（O U T 情報フィールドに格納するスイッチ）を記憶部（図示せず）に記憶すると共に、未処理転送経路をパケット転送経路 D B 2 5 から削除する。

【 0 0 8 8 】

ステップ S 2 2 1 において、経路・アクション計算部 2 4 は、前ステップで記憶した送信元のスイッチ 1 0 と宛先のスイッチ 1 0 間のパケット転送経路の計算を試みる。

【 0 0 8 9 】

経路・アクション計算部 2 4 は、パケット転送経路の計算が可能か否かを判定（ステップ S 2 2 2）し、パケット転送経路が存在する場合（ステップ S 2 2 2、Y e s 分岐）には、ステップ S 2 1 7 に戻り処理を継続する。一方、パケット転送経路が存在しない場合（ステップ S 2 2 2、N o 分岐）には、ステップ S 2 2 3 に係る処理が実行される。

【 0 0 9 0 】

ステップ S 2 2 3 においては、接続変更処理部 2 8 は、ステップ S 2 2 0 で記憶した送信元のスイッチ 1 0 と宛先のスイッチ 1 0 の間には、パケット転送経路が存在しない旨を、構成管理装置 4 0 に通知する（パステイセーブルメッセージを送信する）。その際、接続変更処理部 2 8 は、トポロジ D B 2 2 を検索し、ステップ S 2 2 0 で記憶した送信元のスイッチ 1 0 と宛先のスイッチ 1 0 の M A C アドレスを取得し、取得した M A C アドレスも併せて構成管理装置 4 0 に通知する。

【 0 0 9 1 】

図 1 4 は、制御装置 2 0 の動作の一例を示すフローチャートである。図 1 4 は、構成管理装置 4 0 から通信ノード 3 0 の使用不能が通知された場合における制御装置 2 0 の動作例を示す。なお、この場合には、構成管理装置 4 0 から制御装置 2 0 に対して、ホストディセーブルメッセージが送信される。

【 0 0 9 2 】

ホストディセーブルメッセージを受信した制御装置 2 0 は、ステップ S 2 3 1 において

、接続変更処理部 28 が、トポロジ DB 22 を検索し、使用不能が通知された通信ノード 30 に接続されているスイッチ 10 及びそのポートを確認する。

【0093】

ステップ S 232 において、接続変更処理部 28 は、パケット転送経路 DB 25 を検索し、前ステップで確認したスイッチ 10 及びそのポートに関連するパケット転送経路の存在を確認する。

【0094】

関連するパケット転送経路が存在しなければ（ステップ S 233、No 分岐）、処理を終了する。関連するパケット転送経路が存在すれば（ステップ S 233、Yes 分岐）、ステップ S 234 以降の処理を実行する。より具体的には、ステップ S 234 以降の処理において、使用不能が通知された通信ノード 30 に接続されているスイッチ 10 を含むパケット転送経路を実現する処理規則を、スイッチ 10 のテーブル DB 13 及び処理規則 DB 27 から削除する削除処理を実行する。

【0095】

ステップ S 234 において、接続変更処理部 28 は、削除すべきパケット転送経路であって、未だ削除処理がなされていないパケット転送経路（未処理転送経路）が存在するかどうかを判定する。

【0096】

未処理転送経路が存在しなければ（ステップ S 234、No 分岐）、処理を終了する。未処理転送経路が存在すれば（ステップ S 234、Yes 分岐）、ステップ S 232 のパケット転送経路 DB 25 の検索により得られたパケット転送経路を、削除処理の対象に設定する（ステップ S 235）。

【0097】

ステップ S 236 において、接続変更処理部 28 は、処理規則管理部 26 に対し、削除対象のパケット転送経路を実現するスイッチ 10 であって、パケット転送経路の入力側のスイッチ 10 のテーブル DB 13 から処理規則を削除する指示を行う。指示を受けた処理規則管理部 26 は、制御メッセージ処理部 23 及びノード通信部 29 を介して、Flow Mod (DLL) メッセージをスイッチ 10 に送信することで、処理規則を削除する。より具体的には、マッチングフィールドにおける送信元 MAC アドレスにトポロジ DB 22 から検索した IN 情報フィールドに格納する MAC アドレスを、宛先 MAC アドレスに OUT 情報フィールドに格納する MAC アドレスを、他のカラムにはワイルドカードを、それぞれ指定し、Flow Mod (DLL) メッセージを用いて処理規則を削除する。

【0098】

さらに、ステップ S 237 において、接続変更処理部 28 は、未処理転送経路をパケット転送経路 DB 25 から削除する。その後、ステップ S 234 に戻り、処理を継続する。

【0099】

図 15 は、構成管理装置 40 の動作の一例を示すフローチャートである。図 15 は、稼働系の通信ノード 30 に障害が生じた場合における構成管理装置 40 の動作例を示す。

【0100】

障害処理部 42 は、稼働系の通信ノード 30 から定期的送信されてくるハートビートメッセージのタイムアウトが生じているか、又は、稼働系の通信ノード 30 からの障害通知メッセージを受信したかを確認する（ステップ S 401）。即ち、本ステップにおいて、障害処理部 42 は、稼働系の通信ノード 30 の状態を確認する。

【0101】

稼働系の通信ノード 30 からの障害通知メッセージを受信した場合（ステップ S 402、Yes 分岐）には、障害処理部 42 は、制御装置 20 に対して、稼働系の通信ノード 30 は使用不能である旨を通知する（ステップ S 405）。より具体的には、障害処理部 42 は、通信ノード管理 DB 41 のエントリ（稼働系通信ノードフィールド及び対応する通信ノード情報フィールド）を参照し、動作を停止させる稼働系の通信ノード 30 の MAC アドレスを取得し、取得した MAC アドレスを添えて当該通信ノード 30 は使用不能であ

10

20

30

40

50



る旨を制御装置 20 に通知する（ホストディセーブルメッセージを送信する）。また、障害処理部 42 は、本ステップにおいて、稼働系の通信ノード 30 に動作の停止を指示する（サービスストップメッセージを送信する）。

【0102】

このように、構成管理装置 40 から制御装置 20 に対して、使用不能の通信ノード 30 を通知することで、稼働系の通信ノード 30 に生じた障害に起因して稼働系の通信ノード 30 を正常に停止できない場合であっても、不要なパケット転送経路が削除できる。

【0103】

一方、所定の期間内にハートビートメッセージを受信できない（後述するタイマがタイムアウト；ステップ S 403、Yes 分岐）場合には、動作を停止させる稼働系の通信ノード 30 及び死活フラグに使用不能が設定されている通信ノード 30 を除外した通信ノード群から、新たな稼働系の通信ノード 30 を選択する（ステップ S 406）。また、動作を停止させる稼働系の通信ノード 30 に対応する死活フラグに使用不能を設定し、稼働系の通信ノード 30 として選択された通信ノード 30 を、通信ノード管理 DB 41 の稼働系通信ノードフィールドに格納する。

【0104】

さらに、前ステップにおいて稼働系の通信ノード 30 として選択された通信ノード 30 に対して、稼働系として動作する旨を指示（サービススタートメッセージを送信；ステップ S 407）し、指示を受けた通信ノード 30 が稼働系として動作するまで待機する（ステップ S 408）。

【0105】

ステップ S 404 では、障害処理部 42 は、予め定めた時間のタイマを設定し、ステップ S 401 に処理を戻す。

【0106】

図 16 は、構成管理装置 40 の動作の一例を示すフローチャートである。図 16 は、制御装置 20 からパケット転送経路の不存在を通知された構成管理装置 40 の動作例を示す。

【0107】

ステップ S 411 において、障害処理部 42 は、制御装置 20 からバスディセーブルメッセージと共に通知された MAC アドレスを持つ通信ノード 30 を含むエントリを、通信ノード管理 DB 41 において検索する。このようなエントリが存在する場合（ステップ S 412、Yes 分岐）に、ステップ S 413 ~ S 415 に係る処理が実行される。一方、このようなエントリが存在しない場合（ステップ S 412、No 分岐）は、処理を終了する。

【0108】

ステップ S 413 において、障害処理部 42 は、検索したエントリに含まれる通信ノード 30 であって、稼働系の通信ノード 30 に対して、動作の停止を指示する（サービスストップメッセージを送信する）。

【0109】

ステップ S 414 において、障害処理部 42 は、動作を停止させる稼働系の通信ノード 30 及び死活フラグに使用不能と設定されている通信ノード 30 を除外した通信ノード群から、新たな稼働系の通信ノード 30 を選択する。また、動作を停止させる稼働系の通信ノード 30 に対応する死活フラグに使用不能を設定し、稼働系の通信ノード 30 として選択された通信ノード 30 を、通信ノード管理 DB 41 の稼働系通信ノードフィールドに格納する。

【0110】

ステップ S 415 において、障害処理部 42 は、前ステップにおいて選択された通信ノード 30 に対して、稼働系の通信ノード 30 として動作するように指示する（サービススタートメッセージを送信する）し、指示を受けた通信ノード 30 が稼働系として動作するまで待機する（ステップ S 416）。

## 【0111】

なお、制御装置20は、パステイセーブルメッセージを送信する際に、2つのスイッチ10（パケット転送経路の入力側と出力側のスイッチ10）のMACアドレスを通知する。その際に、2つのMACアドレスが共に、通信ノード管理DB41のエントリに含まれる場合には、2つの対応が考えられる。第1に、双方の通信ノード30を停止させる方法である。第2に、一方の通信ノード30に限り停止させる方法である。第2の方法を採用する場合は、乱数や優先度に基づいて停止させる通信ノード30を定めることができる。

## 【0112】

図17～図20は、本実施形態に係る通信システムの動作の一例を示すシーケンス図である。図17～図20において、通信ノード30-1及び30-3がクラスタ化され、冗長化システムを構成する。また、通信ノード30-1が稼働系の通信ノードとする。

10

## 【0113】

図17は、パケット転送経路がスイッチ10に設定されていない状態で、通信ノード30-2から通信ノード30-1に向けてパケットを送信する場合の動作例を示す。

## 【0114】

図17を参照すると、初めに、通信ノード30-2は、スイッチ10-2に向けてパケット（図17のMessage1）を送信する。通信ノード30-2からパケットを受信したスイッチ10-2は、当該パケットを添えて制御装置20に処理規則の設定を要求する。制御装置20の経路・アクション計算部24は、パケットヘッダ及びトポロジDB22が記憶するネットワークのトポロジを参照し、パケット転送経路を計算する。その後、処理規則管理部26は、計算されたパケット転送経路に応じてスイッチ10に設定する処理規則を生成する。処理規則管理部26は、生成した処理規則を、制御メッセージ処理部23及びノード通信部29を介してスイッチ10に設定する。より詳細には、スイッチ10-1及び10-2が備えるテーブルDB13に新たなエントリを追加する（図17のFlowMod（ADD）メッセージを送信する）。

20

## 【0115】

制御装置20は、処理規則をスイッチ10-1及び10-2に設定した後、スイッチ10-1にパケット（Message1）を転送する。スイッチ10-1は、受信したパケットを通信ノード30-1に転送する。その後、通信ノード30-2から通信ノード30-1に向けられたパケット（Message2）は、スイッチ10-1及び10-2に設定された処理規則に従い処理され、通信ノード30-1に転送される。

30

## 【0116】

図18は、通信ノード30-2から通信ノード30-1へのパケット転送経路がスイッチ10に設定されている状態で、スイッチ10-1及び10-2の間のリンクが切断となった場合の動作例を示す。

## 【0117】

図18を参照すると、リンク切断が判明した際に、スイッチ10-1及び10-2から制御装置20に向けてポートステータスメッセージが送信される。

## 【0118】

制御装置20の接続変更処理部28は、ポートステータスメッセージを受信すると、リンク切断が通知されたポートに関連する処理規則をスイッチ10-2から削除する（図18のFlowMod（DLL）メッセージを送信する）。

40

## 【0119】

なお、スイッチ10からエントリが削除された後の通信システムの動作は、図17に示す動作例と一致するため、説明を省略する。

## 【0120】

図19は、図18における状況に加えて、スイッチ10-1及び10-2間のリンクがさらに切断（リンク切断；スイッチ10-1及び10-2間の冗長経路も消滅）となった場合の動作例を示す。なお、このような場合には、稼働系の通信ノード30を、通信ノード10-1から通信ノード10-3に変更する必要がある。

50

## 【0121】

スイッチ10-1及び10-2にリンク切断が生じると、これらのスイッチ10から制御装置20にポートステータスメッセージが送信される。制御装置20の接続変更処理部28は、ポートステータスメッセージを受け付けると、リンク切断が通知されたポートに関連する処理規則をスイッチ10-1及び10-2から削除する(図19のFlow Mod(DLL)メッセージを送信する)。

## 【0122】

さらに、接続変更処理部28は、構成管理装置40に対して、スイッチ10-1及び10-2間のパケット転送経路の不存在を通知する(図19のPasDisseableメッセージを送信する)。PasDisseableメッセージを受信した構成管理装置40は、稼働系の通信ノード30を、通信ノード30-1から通信ノード30-3に入れ替える。より詳細には、構成管理装置40は、通信ノード30-1に対してサービスストップメッセージを送信する。一方、構成管理装置40は、通信ノード30-3に対してサービススタートメッセージを送信する。

10

## 【0123】

サービスストップメッセージを受信した通信ノード30-1は、スイッチ10-1と接続されたポートを非活性状態とする。ポートの非活性化を検出したスイッチ10-1は、リンク切断を示すポートステータスメッセージを制御装置20に送信する。サービススタートメッセージを受信した通信ノード30-3は、スイッチ10-3と接続されたポートを活性状態とする。ポートの活性化を検出したスイッチ10-3は、リンク確立を示すポートステータスメッセージを制御装置20に送信する。

20

## 【0124】

また、通信ノード30-3は、待機系から稼働系に遷移する際、スイッチ10-3と接続されたポートを活性化すると共に、Gratuitous ARP(Address Resolution Protocol)に係るパケットをブロードキャストしてもよい。ブロードキャストされたGratuitous ARPに係るパケットは、スイッチ10-3及び制御装置20を介して、スイッチ10-2及び通信ノード30-2に転送される。

## 【0125】

Gratuitous ARPに係るパケットを受信すると、各通信機器(スイッチ10-3や制御装置20等)は、自身のARPテーブルを更新する(IPアドレスとMACアドレスの対応関係を更新する)。なお、スイッチ10-3と通信ノード30-3の接続ポートが既に活性化状態にあれば、スイッチ10-3から制御装置20に向けたポートステータスメッセージの送信は不要である。さらに、通信ノード30-3が、Gratuitous ARPに係るパケットをブロードキャストしない場合には、通信ノード30-2から通信ノード30-3に向けた通信を開始する際のARPにより、IPアドレスとMACアドレスの対応関係が更新される。

30

## 【0126】

なお、通信ノード30-3が稼働系として動作を開始した後の通信システムの動作は、図17に示す動作例と一致するため、説明を省略する。

## 【0127】

図20は、通信ノード30-2から通信ノード30-1へのパケット転送経路が設定されており、且つ、通信ノード30-1が稼働系の通信ノードである場合において、通信ノード30-1に障害が生じたことにより、稼働系の通信ノードが通信ノード30-3に入れ替わる場合の動作例を示す。このような場合には、構成管理装置40が、制御装置20にホストディセーブルメッセージを送信する。

40

## 【0128】

ホストディセーブルメッセージを受信した制御装置20は、スイッチ10-1及び10-2が備えるテーブルDB13のエントリを削除する(図20のFlow Mod(DLL)メッセージを送信する)。

## 【0129】

50

なお、その後の通信システムの動作は、図 17 に示す動作例と一致するため、説明を省略する。

#### 【0130】

以上のように、本実施形態に係る制御装置 20 は、スイッチ 10 と稼働系の通信ノード 30 の間に生じた接続障害に起因するパケット転送経路の消滅を、構成管理装置 40 に通知する。通知を受け取った構成管理装置 40 は、稼働系の通信ノード 30 を待機系の通信ノードとして動作させ、待機系の通信ノード 30 を稼働系の通信ノードとして動作させる。その結果、稼働系の通信ノード 30 には障害が発生しておらず、構成管理装置 40 は、通信システムの障害を認識できない状況であっても、制御装置 20 を介して通信システムの障害を認識できる。構成管理装置 40 は、スイッチ 10 と稼働系の通信ノード 30 の間の接続障害を認識すれば、待機系の通信ノード 30 を稼働系の通信ノードとして動作させる。その結果、通信システムに生じた障害が回復され、通信システムの可用性が高まる。

10

#### 【0131】

##### [第2の実施形態]

続いて、第2の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

#### 【0132】

本実施形態に係る通信システムは、スイッチ 10 間のリンクが存在しない場合、パケット転送経路を再計算し、再計算したパケット転送経路に基づいて、スイッチ 10 に処理規則を設定する。なお、本実施形態に係る通信システムに含まれる通信ノード、スイッチ及び構成管理装置は、第1の実施形態において説明した内容と相違する点は存在しないため、さらなる説明を省略する。また、本実施形態に係る制御装置 20 a と制御装置 20 は、経路・アクション計算部 24 及び処理規則管理部 26 の機能が異なるが、他の機能は同一であるため、制御装置 20 a に関する図 6 に相当する説明を省略する。

20

#### 【0133】

初めに、本実施形態に係る通信システムの動作について説明する。その際、図 2 に示す通信システムにおいて、通信ノード 30 - 2 から通信ノード 30 - 1 へのパケット転送経路が設定されている状態で、スイッチ 10 - 1 及び 10 - 2 間のリンクのうち、パケット転送経路が使用するリンクが切断された場合の動作について説明する。

#### 【0134】

図 21 は、本実施形態に係る通信システムの動作の一例を示すシーケンス図である。図 21 は、スイッチ 10 - 1 及び 10 - 2 間のリンクのうち、パケット転送経路が使用するリンクが切断された場合の動作例を示す。

30

#### 【0135】

図 18 と図 21 に示すシーケンス図の相違点は、制御装置 20 a が、スイッチ 10 - 2 に設定されている処理規則を削除 (Flow Mod (DLL) メッセージを送信) した後、スイッチ 10 - 2 に新たな処理規則を設定 (Flow Mod (ADD) メッセージを送信) する点である。即ち、制御装置 20 a は、スイッチ 10 - 1 及び 10 - 2 の間のリンクの切断が判明した際に、パケット転送経路を再計算し、再計算したパケット転送経路に基づいて処理規則をスイッチ 10 に設定する。

#### 【0136】

次に、制御装置 20 a の動作について説明する。

40

#### 【0137】

図 22 は、制御装置 20 a の動作の一例を示すフローチャートである。図 22 は、スイッチ 10 からポートステータスメッセージが送信された場合における制御装置 20 a の動作例を示す。図 13 と図 22 に示すフローチャートにおいて、ステップ S211 ~ S223 に係る処理は同一のため、さらなる説明を省略する。

#### 【0138】

図 22 に示すフローチャートでは、ステップ S224 ~ S226 に係る処理が追加されている。

#### 【0139】

50

ステップ S 2 2 1 においてパケット転送経路の計算を試みた際に、パケット転送経路が存在する（ステップ S 2 2 2、Y e s 分岐）場合に、処理規則管理部 2 6 は、ステップ S 2 2 1 にて再計算されたパケット転送経路に基づいて、スイッチ 1 0 に設定する処理規則を生成する。その後、処理規則管理部 2 6 は、生成した処理規則を処理規則 D B 2 7 に登録（ステップ S 2 2 5）し、スイッチ 1 0 に処理規則を設定する（ステップ S 2 2 6）。なお、処理規則の生成に代えて、予め処理規則 D B 2 7 にエントリを登録しておき、登録された処理規則から、適合する処理規則を選択してスイッチ 1 0 に設定してもよい。あるいは、スイッチ 1 0 から処理規則を削除する前に、スイッチからの削除が予定される処理規則を取得し、取得した処理規則の一部（例えば、マッチングフィールド）を流用してもよい。

10

#### 【 0 1 4 0 】

このように、本実施形態に係る制御装置 2 0 a は、再計算されたパケット転送経路に基づいて、スイッチ 1 0 に処理規則を設定する。その結果、ネットワークを継続して運用でき、通信システムの信頼性及び可用性が向上する。

#### 【 0 1 4 1 】

なお、以上説明した第 1 及び第 2 実施形態は単なる例示に過ぎず、様々な変形を施すことができる。例えば、図 2 3 に示すように、構成管理装置 4 0 は、稼働系の通信ノード 3 0 が送信するハートビートメッセージを所定の期間内に受信できなかった場合にも、制御装置 2 0 に通信ノード 3 0 の使用不能を通知することが考えられる。その結果、稼働系の通信ノード 3 0 と接続するスイッチ 1 0 のポートがリンク切断とならない場合であっても、制御装置 2 0 のトポロジ D B 2 2 から正常動作していない通信ノード 3 0 を削除できる。即ち、構成管理装置 4 0 とだけ通信できず、且つ、稼働系の通信ノード 3 0 自身は稼働している状態であっても、他の装置との接続を断つことができ、障害の生じている稼働系の通信ノード 3 0 が、ネットワーク上に存在することが防止できる。

20

#### 【 0 1 4 2 】

また、構成管理装置 4 0 の機能を制御装置 2 0 に組み込むこと、あるいは、制御装置 2 0 の機能を構成管理装置 4 0 に組み込むことができる。即ち、制御装置 2 0 と構成管理装置 4 0 を同一の通信機器で実現できる。あるいは、スイッチ 1 0 や通信ノード 3 0 は、仮想マシン（Virtual Machine）であってもよい。さらに、通信システムには、仮想マシンと物理マシンのスイッチ 1 0 や通信ノード 3 0 が、混在していてもよい。さらにまた、第 1 及び第 2 の実施形態において、制御装置 2 0 が制御対象とするスイッチ 1 0 は複数存在する前提で説明したが、スイッチ 1 0 は 1 つであってもよい。

30

#### 【 0 1 4 3 】

第 1 及び第 2 の実施形態に係る通信システムは、ユーザから高い信頼性及び可用性が求められる、通信ノード 3 0 をサーバとして用いて構成されるデータセンターに好適に利用できる。

#### 【 0 1 4 4 】

最後に、好ましい形態を要約する。

#### 【 0 1 4 5 】

##### [ 形態 1 ]

上述の第 1 の視点に係る通信システムのとおりである。

40

##### [ 形態 2 ]

前記制御装置は、前記スイッチのポートであって、前記稼働系の通信ノードと接続する第 1 のポートの状態変化に応じて、前記第 1 のパケット転送経路が存在するか否かを判定する形態 1 の通信システム。

##### [ 形態 3 ]

前記制御装置は、前記スイッチのポートであって、他のスイッチと接続する第 2 のポートの状態変化に応じて、前記第 1 のパケット転送経路が存在するか否かを判定する形態 1 又は 2 の通信システム。

##### [ 形態 4 ]

50

前記制御装置は、パケット転送経路に含まれる、始点のスイッチ、中間のスイッチ及び終点のスイッチに関する情報に基づいて、前記第 1 のパケット転送経路が存在するか否かを判定する形態 1 乃至 3 のいずれか一に記載の通信システム。

[ 形態 5 ]

前記制御装置は、前記第 1 のパケット転送経路が存在しない場合に、前記通信ノードと前記待機系の通信ノード間の第 2 のパケット転送経路を計算し、前記計算された第 2 のパケット転送経路を実現する処理規則を、前記スイッチに設定する形態 1 乃至 4 のいずれか一に記載の通信システム。

[ 形態 6 ]

前記管理装置は、前記稼働系の通信ノードに生じた障害を認識した場合に、前記制御装置に、前記稼働系の通信ノードの使用不能を通知する形態 1 乃至 5 のいずれか一に記載の通信システム。

10

[ 形態 7 ]

前記制御装置は、前記使用不能が通知された稼働系の通信ノードに関連する処理規則を、前記スイッチから削除する形態 6 の通信システム。

[ 形態 8 ]

通信ノードと接続され、パケットを処理するための処理規則に従いパケットを処理するスイッチと、前記スイッチに接続され、冗長化システムを構成する稼働系の通信ノードと、の間の接続障害により前記通信ノードと前記稼働系の通信ノード間のパケット転送経路が存在するか否かを判定する工程と、前記パケット転送経路が存在しない場合に、前記パケット転送経路を実現する処理規則を、スイッチから削除する工程と、前記パケット転送経路が存在しない場合に、前記冗長化システムの稼働系と待機系の通信ノードを入れ替える工程と、を含む通信方法。

20

なお、本方法は、スイッチ及び冗長化システムという、特定の機械に結びつけられている。

[ 形態 9 ]

上述の第 2 の視点に係る制御装置のとおりである。

[ 形態 10 ]

上述の第 3 の視点に係る制御装置の制御方法のとおりである。

[ 形態 11 ]

上述の第 4 の視点に係るプログラムのとおりである。

30

[ 形態 12 ]

スイッチを介して通信ノードと接続される、稼働系の通信ノードと待機系の通信ノードからなる冗長化システムを管理する管理装置であって、前記スイッチを制御する制御装置から、前記通信ノードと前記稼働系の通信ノード間のパケット転送経路が存在しない通知を受信した場合に、前記冗長化システムの稼働系と待機系の通信ノードを入れ替える管理装置。

[ 形態 13 ]

スイッチを介して通信ノードと接続される、稼働系の通信ノードと待機系の通信ノードからなる冗長化システムを管理する管理装置の制御方法であって、前記スイッチを制御する制御装置からの通知を受信する工程と、前記制御装置が、前記通信ノードと前記稼働系の通信ノード間のパケット転送経路の不存在を通知する場合に、前記冗長化システムの稼働系と待機系の通信ノードを入れ替える工程と、を含む管理装置の制御方法。

40

なお、本方法は、冗長化システムを管理する管理装置という、特定の機械に結びつけられている。

[ 形態 14 ]

スイッチを介して通信ノードと接続される、稼働系の通信ノードと待機系の通信ノードからなる冗長化システムを管理する管理装置を制御するコンピュータに実行させるプログラムであって、前記スイッチを制御する制御装置からの通知を受信する処理と、前記制御装置が、前記通信ノードと前記稼働系の通信ノード間の第 1 のパケット転送経路の不存在

50

を通知する場合に、前記冗長化システムの稼働系と待機系の通信ノードを入れ替える処理と、を実行させるプログラム。

なお、第 8 の形態～第 14 の形態は、第 1 の形態と同様に、第 2 の形態～第 7 の形態に展開することが可能である。

【 0 1 4 6 】

なお、引用した上記の特許文献等の各開示は、本書に引用をもって繰り込むものとする。本発明の全開示（請求の範囲を含む）の枠内において、さらにその基本的技術思想に基づいて、実施形態ないし実施例の変更・調整が可能である。また、本発明の請求の範囲の枠内において種々の開示要素（各請求項の各要素、各実施形態ないし実施例の各要素、各図面の各要素等を含む）の多様な組み合わせ、ないし、選択が可能である。すなわち、本発明は、請求の範囲を含む全開示、技術的思想にしたがって当業者であればなし得るであろう各種変形、修正を含むことは勿論である。特に、本書に記載した数値範囲については、当該範囲内に含まれる任意の数値ないし小範囲が、別段の記載のない場合でも具体的に記載されているものと解釈されるべきである。

【符号の説明】

【 0 1 4 7 】

- 1 0、1 0 - 1 ~ 1 0 - 3、1 0 0 - 1、1 0 0 - 2 スイッチ
- 1 1、4 3 通信部
- 1 2 テーブル管理部
- 1 3 テーブルデータベース（テーブル D B）
- 1 4 転送処理部
- 1 5 接続監視部
- 2 0、2 0 a、1 0 1 制御装置
- 2 1 トポロジ管理部
- 2 2 トポロジデータベース（トポロジ D B）
- 2 3 制御メッセージ処理部
- 2 4 経路・アクション計算部
- 2 5 パケット転送経路データベース（パケット転送経路 D B）
- 2 6 処理規則管理部
- 2 7 処理規則データベース（処理規則 D B）
- 2 8 接続変更処理部
- 2 9 ノード通信部
- 3 0、3 0 - 1 ~ 3 0 - 3、1 0 3 通信ノード
- 4 0 構成管理装置
- 4 1 通信ノード管理データベース（通信ノード管理 D B）
- 4 2 障害処理部
- 1 0 2 管理装置
- 1 0 4 稼働系の通信ノード
- 1 0 5 待機系の通信ノード
- 1 4 1 テーブル検索部
- 1 4 2 アクション実行部

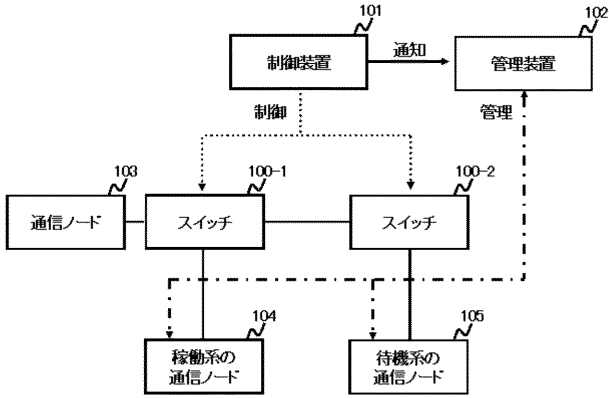
10

20

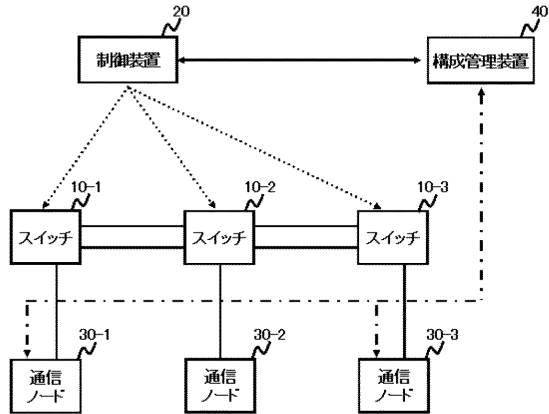
30

40

【 図 1 】



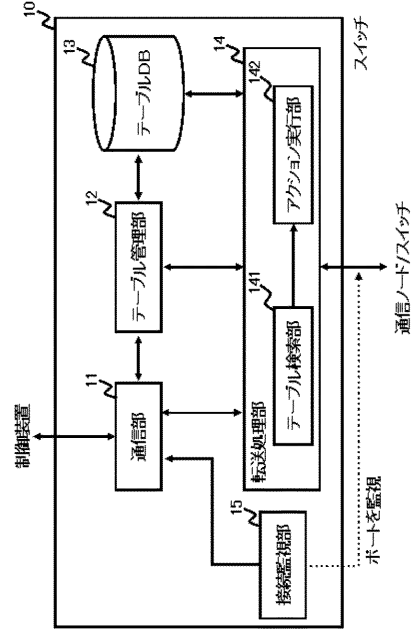
【 図 2 】



【 図 4 】

Instructions	
Counters	
Match Field	...
	宛先 IP アドレス
	送信元 IP アドレス
	VLAN ID
	宛先 MAC アドレス
送信元 MAC アドレス	
入力ポート	

【 図 3 】

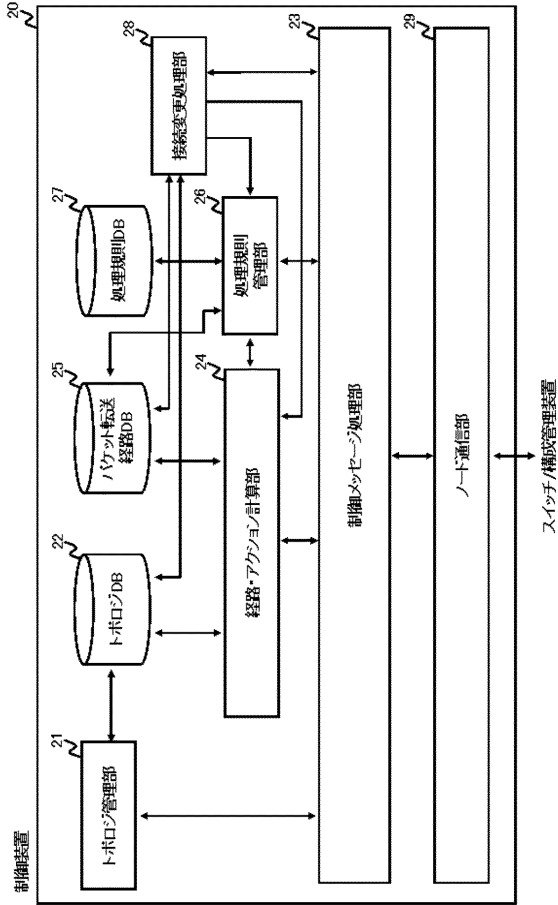


【 図 5 】

アクション名	アクションの内容
OUTPUT	指定ポートに出力する
SET_VLAN_ID	指定VLAN IDでVLAN Tagを追加・更新する
SET_VLAN_PCP	指定VLAN PriorityでVLAN Tagを追加・更新する
STRIP_VLAN	IEEE802.1q VLAN Tagを外す
SET_DL_SRC	MAC SAを更新する
SET_DL_DST	MAC DAを更新する
SET_NW_SRC	IP SAを更新する
SET_NW_DST	IP DAを更新する
SET_TP_SRC	TCP/UDP Source Portを更新する
SET_TP_DST	TCP/UDP Destination Portを更新する



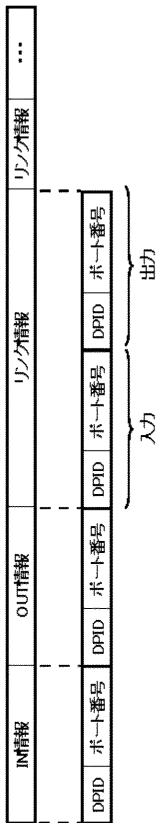
【 図 6 】



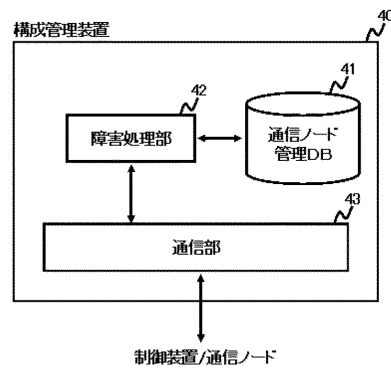
【 図 7 】



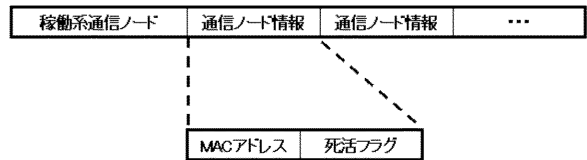
【 図 8 】



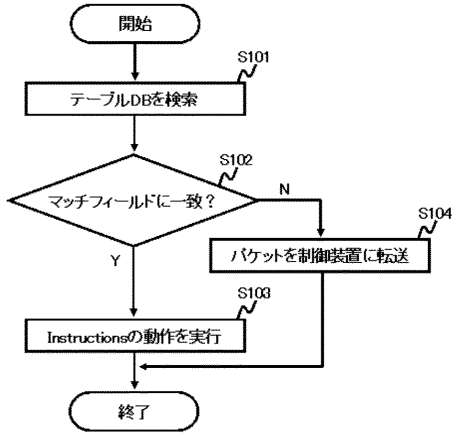
【 図 9 】



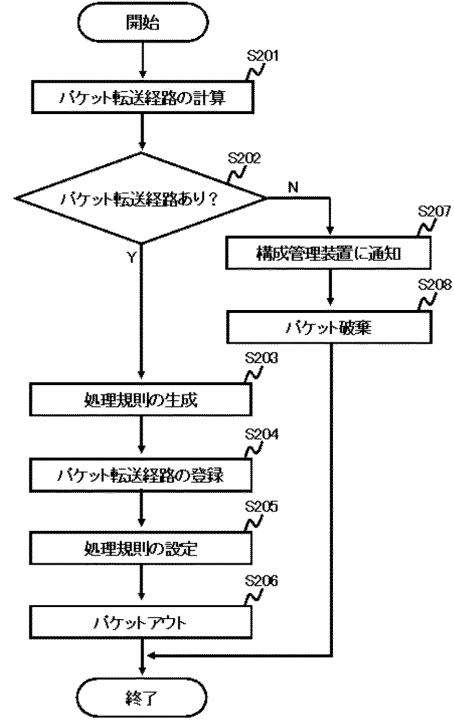
【 図 10 】



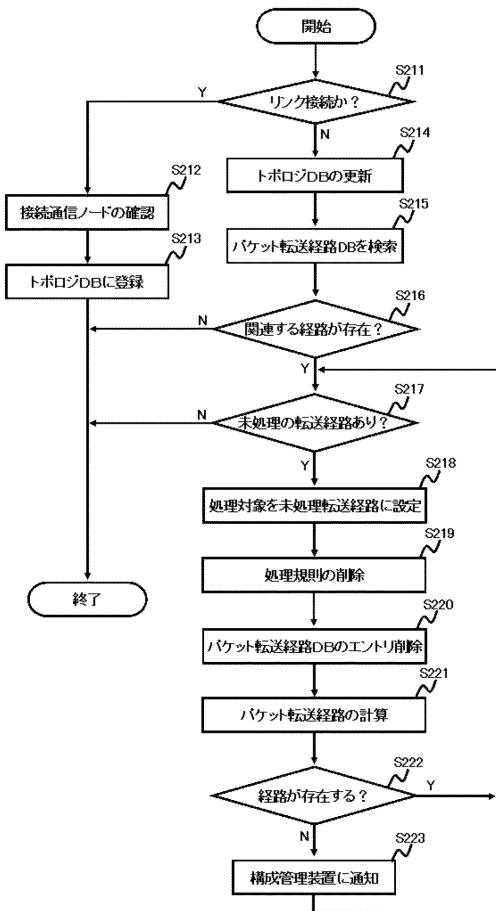
【 図 1 1 】



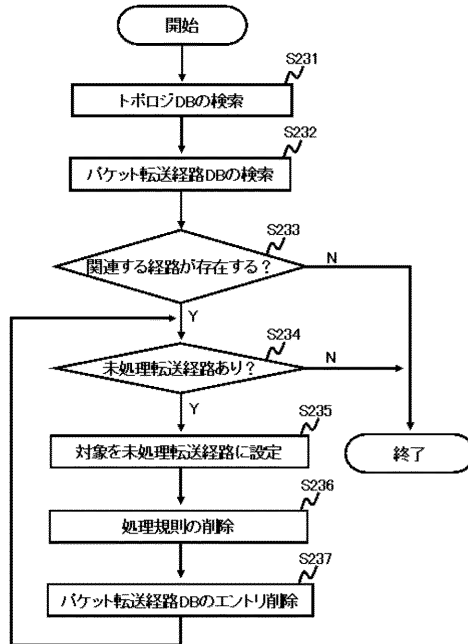
【 図 1 2 】



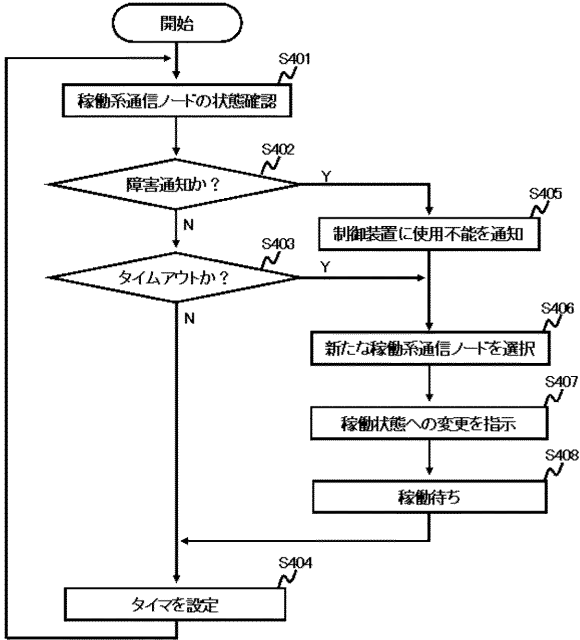
【 図 1 3 】



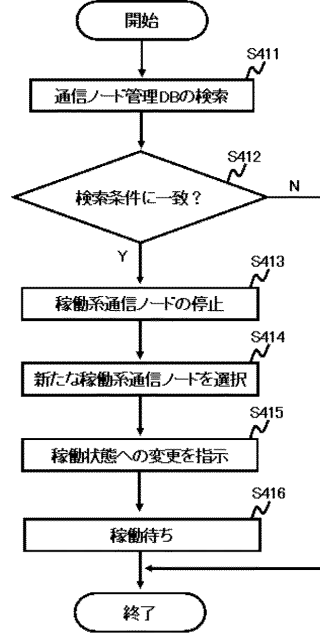
【 図 1 4 】



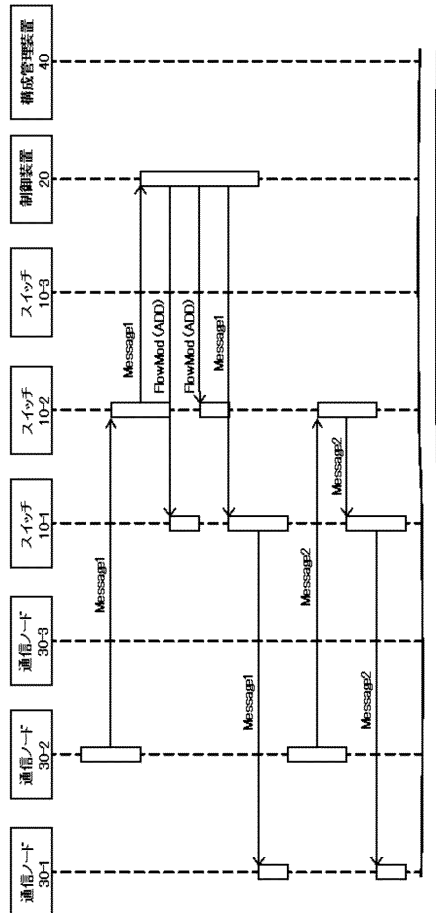
【 図 1 5 】



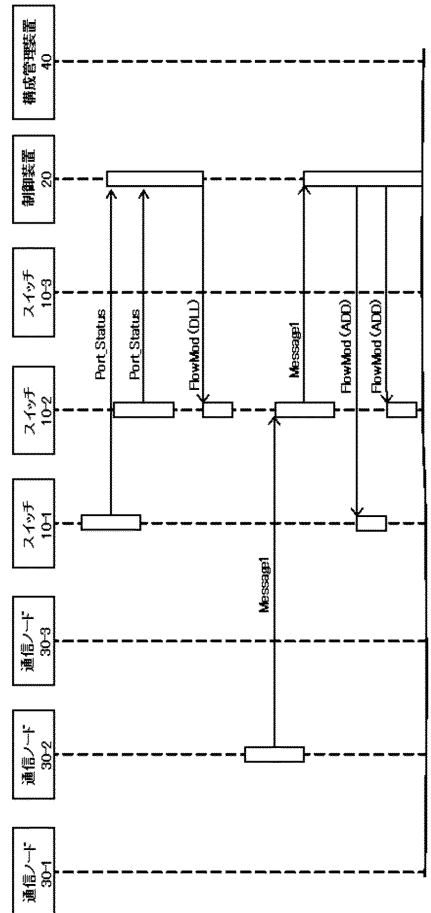
【 図 1 6 】



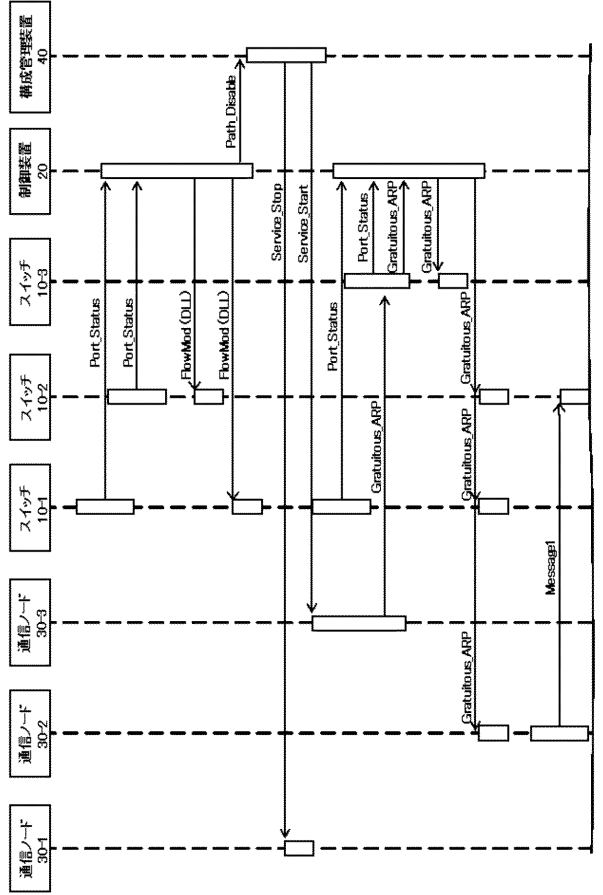
【 図 1 7 】



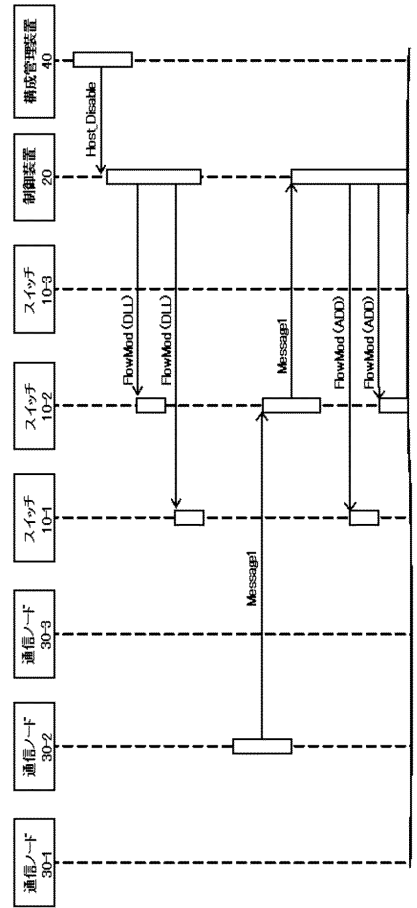
【 図 1 8 】



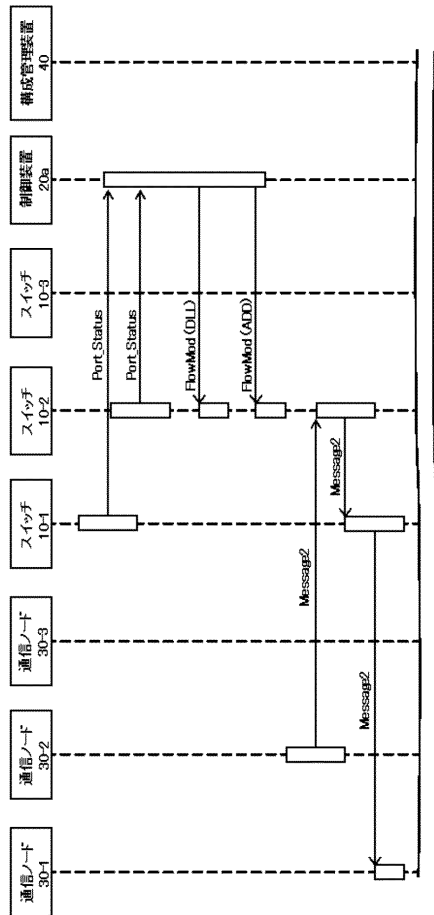
【図 19】



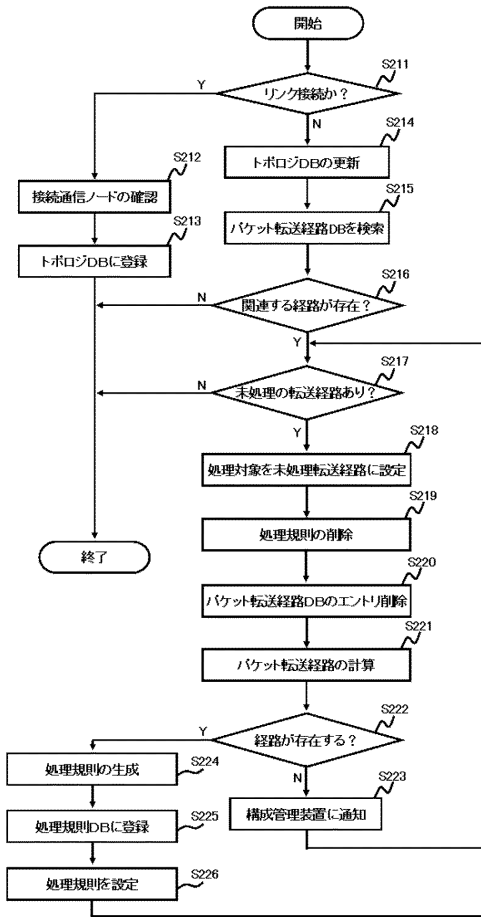
【図 20】



【図 21】



【図 22】



【 図 2 3 】

