

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5533112号
(P5533112)

(45) 発行日 平成26年6月25日(2014.6.25)

(24) 登録日 平成26年5月9日(2014.5.9)

(51) Int.Cl. F I
H04L 12/70 (2013.01) H04L 12/70 I00Z

請求項の数 10 (全 40 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2010-67836 (P2010-67836) (22) 出願日 平成22年3月24日 (2010.3.24) (65) 公開番号 特開2011-205187 (P2011-205187A) (43) 公開日 平成23年10月13日 (2011.10.13) 審査請求日 平成25年2月6日 (2013.2.6)</p>	<p>(73) 特許権者 000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 (74) 代理人 100092978 弁理士 真田 有 (74) 代理人 100112678 弁理士 山本 雅久 (72) 発明者 西 哲也 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 審査官 永井 啓司</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 監視装置、監視方法および監視プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

中継装置を含むネットワーク内の障害経路を特定する装置であって、
 ネットワーク内を伝送されるパケットを受信するパケット受信部と、
 前記パケット受信部が受信した受信パケットに含まれる情報に基づいて前記受信パケットの送信元及び宛先サブネット間における品質計測を実行し、前記受信パケットの品質の劣化を検出した場合に、送信元アドレス及び宛先アドレスの少なくとも一方に基づいて前記送信元及び宛先サブネット間の複数の伝送経路のうちの異なる経路をたどる複数のパケットを推定し、当該複数のパケットについて品質計測を実行して、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットが特定する特定部と、
 を備えたことを特徴とする監視装置。

10

【請求項2】

前記複数のパケットは、前記中継装置によるパケットの経路振り分けルールと同じ振り分け結果を得る判定基準を用いて推定される、
 請求項1記載の監視装置。

【請求項3】

前記複数のパケットは、前記品質の劣化が検出された前記受信パケットの送信元及び宛先アドレス、または送信元アドレス、または宛先アドレスのいずれかをを用いたモジュロ演算の結果に基づいて推定される、
 請求項2記載の監視装置。

20

【請求項 4】

前記特定部は、前記パケット受信部が受信した受信パケットのうち、パケットの送信元及び宛先アドレスが、前記品質の劣化が検出された前記受信パケットの送信元及び宛先サブネットに含まれる複数のパケットを抽出し、抽出したそれぞれのパケットの送信元及び宛先アドレス、または送信元アドレス、または宛先アドレスのいずれかをを用いたモジユロ演算の結果に基づいて、前記複数のパケットを推定する、
請求項 3 記載の監視装置。

【請求項 5】

前記特定部は、

前記推定された複数のパケットについて品質計測を実行して、障害経路をたどるパケットが特定できなかった場合または二つ以上の異なる経路をたどるパケットが障害経路をたどるパケットであると特定した場合に、前記品質の劣化が検出された前記受信パケットの送信元及び宛先サブネットにおける送信元及び宛先アドレス、または送信元アドレス、または宛先アドレスのうち、当該複数のパケットの推定の際に用いなかった他のモジユロ演算の結果に基づいて、前記複数のパケットを推定するとともに、当該複数のパケットについて品質計測を実行することにより、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットが特定する、

請求項 3 または請求項 4 に記載の監視装置。

【請求項 6】

前記パケット受信部は、ネットワーク内を伝送される経路を制御する情報をさらに受信し、

前記パケット受信部で受信した経路を制御する情報に基づいて、ルーティングテーブルを作成する管理部をさらにそなえるとともに、

前記特定部は、

前記パケット受信部が受信した受信パケットの送信元及び宛先サブネット間における品質の劣化が検出された場合に、前記管理部が作成した前記ルーティングテーブルに基づいて、前記送信元及び宛先サブネット間の伝送経路が複数存在するか否かを判断し、前記送信元及び宛先サブネット間の伝送経路が複数存在すると判断した場合に、前記複数のパケットを推定する、

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の監視装置。

【請求項 7】

前記特定部は、

前記パケット受信部が受信した受信パケットの送信元及び宛先サブネット間における品質の劣化が検出された場合に、前記管理部が作成した前記ルーティングテーブルに基づいて、前記送信元及び宛先サブネット間の伝送経路の経路数を算出するとともに、前記算出した経路数の伝送経路のうちの異なる経路をたどる複数のパケットを推定する、

請求項 6 記載の監視装置。

【請求項 8】

前記特定部は、前記複数のパケットについての品質計測の結果に基づき、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットか特定し、特定したパケットに含まれる情報に基づいて経路探索を実行することにより、前記ネットワーク内の障害経路を特定する、

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の監視装置。

【請求項 9】

中継装置を含むネットワーク内の障害経路を特定する方法であって、

ネットワーク内を伝送されるパケットを受信し、

前記受信した受信パケットに含まれる情報に基づいて前記受信パケットの送信元及び宛先サブネット間における品質計測を実行し、

前記受信パケットの品質の劣化を検出した場合に、送信元アドレス及び宛先アドレスの少なくとも一方に基づいて前記送信元及び宛先サブネット間の複数の伝送経路のうちの異なる経路をたどる複数のパケットを推定し、

10

20

30

40

50

前記推定した複数のパケットについて品質計測を実行して、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットか特定することを特徴とする、監視方法。

【請求項10】

中継装置を含むネットワーク内の障害経路を特定するプログラムであって、
ネットワーク内を伝送されるパケットを受信し、

前記受信した受信パケットに含まれる情報に基づいて前記受信パケットの送信元及び宛先サブネット間における品質計測を実行し、

前記受信パケットの品質の劣化を検出した場合に、送信元アドレス及び宛先アドレスの少なくとも一方に基づいて前記送信元及び宛先サブネット間の複数の伝送経路のうちの異なる経路をたどる複数のパケットを推定し、

前記推定した複数のパケットについて品質計測を実行して、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットか特定する処理を、コンピュータに実行させることを特徴とする、監視プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本件は、ネットワークにおいて、障害経路を特定する監視装置、監視方法および監視プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、IPネットワークの経路制御を行なうためのプロトコルの一つとして、OSPF (Open Shortest Path First) プロトコルが用いられている。OSPFでは、ルータが、LSA (Link State Advertisement) と呼ばれる経路制御情報をルータ間で交換することにより、ルーティングテーブルを構築し経路制御を行なっている。LSAには、各ルータがルーティングテーブルを構築する際に経路を決定するための判断基準となるコストの情報が含まれている。

【0003】

OSPFのようなルーティングプロトコルにおいては、各ルータは、回線の帯域幅等から算出したコスト等の情報を判断基準として、IPネットワークにおける経路を決定する。例えば、各ルータは、送信元から宛先へ送信される情報が通過する経路のコストが最小となる経路を導出し、導出した経路をルーティングテーブルに設定することで、IPネットワークにおける経路を決定する。

【0004】

ところで、IPネットワークの規模・構成によっては、経路決定の判断基準となるコスト (例えば最小コスト) を有する経路が複数存在することがある。このような経路は、ECMP (Equal Cost Multi Path (等コストマルチパス)) と呼ばれる。

各ルータは、ルーティングテーブルを構築する際に、送信元から宛先へ送信される情報がECMPを通過する場合、ECMPである複数の経路をその送信元から宛先のフローに対応する経路としてルーティングテーブルに設定する。そして、ECMPを通過する、送信元から宛先への情報が送信されると、各ルータは、経路を振り分けるための所定のルールに基づいて、情報が通過する経路をECMPの複数の経路の中から決定する。

【0005】

図24は、一般的なIPネットワークの構成例を示す図である。

また、図25は、図24に示す一般的なIPネットワーク100におけるルーティングテーブルT5を示す図である。

図24に示すIPネットワーク100において、A～Jはルータ等の中継装置である。

なお、図24に示す各ルータ間に付されている数値は、ルータ間のコストを表すものである。また、各ルータA～Jは、ルータ間で交換したLSAに含まれるコスト等の情報に基づいて、ルーティングテーブルを作成する。

【0006】

10

20

30

40

50

例えば、図24に示すIPネットワーク100の構成では、各ルータA～Jは、10.0.0.0/8のサブネットワーク（以下、サブネットという）から12.0.0.0/8へのフローが、コストが最小（40）となるA C E G Iの経路を通過するように、図25に示すルーティングテーブルT5に経路を設定する。

また、各ルータA～Jは、10.0.0.0/8のサブネットから13.0.0.0/8のサブネットへのフローが、コストが最小（70）となるA C E G H Jの経路及びA C D F H Jの経路のいずれかの経路を通過するように、図25に示すルーティングテーブルT5に経路を設定する。

【0007】

このとき、A C E G H Jの経路及びA C D F H Jの経路がECMP 10
Pである。

以下、同様に、各送信元及び宛先サブネット単位で、各フローの経路がLSAに基づいて設定される。

図24に示す障害経路監視装置（経路を監視する装置）110は、IPネットワーク100内に設置され、IPネットワーク100内を伝送されるデータを監視することにより、データの品質に劣化が発生した場合に、障害の発生した経路を特定する装置である。

【0008】

ここで、10.0.0.0/8のサブネットから13.0.0.0/8のサブネットへ送信されるデータが実際にECMPのいずれの経路を通過するかは、上述のように、各ルータA～Jにおける経路を振り分けるための所定のルールに依存する。このように、各ルータA～Jにおける経路の振り分けは、各ルータA～Jの内部で決定される。従って、IPネットワーク100のECMPを通過するデータに含まれる情報に基づいて、そのデータがECMPのいずれの経路を通過するかを容易に特定することは難しい。 20

【0009】

例えば、IPネットワーク100におけるECMPの区間で障害が発生し、10.0.0.0/8のサブネットから13.0.0.0/8のサブネットへのフローの品質に劣化が発生した場合、障害経路監視装置110は、障害の発生した経路を特定するため、品質に劣化が発生したデータが通過した経路を判定する。

そのために、障害経路監視装置110は、品質に劣化が発生したデータの送信元サブネット10.0.0.0/8及び宛先サブネット13.0.0.0/8の情報に基づいて、例えばルーティングテーブルT5を参照することによりそのデータが通過した経路を判定する。 30

【0010】

そして、障害経路監視装置110は、ルーティングテーブルT5から、10.0.0.0/8のサブネットから13.0.0.0/8のサブネットへ送信されるデータはA C E G H Jの経路又はA C D F H Jの経路のいずれかを通過するという情報を得る。

このように、障害経路監視装置110は、IPネットワーク100内を伝送されるデータを監視し、ルーティングテーブルT5を参照することによって、そのデータが通過した経路がECMPであることを判定する。

【0011】

しかし、上述したように、各ルータA～Jにおける経路の振り分けは、各ルータA～Jの内部で決定される。 40

従って、障害経路監視装置110によって、IPネットワーク100のECMPを通過するデータに含まれる情報に基づいて、品質に劣化が発生したデータが実際にECMPのいずれの経路を通過するかを容易に特定することは難しい。

【0012】

上述のことから、ECMPにおいてデータの品質に劣化が発生した場合に、いずれの経路で品質の劣化が生じているかを迅速に特定することが重要となる。

従来、ECMPにおいてデータの品質劣化が発生した経路を特定するためには、障害経路監視装置110は、品質の劣化が発生したデータの送信元及び宛先のサブネット間の全てのIPアドレスごとにtraceroute等の経路探索を実行していた。そして、障害経路監視 50

装置 110 は、品質の劣化が発生したデータの送信元及び宛先サブネット内の各送信元及び宛先 IP アドレスのフローがいずれの経路を通過するかを確認し、通過経路を確認した各フローに対して品質計測を実行することにより、品質の劣化が発生した経路を特定していた。

【0013】

なお、通信ネットワークの経路における障害発生箇所を特定するため、監視装置が、通信ネットワーク上に存在する各端末からフローごとの品質情報を求め、ルータ等から得た経路情報を元に、各種アルゴリズムを用いて品質劣化箇所を推定する方法が知られている。

また、監視装置が、ネットワークトポロジから階層構造を表すテーブルを作成し、このテーブルと故障の検出箇所の情報とに基づいて、すべての下層側の端末で故障が検出された分岐を見つけることにより、当該分岐部分を障害発生箇所として推定する方法も知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0014】

【特許文献 1】特開 2006 - 238052 号公報

【特許文献 2】特開 2006 - 229421 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

しかしながら、上述した、ECMP においてデータの品質劣化が発生した経路を特定する手法では、各送信元及び宛先 IP アドレスごとに traceroute を実行するため、IP アドレスごとの経路特定に膨大な時間がかかってしまう。また、データの品質が劣化している経路においては、traceroute の実行結果を受信することができない場合もある。

一方、上述した、通信ネットワークの経路における障害発生箇所を特定するための既知の手法では、OSPF が用いられている IP ネットワークにおいて、ECMP 区間の障害経路を容易に特定することは難しい。

【0016】

本件の目的の 1 つは、ECMP において品質劣化が発生した経路を短時間又は正確に特定することである。

なお、前記目的に限らず、後述する発明を実施するための形態に示す各構成により導かれる作用効果であって、従来の技術によっては得られない作用効果を奏することも本発明の他の目的の 1 つとして位置付けることができる。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本件の監視装置は、中継装置を含むネットワーク内の障害経路を特定する装置であって、ネットワーク内を伝送されるパケットを受信するパケット受信部と、パケット受信部が受信した受信パケットに含まれる情報に基づいて受信パケットの送信元及び宛先サブネット間における品質計測を実行し、前記受信パケットの品質の劣化を検出した場合に、送信元アドレス及び宛先アドレスの少なくとも一方に基づいて送信元及び宛先サブネット間の複数の伝送経路のうちの異なる経路をたどる複数のパケットを推定し、当該複数のパケットについて品質計測を実行して、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットが特定する特定部と、を備えたものである。

【0018】

また、本件の監視方法は、中継装置を含むネットワーク内の障害経路を特定する方法であって、ネットワーク内を伝送されるパケットを受信し、受信した受信パケットに含まれる情報に基づいて受信パケットの送信元及び宛先サブネット間における品質計測を実行し、前記受信パケットの品質の劣化を検出した場合に、送信元アドレス及び宛先アドレスの少なくとも一方に基づいて送信元及び宛先サブネット間の複数の伝送経路のうちの異なる

10

20

30

40

50

経路をたどる複数のパケットを推定し、前記推定した複数のパケットについて品質計測を実行して、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットか特定するものである。

【0019】

さらに、本件の監視プログラムは、中継装置を含むネットワーク内の障害経路を特定するプログラムであって、ネットワーク内を伝送されるパケットを受信し、前記受信した受信パケットに含まれる情報に基づいて受信パケットの送信元及び宛先サブネット間における品質計測を実行し、前記受信パケットの品質の劣化を検出した場合に、送信元アドレス及び宛先アドレスの少なくとも一方に基づいて送信元及び宛先サブネット間の複数の伝送経路のうちの異なる経路をたどる複数のパケットを推定し、前記推定した複数のパケットについて品質計測を実行して、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットか特定する処理を、コンピュータに実行させるものである。

10

【発明の効果】

【0020】

開示の技術によれば、ECMPの品質劣化が発生した経路を短時間又は正確に特定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】第1実施形態の障害経路監視装置の構成例を示すブロック図である。

【図2】第1実施形態のIPネットワークの構成例を示す図である。

【図3】第1実施形態の障害経路監視装置の構成例を示すブロック図である。

20

【図4】第1実施形態のIPネットワークのルータ間で障害が発生した状態を示す図である。

【図5】第1実施形態の障害経路監視装置のトポロジ・経路管理部が生成・管理する、図4に示すIPネットワークにおけるルーティングテーブルを示す図である。

【図6】第1実施形態のIPネットワーク内のIPヘッダのヘッダフォーマットを示す図である。

【図7】第1実施形態のIPネットワーク内のTCPヘッダのヘッダフォーマットを示す図である。

【図8】第1実施形態のIPネットワーク内のUDPヘッダ及びRTPヘッダのヘッダフォーマットを示す図である。

30

【図9】第1実施形態の障害経路監視装置の品質計測部が作成・更新する品質計測結果テーブルの例を示す図である。

【図10】第1実施形態のIPネットワークにおけるルータまたは障害経路監視装置のECMP経路判定部が実行するモジュロ(n)演算の手順を説明するためのフローチャートである。

【図11】ルータ間での障害発生時に第1実施形態のIPネットワークにおけるルータが振り分けたフローの経路を示す図である。

【図12】第1実施形態の障害経路監視装置のECMP経路判定部が作成する探索経路候補テーブルの例を示す図である。

【図13】第1実施形態の障害経路監視装置のECMP経路判定部が作成するモジュロごとの品質計測結果テーブルの例を示す図である。

40

【図14】第1実施形態の障害経路監視装置における障害経路特定手順を説明するためのフローチャートである。

【図15】第1実施形態の障害経路監視装置における障害経路特定手順の変形例を説明するためのフローチャートである。

【図16】第2実施形態の障害経路監視装置における障害経路特定手順を説明するためのフローチャートである。

【図17】第2実施形態の障害経路監視装置の品質計測部が作成・更新する品質計測結果テーブルを示す図である。

【図18】第2実施形態の障害経路監視装置のECMP経路判定部が作成する探索経路候

50

補テーブルを示す図である。

【図 19】ルータ間での障害発生時に IP ネットワークにおけるルータが振り分けたフローの経路を示す図である。

【図 20】図 19 に示す IP ネットワークについて障害経路監視装置のトポロジ・経路管理部が生成・管理するルーティングテーブルを示す図である。

【図 21】図 19 に示す IP ネットワークについて障害経路監視装置の品質計測部が作成・更新する品質計測結果テーブルを示す図である。

【図 22】図 19 に示す IP ネットワークについて障害経路監視装置の E C M P 経路判定部が作成する探索経路候補テーブルを示す図である。

【図 23】図 19 に示す IP ネットワークについて障害経路監視装置の E C M P 経路判定部が作成するモジュロごとの品質計測結果テーブルを示す図である。

【図 24】一般的な IP ネットワークの構成例を示す図である。

【図 25】図 24 に示す一般的な IP ネットワークにおけるルーティングテーブルを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

(A) 第 1 実施形態

(A-1) 第 1 実施形態の構成

図 1 は、第 1 実施形態の障害経路監視装置 10 の構成例を示すブロック図である。

障害経路監視装置（経路を監視する装置）10 は、中継装置を含むネットワーク内に設置され、特定部 11 と、パケット受信部 12 とを含む。

【0023】

パケット受信部 12 は、ネットワーク内を伝送されるパケットを受信する。

特定部 11 は、パケット受信部 12 が受信した受信パケットに含まれる情報に基づいて受信パケットの送信元及び宛先サブネット間における品質の劣化を検出する。そして、特定部 11 は、受信パケットの品質の劣化が検出された場合に、品質の劣化が検出された送信元及び宛先サブネット間の複数の伝送経路のうちの互いに異なる経路をたどる複数のパケットを、受信パケットの宛先アドレス又は / 及び送信元アドレスに基づいて推定する。さらに、特定部 11 は、異なる経路をたどることが推定された複数のパケットについて品質計測を実行し、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットが特定することにより、中継装置を含むネットワーク内の障害経路を特定する。

【0024】

このように、障害経路監視装置 10 は、受信パケットの品質に劣化が検出された送信元サブネットから宛先サブネットへ送信される複数のパケットから、互いに異なる経路をたどる複数のパケットを推定し、推定された複数のパケットについて品質計測を実行する。そして、品質計測の結果に基づいて、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットが特定することにより、中継装置を含むネットワーク内の障害経路を特定する。

【0025】

従って、受信パケットの品質に劣化が検出された送信元及び宛先サブネットに複数の伝送経路が存在する場合でも、送信元及び宛先サブネット間の全てのアドレスごとに traceroute 等の経路探索を実行せずすみ、品質劣化が発生した経路を短時間又は正確に特定することができる。

なお、受信パケットの品質に劣化が検出された送信元から宛先サブネットへ送信される複数のパケットから、異なる経路をたどる複数のパケットを推定する手法については、後述する。

【0026】

図 2 は、第 1 実施形態の IP ネットワーク 1 の構成例を示す図である。

図 2 に示すように、IP ネットワーク 1 は、ルータ A ~ J 等の中継装置を含む。そして、これらの中継装置を介して複数のサブネット（10.0.0.0/8, 11.0.0.0/8, 12.0.0.0/8 及

10

20

30

40

50

び13.0.0.0/8)間で相互に通信を行なうことが可能である。また、IPネットワーク1は、複数のサブネット間の通信の経路制御を行なうためのプロトコルとして、例えば、OSPFプロトコルを用いる。

【0027】

ここで、図2において、各ルータ間に付されている数値は、当該ルータ間のコストを表すものである。OSPFプロトコルは、このコストに基づいて、複数のサブネット間の通信の経路制御を行なう。なお、コストは、伝送経路として選択されやすさを制御することが可能な重み付け値として利用することができ、コストを小さい値にすることで、伝送経路としてより選択されやすくすることができる。

【0028】

例えば、図2に示すように、送信元サブネット10.0.0.0/8から宛先サブネット13.0.0.0/8へのフローにおいては、A C E G H J及びA C D F H Jの経路がいずれも最小コストとなる。すなわち、送信元サブネット10.0.0.0/8から宛先サブネット13.0.0.0/8へのフローは、A C E G H J及びA C D F H Jの二通りの経路を有するE C M Pであるといえる。なお、図2において点線で示すルータC~Hの区間をE C M P区間(コストが等しい複数の経路を含む区間)という。

【0029】

また、図示しないが、送信元サブネット11.0.0.0/8から宛先サブネット12.0.0.0/8のフローも、B D C E G I及びB D F H G Iの2通りの経路を有するE C M Pである。送信元サブネットと宛先サブネットとが逆(逆方向の通信)の場合のフローについても同様である。

さらに、サブネット10.0.0.0/8, 11.0.0.0/8, 12.0.0.0/8及び13.0.0.0/8内には、それぞれ、複数の端末20が存在しており、IPネットワーク1における各サブネット間でパケットが送受信される。なお、図2においては、一つの端末20のみがサブネット10.0.0.0/8に接続されているが、他の端末20が存在してもよい。また、図2においては、他のサブネット11.0.0.0/8, 12.0.0.0/8及び13.0.0.0/8についてもサブネット10.0.0.0/8と同様に複数の端末20が存在してもよい。

【0030】

端末20は、上述したように、サブネット10.0.0.0/8, 11.0.0.0/8, 12.0.0.0/8及び13.0.0.0/8内に複数設置され、IPネットワーク1を介して、IPネットワーク1内の他のサブネットが有する任意の他の端末20に対して、データを送受信することが可能である。また、端末20は、障害経路監視装置(経路を監視する装置)10からの後述する経路探索実行要求を受けて、指定された宛先IPアドレスに対してtraceroute等の経路探索を実行するとともに、経路探索実行結果を障害経路監視装置10に送信する機能も有する。

【0031】

障害経路監視装置10は、例えば、図2に示す構成例においては、ルータA-C間に分岐部30を介して配置されている。そして、障害経路監視装置10は、IPネットワーク1において、ルータA-C間のIPネットワーク1内のパケットや経路制御情報等の情報を受信し、受信したこれらの情報に基づいて、E C M P区間の障害経路を特定することができる。このように、パケット受信部12は、IPネットワーク1内のパケットとともに、経路制御情報を受信してもよい。

【0032】

ここで、経路制御情報とは、ネットワーク内のルータ等の中継装置間で交換する、経路を制御するための情報であり、宛先ネットワークアドレス、ネットマスク及び隣接するルータの情報等を含む。

各ルータは、この経路制御情報を交換して管理し、中継するデータについて、中継する宛先となるルータを決定することにより、経路の制御を行なう。

【0033】

経路制御情報としては、OSPFプロトコルで用いられるLSAや、RIP(Routing Information Protocol)等のプロトコルで用いられる経路情報等がある。

10

20

30

40

50

以下、経路制御情報として、L S Aを用いる場合を例に挙げて説明する。

L S Aには、各ルータに接続されたネットワークの情報とともに、上述したコストの情報等が含まれており、各ルータは、交換したL S Aの情報に基づいて、I Pネットワークにおける経路を決定する。例えば、各ルータは、送信元サブネットから宛先サブネットへ送信される情報が通過する経路のコストが最小となる経路を導出し、導出した経路をルーティングテーブルに設定することで、I Pネットワークにおける経路を決定する。

【 0 0 3 4 】

なお、各ルータは、ルーティングテーブルを構築する際に、送信元サブネットから宛先サブネットへ送信される情報がE C M Pを通過する場合、E C M Pである複数の経路をその送信元サブネットから宛先サブネットに対応する経路としてルーティングテーブルに設定する。また、その送信元サブネットから宛先サブネットへ情報が送信されると、各ルータは、経路を振り分けるための所定のルールに基づいて、情報が通過する経路をE C M Pの複数の経路の中から決定する。

10

【 0 0 3 5 】

また、障害経路監視装置10の特定部11は、パケット受信部12で受信したパケットから、I Pネットワーク1内で品質の劣化が発生したことを検出すると、パケット受信部12で受信したL S Aに基づいて後述するトポロジ・経路管理部13が作成したI Pネットワーク1内のルーティングテーブルを参照し、品質が劣化したフロー（品質劣化フロー）がE C M Pであるかを判定する。

【 0 0 3 6 】

20

例えば、特定部11は、パケット受信部12で受信したパケットの品質劣化を検出すると、そのパケットのヘッダから、送信元及び宛先I Pアドレスを参照する。そして、特定部11は、品質の劣化が検出されたパケットの送信元及び宛先I Pアドレスを含む送信元及び宛先サブネットのフローを、品質劣化フローと判定する。

図2に示す例においては、特定部11は、品質の劣化が検出されたパケットのパケットヘッダから、例えば送信元I Pアドレス10.0.0.2及び宛先I Pアドレス13.0.0.4を得ると、送信元及び宛先I Pアドレスを含むフロー、すなわち、送信元サブネット10.0.0.0/8から宛先サブネット13.0.0.0/8へのフローを品質劣化フローと判定する。

【 0 0 3 7 】

そして、特定部11は、後述するトポロジ・経路管理部13が作成したI Pネットワーク1内のルーティングテーブルから、品質劣化フローの送信元及び宛先サブネットに対応する経路を参照する。このとき、特定部11は、品質劣化フローの送信元及び宛先サブネットに対応する経路が複数存在する場合に、品質劣化フローがE C M Pであると判定する。

30

【 0 0 3 8 】

例えば、図2に示す例においては、送信元サブネット10.0.0.0/8から宛先サブネット13.0.0.0/8へのフローに対応する経路は、A C E G H J及びA C D F H Jの二通りの経路である（図5の「送信元サブネット」“10.0.0.0/8”及び「宛先サブネット」“13.0.0.0/8”に対応する「経路」のフィールドを参照）。

上述したように、各ルータA～Jは、送信元サブネットから宛先サブネットへ送信される情報が最小コストを有する複数の経路、すなわち、E C M Pを通過する場合、E C M Pである複数の経路をその送信元サブネットから宛先サブネットに対応する経路としてルーティングテーブルに設定する。

40

【 0 0 3 9 】

ここで、後述するトポロジ・経路管理部13が生成・管理するルーティングテーブルは、各ルータA～Jが交換するL S Aに基づいて生成されるため、各ルータA～Jが生成するルーティングテーブルと同様のものとなる。

従って、送信元サブネット10.0.0.0/8から宛先サブネット13.0.0.0/8へのフローに対応する経路が二通りの経路であった場合、このフローは、二つの経路を有するE C M Pであることを意味する。

50

【 0 0 4 0 】

上述のことから、特定部 1 1 は、ルーティングテーブルに品質劣化フローの送信元及び宛先サブネットに対応する経路が複数存在する場合に、品質劣化フローが E C M P であると判定する。

そして、特定部 1 1 は、当該品質劣化フローが E C M P であった場合には、後述する手順により、E C M P の複数の経路のうち、パケットの品質に劣化を発生させた障害経路を特定する。

【 0 0 4 1 】

なお、障害経路監視装置 1 0 は、図 2 においては、I P ネットワーク 1 内のルータ A - C 間に配置されているが、これに限らず、I P ネットワーク 1 内の任意の箇所に配置することができる。また、複数の障害経路監視装置 1 0 を、I P ネットワーク 1 内の任意の箇所に配置することも可能である。

10

分岐部 3 0 は、例えば、ネットワークタップや隣接するルータのミラーポート等により、障害経路監視装置 1 0 が配置されるルータ間を通過する、O S P F の L S A を含む全ての I P パケットを分岐して障害経路監視装置 1 0 に供給するものである。

【 0 0 4 2 】

なお、障害経路監視装置 1 0 は、例えば、図 3 に示す構成とすることもできる。

図 3 は、第 1 実施形態の障害経路監視装置 1 0 の構成例を示すブロック図である。

また、図 4 は、第 1 実施形態の I P ネットワーク 1 のルータ C - E 間で障害が発生した状態を示す図である。

20

図 3 に示すように、障害経路監視装置 1 0 は、先の図 1 の例におけるパケット受信部 1 2 を備えるとともに、先の図 1 の例における特定部 1 1 として、品質計測部 1 4 , E C M P 経路判定部 1 6 及び経路探索実行要求部 1 7 を備える。また、障害経路監視装置 1 0 は、トポロジ・経路管理部 1 3 及び品質計測結果保持部 1 5 を備える。

【 0 0 4 3 】

以下、図 4 に示すように、I P ネットワーク 1 内のルータ C - E 間において障害が発生し、ルータ C - E 間を通過するパケットに品質劣化が生じていると仮定して説明する。なお、図 4 において、各ルータ間のコストの記載は省略している。

パケット受信部 1 2 は、分岐部 3 0 で分岐された、分岐部 3 0 の配置された箇所を通過する全てのパケット及び O S P F の L S A を受信し、受信したパケットを品質計測部 1 4 及び E C M P 経路判定部 1 6 に、O S P F の L S A をトポロジ・経路管理部 1 3 に、それぞれ順次出力する。

30

【 0 0 4 4 】

トポロジ・経路管理部 (管理部) 1 3 は、パケット受信部 1 2 から受信した O S P F の L S A を収集し、I P ネットワーク 1 のトポロジを生成して、送信元サブネットから宛先サブネットまでの通過ルータを設定した、図 5 に示すルーティングテーブル T 1 を生成・管理する。また、トポロジ・経路管理部 1 3 は、各ルータ A ~ J と同様に、送信元サブネットから宛先サブネットへ送信される情報が通過する経路のコストが最小となる経路を導出し、導出した経路をルーティングテーブル T 1 に設定する。さらに、トポロジ・経路管理部 1 3 は、送信元サブネットから宛先サブネットへ送信される情報が E C M P を通過する場合、E C M P である複数の経路をその送信元サブネットから宛先サブネットに対応する経路としてルーティングテーブルに設定する。

40

【 0 0 4 5 】

図 5 に示すルーティングテーブル T 1 では、トポロジ・経路管理部 1 3 により、I P ネットワーク 1 内の送信元及び宛先サブネット単位で、送信元サブネットから宛先サブネットへのフローの経路がセットされる。

具体的には、図 5 を参照すると、送信元サブネット 10.0.0.0/8 から宛先サブネット 12.0.0.0/8 へのフローには、トポロジ・経路管理部 1 3 によって、ルータ A C E G I の経路が L S A に基づいてセットされる。また、送信元サブネット 10.0.0.0/8 から宛先サブネット 13.0.0.0/8 へのフローには、トポロジ・経路管理部 1 3 によって、ルータ A C

50

E G H J及びルータA C D F H Jの2つの経路がLSAに基づいてセットされる。以下、同様に、各送信元及び宛先サブネット単位で、トポロジ・経路管理部13によって、各フローの経路がLSAに基づいてセットされる。

【0046】

なお、トポロジ・経路管理部13は、図5に示すルーティングテーブルT1に、送信元及び宛先サブネットが逆の場合、例えば、送信元サブネット12.0.0.0/8から宛先サブネット10.0.0.0/8へのフロー等についてもセットしてよい。

また、トポロジ・経路管理部13は、ルータ間の接続、及び各フローの経路情報を管理する。

【0047】

品質計測部14は、パケット受信部12が受信したパケットを送信元サブネット及び宛先サブネットごとのフローに分類して各フローの品質を計測し、計測結果を送信元サブネット及び宛先サブネット単位で、品質計測結果テーブルT2（図9参照）として品質計測結果保持部（保持部）15に格納する。

ここで、図6～図8に、IPパケット、TCPパケット並びにUDP及びRTPパケットの各ヘッダフォーマットを示す。

【0048】

具体的には、品質計測部14は、品質劣化の計測時に、パケット受信部12で受信したパケットがIPパケットであれば、そのID（図6中、“ID”と表記）フィールドの抜けを調べることにより、パケットの損失を計測する。

一般に、IPパケットが送信される際、IPヘッダのIDフィールドには、IPパケットごとに連続したIDが設定される。

【0049】

従って、品質計測部14は、パケット受信部12で受信したIPパケットのIPヘッダのIDフィールドの値と、受信したIPパケットと同じ送信元IPアドレスから、前回又は所定の時間の範囲内に受信したIPパケットのIPヘッダのIDフィールドの値とが連続していない場合に、パケットの品質に損失が発生したと判断する。

ここで、受信したIPパケットのIPヘッダと比較するIPパケットを、「所定の時間の範囲内に受信したIPパケット」としたのは、IPパケットが、IPネットワーク1内を伝送される際に、送出された順序とは異なる順序で伝送され、パケット受信部12で受信されることが起こり得るためである。なお、品質計測部14は、上述した手法以外に、既知の種々の手法によりパケットの損失を計測してもよい。

【0050】

なお、パケットのフラグメント（分割）が行なわれる場合には、分割されるパケットのIPヘッダのIDフィールドには同じIDが設定される。従って、品質計測部14は、受信したIPパケットのIPヘッダのIDフィールドの値と、受信したIPパケットと同じ送信元IPアドレスから、前回又は所定の時間の範囲内に受信したIPパケットのIPヘッダのIDフィールドの値とが同じ値であった場合は、受信したパケットが分割されたパケットであると判定する。

【0051】

この場合、品質計測部14は、受信したIPパケットのIPヘッダのフラグメント・フラグ（図6中、“FL”と表記）や、フラグメント・オフセット（図6中、“Fragment Offset”と表記）から、分割されたパケットのうち、損失したパケットがないかを調べることにより、分割されたパケットの損失を計測してもよい。

ここで、フラグメント・フラグとは、IPパケットに分割処理をしたかを表す情報であり、フラグメント・オフセットとは、分割されたIPパケットが、分割前のIPパケットのデータ部分の先頭から数えて何バイト目から分割されたかを表す情報である。

【0052】

また、品質計測部14は、パケット受信部12で受信したパケットがTCPヘッダであれば、そのシーケンス番号の抜けを調べることにより、パケットの損失を計測する。

10

20

30

40

50

さらに、品質計測部 14 は、パケット受信部 12 で受信したパケットが UDP パケットであれば、UDP パケットの上位プロトコルである RTP パケットの RTP ヘッダのシーケンス番号の抜けを調べることにより、パケットの損失を計測する。

【0053】

なお、TCP ヘッダのシーケンス番号や RTP ヘッダのシーケンス番号についても、一般に、上述の IP ヘッダの ID と同様、パケットごとに連続したシーケンス番号が設定される。従って、品質計測部 14 は、パケット受信部 12 で受信したパケットが TCP パケットや UDP パケットであった場合でも、上述した IP パケットの損失の計測と同様に、パケットの損失を計測することができる。

【0054】

そして、品質計測部 14 は、上述のように計測を行なった品質計測結果を、図 9 に示す品質計測結果テーブル T2 に格納し、品質計測結果保持部 15 に保持させる。

また、品質計測部 14 は、パケットに損失が発生した送信元サブネット及び宛先サブネットの組については、品質計測結果テーブル T2 の品質計測結果のフィールドに“1”（損失発生検出）をセットする。一方、パケットに損失が発生していない送信元サブネット及び宛先サブネットの組については、品質計測結果のフィールドに“0”（損失発生非検出）をセットする。

【0055】

例えば、図 9 に示す品質計測結果テーブル T2 では、送信元サブネット 10.0.0.0/8 及び宛先サブネット 12.0.0.0/8 の組の送信側の損失パケット数及び受信側の損失パケット数は、いずれも 100 である。そこで、品質計測部 14 は、当該送信元及び宛先サブネットの組において、パケットに損失が発生していると判断し、品質計測結果のフィールドに“1”（損失発生検出）をセットする。同様に、送信元サブネット 10.0.0.0/8 及び宛先サブネット 13.0.0.0/8 の組、並びに送信元サブネット 11.0.0.0/8 及び宛先サブネット 12.0.0.0/8 の組においても、品質計測部 14 は、当該送信元及び宛先サブネットの組において、パケットに損失が発生していると判断し、品質計測結果のフィールドに“1”（損失発生検出）をセットする。

【0056】

一方、送信元サブネット 11.0.0.0/8 及び宛先サブネット 13.0.0.0/8 の組の送信側の損失パケット数及び受信側の損失パケット数は、いずれも 0 である。そこで、品質計測部 14 は、当該送信元及び宛先サブネットの組において、パケットに損失は発生していないと判断し、品質計測結果のフィールドに“0”（損失発生非検出）をセットする。

なお、品質計測部 14 は、送信元及び宛先サブネットの組において、パケットに損失が発生しているか否かを、所定の閾値に基づいて判断することが望ましい。例えば、品質計測部 14 は、所定の閾値として 50 が設定されており、送信元及び宛先サブネットの組の送信側の損失パケット数及び / 又は受信側の損失パケット数が、所定の閾値である 50 以上であるか否かを判断する。そして、当該損失パケット数が 50 以上である場合には、品質計測結果のフィールドに“1”（損失発生検出）を、当該損失パケット数が 50 未満である場合には、品質計測結果のフィールドに“0”（損失発生非検出）をセットする。

【0057】

ここで、品質計測部 14 は、品質計測結果テーブル T2 に格納した品質計測結果に基づいて、パケットに損失が発生したことを検出すると、E C M P 経路判定部 16 に対して、品質劣化の発生を通知する。なお、品質計測部 14 が作成・更新した品質計測結果テーブル T2 において、品質劣化フローが複数存在する場合には、品質計測部 14 は、複数の品質劣化フローを E C M P 経路判定部 16 に通知する。

【0058】

このように、品質計測部 14 は、パケット受信部 12 が受信したパケットの情報に基づいて、パケットの送信元及び宛先サブネット間の品質計測を行なって、品質劣化が発生した品質劣化フローを、パケットの送信元及び宛先サブネット単位で検出する機能を備える。

10

20

30

40

50

なお、品質計測部 1 4 は、順次送られてくるパケット受信部 1 2 で受信したパケットについて、品質計測単位（例えば、上述のように送信元サブネット及び宛先サブネット単位）で品質計測を実行する。このとき、品質計測部 1 4 は、順次または所定の周期ごとに、品質計測結果テーブル T 2 に品質計測結果を格納する。品質計測結果テーブル T 2 に格納される品質計測結果は、品質計測の正確性を確保するため、可能な限り最新の情報であることが望ましい。そこで、品質計測部 1 4 または品質計測結果保持部 1 5 は、品質計測結果テーブル T 2 に格納される品質計測結果を、所定の周期や障害が解消した場合等の条件によりクリアする、または他の記憶媒体に移動するように構成してもよい。これにより、例えば、過去に発生した障害によってパケットの損失が発生していたが、現在は解消している場合において、当該過去の障害発生時の品質計測結果が品質計測結果テーブル T 2 に残存しているために、当該過去に発生した障害によるパケットの損失が品質計測部 1 4 に検出されることを防ぐことができる。

10

【 0 0 5 9 】

E C M P 経路判定部 1 6 は、品質計測部 1 4 から品質劣化の発生を通知されると、品質計測結果保持部 1 5 が保持する品質計測結果テーブル T 2 から、品質計測結果のフィールドに “ 1 ”（損失発生検出）がセットされた送信元サブネット及び宛先サブネットの組を品質劣化フローとして認識する。

なお、品質計測部 1 4 は、E C M P 経路判定部 1 6 に対して、品質劣化の発生の通知だけでなく、品質計測結果のフィールドに “ 1 ”（損失発生検出）がセットされた送信元サブネット及び宛先サブネットの組を、品質劣化フローとして通知してもよい。これにより、E C M P 経路判定部 1 6 は、品質計測結果保持部 1 5 の品質計測結果テーブル T 2 を参照せずに、当該品質劣化フローを認識することができる。

20

【 0 0 6 0 】

E C M P 経路判定部 1 6 は、品質計測部 1 4 からの品質劣化の通知に応じて、当該品質劣化フローが E C M P であるか否かを判定する。そして、E C M P 経路判定部 1 6 は、E C M P であると判定した品質劣化フローについて、送信元サブネット及び宛先サブネット間の品質劣化フローを複数のフローに分離し、分離したフローごとに、品質計測部 1 4 に再度品質計測を実行させる。さらに、E C M P 経路判定部 1 6 は、分離したフローごとの品質計測結果から、品質劣化の発生したフローを選択し、当該品質劣化の発生したフローのうちの任意のフローについて、経路探索実行要求部 1 7 に経路探索要求を実行させ、経路探索の結果から、品質劣化フローの障害経路を特定する。

30

【 0 0 6 1 】

経路探索実行要求部 1 7 は、E C M P 経路判定部 1 6 からの任意のフローについての経路探索要求に基づいて、送信元サブネット内の任意の端末 2 0 に traceroute 等の経路探索を実行させ、実行結果を E C M P 経路判定部 1 6 に返す。

以下、E C M P 経路判定部 1 6 及び経路探索実行要求部 1 7 の具体的な動作について詳述する。

【 0 0 6 2 】

(A - 2) 第 1 実施形態における E C M P 経路判定部 1 6 の動作

(A - 2 - 1) 品質劣化フローが E C M P であるか否かの判定

40

E C M P 経路判定部 1 6 は、品質計測部 1 4 からの品質劣化の通知に応じて、当該品質劣化フローが E C M P であるか否かを、また、E C M P である場合にはその経路数を、トポロジ・経路管理部 1 3 が保持するルーティングテーブル T 1 を参照することにより判定する。

【 0 0 6 3 】

ここで、品質劣化フローが E C M P であるか否かは、当該品質劣化フローと認識された送信元サブネットから宛先サブネットへのフローが、図 5 に示すルーティングテーブル T 1 において、複数の経路を有しているか否かで判断される。

例えば、図 9 に示す品質計測結果テーブル T 2 において、品質計測結果のフィールドに “ 1 ”（損失発生検出）がセットされているフローに着目する。図 5 に示すルーティング

50

テーブルT 1において、送信元サブネット10.0.0.0/8から宛先サブネット12.0.0.0/8へのフローは、A C E G Iの一通りの経路を有する。一方、送信元サブネット10.0.0.0/8から宛先サブネット13.0.0.0/8へのフローは、A C E G H J及びA C D F H Jの二通りの経路を有するE C M Pである。また、送信元サブネット11.0.0.0/8から宛先サブネット12.0.0.0/8へのフローは、B D C E G I及びB D F H G Iの二通りの経路を有するE C M Pである。

【0064】

このとき、E C M P経路判定部16は、品質劣化フローが複数通知された場合には、任意の品質劣化フローを選択し、順次選択した品質劣化フローについてE C M Pであるか否かを判定する。

10

従って、E C M P経路判定部16は、送信元サブネット10.0.0.0/8から宛先サブネット12.0.0.0/8への品質劣化フローを選択した場合には、当該品質劣化フローはE C M Pではないと判定する。また、送信元サブネット10.0.0.0/8から宛先サブネット13.0.0.0/8への品質劣化フローを選択した場合には、当該品質劣化フローがE C M Pであり、経路数が2であると判定する。さらに、送信元サブネット11.0.0.0/8から宛先サブネット12.0.0.0/8への品質劣化フローを選択した場合には、当該品質劣化フローがE C M Pであり、経路数が2であると判定する。

【0065】

このように、E C M P経路判定部16は、ルーティングテーブルT 1を参照することにより、品質計測部14から通知された品質劣化フローがE C M Pであるか否かを判定する。また、品質劣化フローがE C M Pであると判定した場合には、ルーティングテーブルT 1に基づいて、その経路数を算出する。

20

なお、上述のように、トポロジ・経路管理部13は、各ルータA～Jと同様に、送信元サブネットから宛先サブネットへ送信される情報が通過する経路のコストが最小となる経路を選択し、ルーティングテーブルT 1を生成する。このように、最小コストを選択する制御下においては、E C M P経路判定部16が一つのフローについて複数の経路を有すると判定した場合、そのフローはE C M Pであることを意味する。

【0066】

また、E C M P経路判定部16は、当該品質劣化フローがE C M Pでないとして判定した場合には、品質計測部14から通知された品質劣化フローが他に存在するか否かを確認し、他に品質劣化フローがある場合には、E C M P経路判定部16は、他の品質劣化フローがE C M Pであるか否かを判定する。一方、他に品質劣化フローが無い場合には、E C M P経路判定部16は、既知の手法により、当該品質劣化フローの障害経路を特定することが可能であるため、E C M P区間の障害経路特定処理を終了する。

30

【0067】

(A - 2 - 2)モジュロ(n)演算

次に、E C M P経路判定部16は、E C M Pであると判定した品質劣化フローについて、送信元サブネット及び宛先サブネット間の品質劣化フローを、モジュロ(n)演算により複数のフローに分離する。なお、nは当該品質劣化フローのE C M Pの経路数である。

ここで、モジュロ(n)演算とは、OSPFのようなルーティングプロトコルを用いたIPネットワークにおいて、E C M Pを通過するデータについて、E C M Pの経路を振り分ける際に実際のルータが用いる手法である。ルータは、E C M Pに対してパケットを送出(中継)する際に、いずれの経路(ルータ)にパケットを送出(中継)すべきかを決定する。このとき、ルータは、モジュロ(n)演算による経路振り分けルールによって、いずれの経路(ルータ)にパケットを送出(中継)すべきかを決定する。

40

【0068】

図10は、第1実施形態のIPネットワーク1のルータA～Jまたは障害経路監視装置10におけるE C M P経路判定部16が実行するモジュロ(n)演算の手順を説明するためのフローチャートである。

具体的には、ルータは、図10に示すように、パケットの持つIPアドレス(送信元I

50

Pアドレス及び宛先IPアドレス，または送信元IPアドレスのみ，または宛先IPアドレスのみ)を、桁上げを無視して8ビットごとに加算する(ステップS1)。次いで、ルータは、加算結果の8ビットのデータをビット反転してHash値を得る(ステップS2)。最後に、ルータは、Hash値に有効パス数(ECMPの経路数(n))を乗じた値を256で割って、小数点以下を切り捨てることにより、ECMPに対して送出(中継)するパケットごとに、0～n-1の選択パスを得る(ステップS3)。

【0069】

以下、送信元サブネット10.0.0.0/8から宛先サブネット13.0.0.0/8へのフローにおける、送信元IPアドレス10.0.0.1から宛先IPアドレス13.0.0.2へのフローについて、上記ステップに沿って例示する。

ルータは、送信元IPアドレス及び宛先IPアドレスを、桁上げを無視して8ビットごとに加算し、下記(1)の16進数を得る(ステップS1)。

【0070】

$$10+0+0+1+13+0+0+2 = 26_{10} = H \text{ `}[2^7 \cdot 0] = 0x1A \quad (1)$$

次に、ルータは、(1)の16進数を2進数でビット反転し、下記(2)の10進数のHash値を得る(ステップS2)。

$$H \text{ `}[2^7 \cdot 0] = 0x1A = 0001 \ 1010_2 \quad (\text{ビット反転})$$

$$0101 \ 1000_2 = H [2^7 \cdot 0] = H \text{ `}[2^0 \cdot 7] = 0x58 = 88_{10} \quad (2)$$

最後に、ルータは、Hash値88に有効パス数2を乗じた値を256で割って、小数点以下を切り捨てることにより、選択パスとして“0”を得る(ステップS3)。

【0071】

同様に、送信元サブネット10.0.0.0/8から宛先サブネット13.0.0.0/8へのフローにおける、送信元IPアドレス10.0.0.4から宛先IPアドレス13.0.0.6へのフローについて、上記ステップに沿って例示する。

ルータは、送信元IPアドレス及び宛先IPアドレスを、桁上げを無視して8ビットごとに加算し、下記(3)の16進数を得る(ステップS1)。

【0072】

$$10+0+0+4+13+0+0+6 = 33_{10} = H \text{ `}[2^7 \cdot 0] = 0x21 \quad (3)$$

次に、ルータは、(3)の16進数を2進数でビット反転し、下記(4)の10進数のHash値を得る(ステップS2)。

$$H \text{ `}[2^7 \cdot 0] = 0x21 = 0010 \ 0001_2 \quad (\text{ビット反転})$$

$$1000 \ 0100_2 = H [2^7 \cdot 0] = H \text{ `}[2^0 \cdot 7] = 0x84 = 132_{10} \quad (4)$$

最後に、ルータは、Hash値132に有効パス数2を乗じた値を256で割って、小数点以下を切り捨てることにより、選択パスとして“1”を得る(ステップS3)。

【0073】

ルータは、このようにモジュロ(n)演算によって割り振られたn通りの選択パスに対応するECMPのいずれかの経路(ルータ)に対して、各パケットを送出(中継)する。

なお、このモジュロ(n)演算結果は、ECMPの経路数(n)が2の場合、モジュロ(n)演算の性質上、送信元IPアドレス及び宛先IPアドレスの最下位アドレスの和が偶数か奇数かで、選択パス0または1の値が振り分けられることになる。図10に示すステップに沿って示した例においては、送信先IPアドレス10.0.0.1の最下位アドレス“1”と、宛先IPアドレス13.0.0.2の最下位アドレス“2”との和は“3(奇数)”であり、送信先IPアドレス10.0.0.4の最下位アドレス“4”と、宛先IPアドレス13.0.0.6の最下位アドレス“6”との和は“10(偶数)”である。

【0074】

従って、上述の例においては、ECMPの経路数(n)が2の場合には、送信先IPアドレスの最下位アドレスと、宛先IPアドレスの最下位アドレスとの和が奇数であれば選択パス“0”、送信先IPアドレスの最下位アドレスと、宛先IPアドレスの最下位アドレスとの和が偶数であれば選択パス“1”となるように、選択パスが振り分けられるといえる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 5 】

なお、図 1 0 に示す例においては、モジュロ (n) 演算に用いる IP アドレスを送信元 IP アドレス及び宛先 IP アドレスとしたが、ルータが使用する振り分けルールによって、ルータは、送信元 IP アドレスのみまたは宛先 IP アドレスのみを用いたモジュロ (n) 演算を行なう場合もある。この場合には、ルータは、送信元 IP アドレスまたは宛先 IP アドレスについて、上述した図 1 0 に示す各ステップを適用する。

【 0 0 7 6 】

このように、E C M P 経路判定部 1 6 は、IP ネットワーク 1 内に配置されたルータが E C M P の経路を振り分ける際に用いる、上述したモジュロ (n) 演算による振り分けルールを用いて、E C M P であると判定した品質劣化フローを複数のフローに分離する。

10

換言すると、E C M P 経路判定部 1 6 は、実際のルータが E C M P の経路を振り分ける手法を再現 (ルールを同様に利用) することにより、品質劣化フローの送信元 IP アドレス及び宛先 IP アドレスのフローごとに、n 個の選択パスのうちいずれの選択パスが割り振られるかを求めることができる。

【 0 0 7 7 】

このように、特定部 1 1 としての E C M P 経路判定部 1 6 は、受信パケットの品質に劣化が検出された送信元サブネットから宛先サブネットへ送信される複数のパケットから、異なる経路をたどる複数のパケットを、中継装置によるパケットの経路振り分けルールと同じ振り分け結果を得る判定基準を用いて推定することができる。

このとき、特定部 1 1 としての E C M P 経路判定部 1 6 は、複数のパケットを、品質の劣化が検出された受信パケットの送信元及び宛先アドレス、または送信元アドレス、または宛先アドレスのいずれかをを用いたモジュロ (n) 演算の結果に基づいて推定することができる。

20

【 0 0 7 8 】

また、特定部 1 1 としての E C M P 経路判定部 1 6 は、トポロジ・経路管理部 1 3 が作成したルーティングテーブル T 1 に基づいて、品質の劣化が検出された受信パケットの送信元及び宛先サブネット間の伝送経路が複数存在するか否かを判断するとともに、伝送経路の経路数を算出する。そして、特定部 1 1 としての E C M P 経路判定部 1 6 は、伝送経路が複数存在すると判断した場合に、送信元及び宛先サブネット間の算出した経路数の伝送経路のうち異なる経路をたどる複数のパケットを推定するといえる。

30

【 0 0 7 9 】

(A - 2 - 3) 品質劣化フローの障害経路の特定

次に、E C M P 経路判定部 1 6 の品質劣化フローの障害経路の特定方法について、図 1 1 ~ 図 1 3 を参照しながら説明する。

図 1 1 は、ルータ C - E 間での障害発生時に第 1 実施形態の IP ネットワーク 1 におけるルータが振り分けたフローの経路を示す図である。

【 0 0 8 0 】

また、図 1 2 及び図 1 3 は、それぞれ、E C M P 経路判定部 1 6 が作成する探索経路候補テーブル T 3 及びモジュロごとの品質計測結果テーブル T 4 を示す図である。

以下、図 1 1 に示すように、O S P F のようなルーティングプロトコルを用いた IP ネットワーク 1 において、選択パス 1 (図中及び以下、モジュロ (1) ともいう) のフローには、ルータにより、A C E G H J の経路が割り振られていると仮定する。同様に、選択パス 0 (図中及び以下、モジュロ (0) ともいう) のフローには、ルータにより、A C D F H J の経路が割り振られていると仮定する。

40

【 0 0 8 1 】

ここで、送信元 IP アドレス (図中、S A と表記) : 10.0.0.4 及び宛先 IP アドレス (図中、D A と表記) : 13.0.0.6 のフロー、送信元 IP アドレス : 10.0.0.6 及び宛先 IP アドレス : 13.0.0.8 のフロー等は、ルータによるモジュロ (n) 演算の結果、選択パス 1 が割り当てられている。

同様に、送信元 IP アドレス : 10.0.0.1 及び宛先 IP アドレス : 13.0.0.2 のフロー、送

50

送信IPアドレス：10.0.0.3及び宛先IPアドレス：13.0.0.4のフロー等は、ルータによるモジュロ（ n ）演算の結果、選択パス0が割り当てられている。

【0082】

このように、ECMPにおける送信元IPアドレス及び宛先IPアドレスの各フローは、ルータによる振り分けによって、いずれかの経路に振り分けられている。

なお、上述したように、ECMP経路判定部16は、ルーティングテーブルT1からは、送信元サブネットから宛先サブネットへのフローにおいて、どのような経路が存在するかを知ることができるが、送信元IPアドレス及び宛先IPアドレスごとのフローが、ルータによっていずれの経路に振り分けられているかを知ることができない。品質計測結果保持部15が保持する品質計測結果テーブルT2においても同様に、ECMP経路判定部16は、送信元IPアドレス及び宛先IPアドレスごとのフローが、ルータによっていずれの経路に振り分けられているかを知ることができない。

10

【0083】

ECMP経路判定部16は、ECMPであると判定した品質劣化フローに対して、上述したモジュロ（ n ）演算を行ない、品質劣化フローをECMPの経路数（ n ）に分離する。

また、ECMP経路判定部16は、 n 個に分離した品質劣化フロー（以下、分離した品質劣化フローを品質劣化候補フローという）のそれぞれについて、品質計測部14に品質計測を実行させ、品質劣化が発生したフローを複数の品質劣化候補フローの中から絞り込む。

20

【0084】

以下、送信元サブネット10.0.0.0/8から宛先サブネット13.0.0.0/8の品質劣化フローについて、品質劣化フローがECMPである場合のECMP経路判定部16の動作を詳述する。

はじめに、ECMP経路判定部16は、図12に示す探索経路候補テーブルT3を作成し、送信元サブネット及び宛先サブネットのフィールドに、対象の品質劣化フローの送信元及び宛先サブネットをそれぞれセットする。また、ECMP経路判定部16は、トポロジ・経路管理部13が保持するルーティングテーブルT1から取得した、ECMPの経路数（ n ）に基づいて、モジュロ（ n ）のフィールドに0～ $n-1$ の選択パスをセットする。図12に示す例においては、ECMP経路判定部16は、送信元サブネットのフィールドに10.0.0.0/8を、宛先サブネットのフィールドに13.0.0.0/8を、モジュロ（ n ）のフィールドに0及び1を、それぞれセットする。

30

【0085】

同様に、ECMP経路判定部16は、図13に示すモジュロごとの品質計測結果テーブルT4を作成し、送信元サブネット及び宛先サブネットのフィールドに、対象の品質劣化フローの送信元及び宛先サブネットをそれぞれセットする。また、ECMP経路判定部16は、ECMPの経路数（ n ）に基づいて、モジュロ（ n ）のフィールドに0～ $n-1$ の選択パスをセットする。図13に示す例においては、ECMP経路判定部16は、送信元サブネットのフィールドに10.0.0.0/8を、宛先サブネットのフィールドに13.0.0.0/8を、モジュロ（ n ）のフィールドに0及び1を、それぞれセットする。

40

【0086】

次に、ECMP経路判定部16は、パケットの送信元IPアドレス及び宛先IPアドレスが、当該品質劣化フローの送信元サブネット及び宛先サブネットに含まれるパケットを、パケット受信部12が受信した複数のパケットの中から抽出する。そして、ECMP経路判定部16は、当該抽出したそれぞれのパケットの送信元IPアドレス及び宛先IPアドレスを用いたモジュロ（ n ）演算を行ない、品質劣化フローを複数の品質劣化候補フローに分離する。

【0087】

このとき、ECMP経路判定部16は、抽出したパケットの送信元IPアドレス及び宛先IPアドレスを、探索経路候補テーブルT3の当該取得した選択パス0～ $n-1$ に対応

50

する送信元IPアドレス/宛先IPアドレスのフィールドにセットする。

このECMP経路判定部16によるパケットの抽出からモジュロ(n)演算までの処理は、探索経路候補テーブルT3に格納されたモジュロ(n)のフィールドの選択パス0~n-1の全ての値が出現するまで、抽出するパケットを順次変更して繰り返し実行される。なお、モジュロ(n)演算により取得した選択パスが、それ以前に取得した選択パスと同一である場合には、ECMP経路判定部16は、探索経路候補テーブルT3へのパケットの送信元IPアドレス及び宛先IPアドレスのセットを省略してもよい。

【0088】

このように、ECMP経路判定部16は、品質劣化フローを、モジュロ(0)~モジュロ(n-1)のn個の品質劣化候補フローに分離する。

10

次いで、ECMP経路判定部16は、品質計測部14に対して、探索経路候補テーブルT3に格納されたモジュロ(n)のフィールドの選択パス0~n-1の値に基づいて、モジュロ(0)~(n-1)の各品質劣化候補フローについて、順に品質計測を実行するよう要求する。

【0089】

この要求を受けた品質計測部14は、パケット受信部12より送られるパケットの送信元IPアドレス及び宛先IPアドレスについて、ECMP経路判定部16に対してモジュロ(n)演算を実行させ、演算結果に基づいて当該IPアドレスのフローが品質計測対象のモジュロ(0)であるか否かを確認する。品質計測部14は、このように、品質計測対象のモジュロ(0)の品質劣化候補フローに対応するパケットを受信するまで、パケット受信部12より送られるパケットの送信元IPアドレス及び宛先IPアドレスについて、ECMP経路判定部16にモジュロ(n)演算を実行させる。

20

【0090】

品質計測部14は、モジュロ(n)演算の結果、パケット受信部12より送られるパケットの送信元IPアドレス及び宛先IPアドレスのフローが、モジュロ(0)の品質劣化候補フローであると確認すると、当該送信元IPアドレス及び宛先IPアドレスのフローについて品質計測を実行する。

同様に、品質計測部14は、パケット受信部12より送られるパケットの送信元IPアドレス及び宛先IPアドレスについて、ECMP経路判定部16に対してモジュロ(n)演算を実行させ、モジュロ(1)の品質劣化候補フローであると確認すると、当該送信元IPアドレス及び宛先IPアドレスのフローについて品質計測を実行する。

30

【0091】

このように、品質計測部14は、品質計測対象をモジュロ(0)からモジュロ(n-1)まで変更していき、各モジュロ(0)~(n-1)の品質劣化候補フローについて、順次品質計測を実行する。

すなわち、品質計測部14は、パケット受信部12が受信した複数のパケットのそれぞれについてECMP経路判定部16にモジュロ(n)演算を実行させ、当該モジュロ演算の結果が品質計測の対象である品質劣化候補フローに対応するものである場合に、当該モジュロ演算に用いたパケットの送信元及び宛先IPアドレスについて、品質計測を実行する機能を備えるといえる。

40

【0092】

なお、品質計測部14は、品質計測の正確性を確保するため、品質計測単位ごとに一定数以上のパケットの品質計測を実行することが望ましい。そこで、品質計測部14は、例えば、品質計測を開始してから所定の時間が経過するまで、パケット受信部12より送られる品質計測の対象であるフローのパケットについて、順次品質計測を実行してもよい。または、品質計測部14は、品質計測を開始してから、送信パケット数、受信パケット数、送信側の損失パケット数及び受信側の損失パケット数のうち、少なくともいずれかのパケット数が品質計測単位ごとに設定された所定の数値になるまで、順次品質計測を実行してもよい。

【0093】

50

そして、E C M P 経路判定部 1 6 は、品質計測部 1 4 からモジュロ (0) ~ (n - 1) の各品質劣化候補フローについての品質計測結果を受信すると、モジュロごとの品質計測結果テーブル T 4 のモジュロ (0) ~ (n - 1) に対応する各フィールドに、当該品質計測結果をセットする。図 1 3 に示す例においては、E C M P 経路判定部 1 6 は、送信パケット数、受信パケット数、送信側の損失パケット数及び受信側の損失パケット数を、それぞれ該当するフィールドにセットする。

【 0 0 9 4 】

また、同時に、E C M P 経路判定部 1 6 は、モジュロごとの品質計測結果テーブル T 4 の品質計測結果からパケットの品質劣化が発生しているか否かを判定する。品質劣化が発生していると判定した場合には、探索経路候補テーブル T 3 の当該品質劣化候補フローの品質計測結果のフィールドに“ 1 ” (損失発生検出) をセットする。一方、品質劣化が発生していないと判定した場合には、探索経路候補テーブル T 3 の当該品質劣化候補フローの品質計測結果のフィールドに“ 0 ” (損失発生非検出) をセットする。

【 0 0 9 5 】

このように、E C M P 経路判定部 1 6 は、探索経路候補テーブル T 3 に格納されたモジュロ (n) のフィールドの選択パス 0 ~ n - 1 に対応するそれぞれの品質劣化候補フローについて、順に品質計測部 1 4 に品質計測を実行させる。これにより、探索経路候補テーブル T 3 の品質劣化経路のフィールドを除く全てのフィールド、及びモジュロごとの品質計測結果テーブル T 4 の全てのフィールドに、品質劣化候補フローごとの品質計測結果が格納される。

【 0 0 9 6 】

すなわち、特定部 1 1 としての E C M P 経路判定部 1 6 は、パケット受信部 1 2 が受信した受信パケットのうち、パケットの送信元及び宛先アドレスが、品質の劣化が検出された受信パケットの送信元及び宛先サブネットに含まれる複数のパケットを抽出する。そして、特定部 1 1 としての E C M P 経路判定部 1 6 は、抽出したそれぞれのパケットの送信元及び宛先アドレス、または送信元アドレス、または宛先アドレスのいずれかをを用いたモジュロ (n) 演算の結果に基づいて複数のパケットを推定するといえる。

【 0 0 9 7 】

次に、E C M P 経路判定部 1 6 は、探索経路候補テーブル T 3 を参照し、品質計測結果が“ 1 ” (損失発生検出) であるモジュロ (n) を探す。そして、E C M P 経路判定部 1 6 は、モジュロ (n) の選択パス 0 ~ n - 1 のうち、いずれか一つの品質計測結果が“ 1 ” (損失発生検出) であることを確認すると、当該選択パスに対応する品質劣化候補フローにおいて障害が発生していると判断する。

【 0 0 9 8 】

すなわち、図 1 1 ~ 図 1 3 に示す例においては、E C M P 経路判定部 1 6 は、モジュロ (1) の品質劣化候補フローにおいて障害が発生していると判断する。

ここで、探索経路候補テーブル T 3 において、品質計測結果が“ 1 ” (損失発生検出) である選択パス 0 ~ n - 1 が存在しない場合、または二つ以上存在する場合がある。

これは、上述したように、ルータが使用する振り分けルールによっては、送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスを用いずに、送信元 I P アドレスのみ、または宛先 I P アドレスのみを用いたモジュロ (n) 演算を行なうことがあるためである。

【 0 0 9 9 】

従って、この場合、E C M P 経路判定部 1 6 は、品質劣化フローを分離する際のモジュロ (n) 演算と、実際にルータが振り分ける振り分けルールとが異なっていると判断する。

そして、E C M P 経路判定部 1 6 は、モジュロ (n) 演算を行なう際に用いる I P アドレスを、送信元 I P アドレスまたは宛先 I P アドレスに変更して、品質劣化フローを分離する手順から再度実行する。

【 0 1 0 0 】

すなわち、E C M P 経路判定部 1 6 は、品質劣化の発生した品質劣化候補フローを検出

しなかった場合または二つ以上検出した場合に、品質劣化フローの送信元及び宛先サブネットにおける送信元及び宛先のIPアドレス、または送信元のIPアドレス、または宛先のIPアドレスのうち、当該分離の際に用いなかった他のモジュロ(n)演算結果に基づいて、品質劣化フローを分離する。そして、分離した品質劣化候補フローごとに、品質計測部14に品質計測を実行させる。

【0101】

換言すれば、特定部11としての品質計測部14及びECMP経路判定部16は、推定された複数のパケットについて品質計測を実行して、障害経路をたどるパケットが特定できなかった場合または二つ以上の異なる経路をたどるパケットが障害経路をたどるパケットであると特定した場合に、品質の劣化が検出された受信パケットの送信元及び宛先サブネットにおける送信元及び宛先アドレス、または送信元アドレス、または宛先アドレスのうち、当該複数のパケットの推定の際に用いなかった他のモジュロ演算の結果に基づいて、複数のパケットを推定するといえる。そして、特定部11としての品質計測部14及びECMP経路判定部16は、当該複数のパケットについて品質計測を実行することにより、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットが特定するといえる。

10

【0102】

このとき、ECMP経路判定部16は、モジュロ(n)演算を行なう際に送信元IPアドレス及び宛先IPアドレス、送信元IPアドレス、宛先IPアドレスのうちのいずれのパターンを用いたかを表す情報を、図示しないメモリ等の記憶手段に記憶させてもよい。これにより、ECMP経路判定部16は、記憶手段に記憶させた当該情報に基づいて、モジュロ(n)演算を行なう際に用いるIPアドレスを変更することができる。

20

【0103】

なお、送信元IPアドレス及び宛先IPアドレス、送信元IPアドレス、宛先IPアドレスの全てのパターンを用いてモジュロ(n)演算を行なっても、モジュロ(n)の選択パス0~n-1のうち、いずれか一つの品質計測結果が“1”(損失発生検出)とならない場合がある。

このとき、ECMP経路判定部16は、当該品質劣化フローの品質劣化は、ECMP区間外(図11に示す例においては、ルータA-C間またはH-J間)で発生していると判定し、処理を終了する。

【0104】

30

なお、ここまで、ECMP経路判定部16によるモジュロ(n)演算において、最初に送信元IPアドレス及び宛先IPアドレスを用いる場合について説明してきたが、これに限定されず、最初に送信元IPアドレスのみ、または宛先IPアドレスのみを用いてもよい。

このように、ECMP経路判定部16は、パケット受信部12が受信した複数のパケットのうち、パケットの送信元及び宛先IPアドレスが、品質劣化フローの送信元及び宛先サブネットに含まれる複数のパケットを抽出する。そして、ECMP経路判定部16は、抽出したそれぞれのパケットの送信元及び宛先のIPアドレス、または送信元のIPアドレス、または宛先のIPアドレスのいずれかを用いたモジュロ(n)演算結果に基づいて、品質劣化フローを複数の品質劣化候補フローに分離する機能を備える。

40

【0105】

換言すると、特定部11としての品質計測部14及びECMP経路判定部16は、パケット受信部12が受信した受信パケットのそれぞれについてモジュロ(n)演算を実行し、当該モジュロ演算の結果が品質計測の対象である品質の劣化が検出された受信パケットについてのモジュロ(n)演算の結果に対応するものである場合に、当該モジュロ(n)演算に用いたパケットの送信元及び宛先アドレスであるパケットの情報に基づいて、品質計測を実行するといえる。

【0106】

次いで、ECMP経路判定部16は、上述の手順により、全ての品質劣化候補フローについての品質計測の結果、いずれか一つの選択パスに対応する品質劣化候補フローにおい

50

て障害が発生していると判断すると、当該選択パスに対応する品質劣化候補フローのうち、任意の一フローについての経路探索を、経路探索実行要求部 17 に要求する。

ここで、任意の一フローとは、当該選択パスに対応する品質劣化候補フローに含まれる実際の送信元 IP アドレスから宛先 IP アドレスへのフローである。

【0107】

図 11 に示す例においては、モジュロ (1) の品質劣化候補フローに含まれる、送信元 IP アドレス 10.0.0.4 及び宛先 IP アドレス 13.0.0.6 のフロー、送信元 IP アドレス 10.0.0.6 及び宛先 IP アドレス 13.0.0.8 のフロー等のうちの一フローである。

そこで、ECMP 経路判定部 16 は、図 12 に示す探索経路候補テーブル T3 を参照して、当該選択パスに対応する、当該品質劣化フローを分離した際にセットした送信元 IP アドレス及び宛先 IP アドレスを読み出し、経路探索実行要求部 17 に対して送信する。

10

【0108】

経路探索実行要求部 17 は、ECMP 経路判定部 16 から受信した任意の一フローとしての送信元 IP アドレス及び宛先 IP アドレスに基づいて、当該送信元サブネット内の当該送信元 IP アドレスを有する端末 20 に対して、当該宛先 IP アドレスへの traceroute 等の経路探索を実行させる。

当該送信元 IP アドレスを有する端末 20 は、当該宛先 IP アドレスへの経路探索を実行する。経路探索実行結果は、端末 20 から経路探索実行要求部 17 に送信され、さらに経路探索実行要求部 17 から ECMP 経路判定部 16 に対して送信される。

20

【0109】

ECMP 経路判定部 16 は、任意の一フローに対する経路探索実行結果を受信すると、探索経路候補テーブル T3 の当該選択パスに対応する品質劣化経路のフィールドに、経路探索実行結果としての経路情報をセットする。

図 12 に示す例においては、モジュロ (1) に対応する品質劣化経路のフィールドに、A C E G H J の障害経路がセットされる。

【0110】

上述のような手順により、ECMP 経路判定部 16 及び経路探索実行要求部 17 は、品質劣化の発生した品質劣化候補フローの経路を取得し、品質劣化フローの障害経路を特定する。

30

このように、ECMP 経路判定部 16 と経路探索実行要求部 17 とは、協働して、ECMP 区間の障害経路を特定する経路特定部として機能する。

【0111】

従って、経路特定部としての ECMP 経路判定部 16 及び経路探索実行要求部 17 は、送信元及び宛先サブネット間の品質劣化フローを複数の品質劣化候補フローに分離し、分離した品質劣化候補フローごとに、品質計測部 14 に品質計測を実行させることにより、品質劣化フローの障害経路を特定する機能を備えるといえる。

具体的には、経路特定部としての ECMP 経路判定部 16 及び経路探索実行要求部 17 は、品質計測部 14 からの品質劣化候補フローごとの品質計測結果に基づき、複数の品質劣化候補フローの中から、品質劣化の発生した品質劣化候補フローを検出するとともに、検出した品質劣化候補フローにおける任意の一のフローに対して経路探索を実行することにより、品質劣化フローの障害経路を特定するといえる。

40

【0112】

換言すると、特定部 11 としての ECMP 経路判定部 16 及び経路探索実行要求部 17 は、複数のパケットについての品質計測の結果に基づき、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットか特定し、特定したパケットに含まれる情報に基づいて経路探索を実行することにより、ネットワーク 1 内の障害経路を特定するといえる。

また、経路特定部としての ECMP 経路判定部 16 及び経路探索実行要求部 17 は、品質計測部 14 に実行させた品質劣化候補フローごとの品質計測結果を、テーブル T4 として保持し、このテーブル T4 に基づいて、品質劣化候補フローごとに品質劣化の発生を判

50

定する。そして、当該判定結果を、品質劣化候補フローに対応する送信元及び宛先IPアドレスに対応付けて、探索経路候補テーブルT3として保持するとともに、探索経路候補テーブルT3に基づいて、品質劣化フローの障害経路を特定するといえる。

【0113】

換言すると、特定部11としてのECMP経路判定部16及び経路探索実行要求部17は、推定された複数のパケットについての品質計測の結果を、テーブルT4として保持し、このテーブルT4に基づいて、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットが特定する。そして、当該特定結果を、推定された複数のパケットに対応する送信元及び宛先アドレスに対応付けて、探索経路候補テーブルT3として保持するとともに、探索経路候補テーブルT3に基づいて経路探索を実行することにより、ネットワーク1内の障害経路を特定するといえる。

10

【0114】

なお、上述したように、品質計測部14が作成・更新した品質計測結果テーブルT2において、品質劣化フローが複数存在する場合には、品質計測部14は、複数の品質劣化フローをECMP経路判定部16に通知する。

この場合、経路特定部としてのECMP経路判定部16及び経路探索実行要求部17は、通知された複数の品質劣化フローから、任意の一つの品質劣化フローを選択し、当該品質劣化フローについて、上述した手順によって障害経路を特定する。

【0115】

その後、経路特定部は、残りの品質劣化フローについても一つずつ同様に、上述した手順によって障害経路の特定を行なう。

20

なお、ECMP経路判定部16は、自身が作成する探索経路候補テーブルT3及びモジュールごとの品質計測結果テーブルT4を、品質計測結果保持部15に格納してもよい。または、障害経路監視装置10あるいはECMP経路判定部16が、探索経路候補テーブルT3及びモジュールごとの品質計測結果テーブルT4を格納する記憶部を、品質計測結果保持部15とは別にそなえてもよい。

【0116】

(A-3)第1実施形態における障害経路特定手順

次に、第1実施形態における障害経路特定手順について、図14を参照しながら説明する。

30

図14は、図11に示すIPネットワーク1のルータC-E間で障害が発生した場合の、第1実施形態の障害経路監視装置10における障害経路特定手順を説明するためのフローチャートである。

【0117】

はじめに、トポロジ・経路管理部13は、パケット受信部12より送られたOSPFのLSA情報に基づき、ルーティングテーブルT1を作成する(ステップS10)。

次に、品質計測部14は、パケット受信部12より送られたパケットに基づいて、送信元及び宛先サブネットごとにフローを分類し、各フローについての品質計測を行なう(ステップS11)。このとき、品質計測結果は品質計測結果テーブルT2に格納される。

【0118】

40

そして、品質計測部14は、品質計測結果の損失パケット数の情報に基づいて、パケットの品質劣化が生じた品質劣化フローがあるか否かを確認する(ステップS12)。

品質計測部14は、品質劣化フローを検出すると、ECMP経路判定部16に対して、当該品質劣化フローを通知する(ステップS12のYesルート)。なお、品質劣化フローが複数存在する場合には、品質計測部14は、複数の品質劣化フローをECMP経路判定部16に通知する。

【0119】

一方、パケットの品質劣化が生じた品質劣化フローがない場合は(ステップS12のNoルート)、品質計測部14は、パケット受信部より送られるパケットについて、引き続き品質計測を実行する(ステップS11)。

50

品質劣化フローを通知された E C M P 経路判定部 1 6 は、トポロジ・経路管理部 1 3 が管理するルーティングテーブル T 1 を参照し、当該品質劣化フローが E C M P であるか否かを、また、E C M P である場合にはその経路数を判定する（ステップ S 1 3）。

【 0 1 2 0 】

このとき、E C M P 経路判定部 1 6 は、品質劣化フローが複数通知された場合には、任意の品質劣化フローを選択し、選択した品質劣化フローについて判定する。

E C M P 経路判定部 1 6 が、当該品質劣化フローが E C M P でないと判定した場合には（ステップ S 1 3 の N o ルート）、品質計測部 1 4 から通知された品質劣化フローが他に存在するか否かを判断する（ステップ S 1 4）。

【 0 1 2 1 】

他に品質劣化フローがある場合には（ステップ S 1 4 の Y e s ルート）、E C M P 経路判定部 1 6 は、他の品質劣化フローが E C M P であるか否かを判定する（ステップ S 1 5 , S 1 3）。一方、他に品質劣化フローが無い場合には、既知の手法により、当該品質劣化フローの障害経路を特定することが可能であるため、E C M P 経路判定部 1 6 は、E C M P 区間の障害経路特定処理を終了する（ステップ S 1 4 の N o ルート）。

【 0 1 2 2 】

以下、E C M P 経路判定部 1 6 が、品質計測部 1 4 から通知された品質劣化フローのうち、送信元サブネット 10.0.0.0/8 から宛先サブネット 13.0.0.0/8 への品質劣化フローについて、ステップ S 1 3 において、当該品質劣化フローが E C M P であるか否かを判定した場合について説明する。

E C M P 経路判定部 1 6 は、ルーティングテーブル T 1 を参照して、当該品質劣化フローが E C M P であり、経路数が 2 であることを確認する（ステップ S 1 3 の Y e s ルート）。

【 0 1 2 3 】

次に、E C M P 経路判定部 1 6 は、当該品質劣化フローの送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレス、または送信元 I P アドレス、または宛先 I P アドレスのいずれかを用いたモジュロ (n) 演算を実行し、当該品質劣化フローを、複数の品質劣化候補フローに分離する（ステップ S 1 6）。

次いで、E C M P 経路判定部 1 6 は、品質計測部 1 4 に対して、探索経路候補テーブル T 3 に格納されたモジュロ (n) のフィールドの選択パス 0 ~ n - 1 の値に基づいて、モジュロ (0) ~ (n - 1) の各品質劣化候補フローについて、順に品質計測を実行させる（ステップ S 1 7）。

【 0 1 2 4 】

なお、品質劣化候補フローごとの品質計測の手順については、E C M P 経路判定部 1 6 の動作説明において既述のため、その詳細については説明を省略する。

次に、E C M P 経路判定部 1 6 は、品質計測部 1 4 及び E C M P 経路判定部 1 6 による品質劣化候補フローごとの品質計測によって作成された探索経路候補テーブル T 3 から、複数の品質劣化候補フローのうち、品質計測結果が “ 1 ”（損失発生検出）である品質劣化候補フローが一つだけ存在するか否かを確認する（ステップ S 1 8）。

【 0 1 2 5 】

品質計測結果が “ 1 ”（損失発生検出）である品質劣化候補フローが存在しない、または二つ以上存在する場合には（ステップ S 1 8 の N o ルート）、E C M P 経路判定部 1 6 は、当該品質劣化フローの送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレス、または送信元 I P アドレス、または宛先 I P アドレスの全てのパターンを、当該品質劣化フローを分離した際のモジュロ (n) 演算において用いたか否かを確認する（ステップ S 2 1）。

【 0 1 2 6 】

当該品質劣化フローを分離した際のモジュロ (n) 演算において、全てのパターンを用いた場合には（ステップ S 2 1 の Y e s ルート）、E C M P 経路判定部 1 6 は、E C M P 区間以外でパケットの品質劣化が発生していると判定し（ステップ S 2 2）、処理を終了する。

10

20

30

40

50

一方、当該品質劣化フローを分離した際のモジュロ (n) 演算において、全てのパターンを用いていない場合には (ステップ S 2 1 の N o ルート) 、 E C M P 経路判定部 1 6 は、当該品質劣化フローを分離した際に用いなかった他のパターンを用いて、再度、当該品質劣化フローを分離する (ステップ S 2 3 , S 1 6) 。

【 0 1 2 7 】

ここで、パターンの変更としては、 E C M P 経路判定部 1 6 は、例えば、先の品質劣化フローの分離の際に送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスを用いた場合には、送信元 I P アドレスを用いるパターンに変更する。同様に、先の品質劣化フローの分離の際に送信元 I P アドレスを用いた場合には、 E C M P 経路判定部 1 6 は、宛先 I P アドレスを、先の品質劣化フローの分離の際に宛先 I P アドレスを用いた場合には、送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスを用いるパターンに変更する。

10

【 0 1 2 8 】

なお、上記変更は一例であり、この変更順序に限られるものではない。

ステップ S 1 8 において、品質計測結果が “ 1 ” (損失発生検出) である品質劣化候補フローが一つだけ存在すると判定された場合には (ステップ S 1 8 の Y e s ルート) 、 E C M P 経路判定部 1 6 は、品質結果が “ 1 ” (損失発生検出) である品質劣化候補フローに対応する送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスを探索経路候補テーブル T 3 から取得し、当該 I P アドレスについて、経路探索実行要求部 1 7 に対して経路探索の実行を要求する。

【 0 1 2 9 】

20

経路探索実行要求部 1 7 は、 I P ネットワーク 1 内の当該送信元 I P アドレスを有する端末 2 0 に対して、当該宛先 I P アドレスへの経路探索を実行させ、経路探索結果を E C M P 経路探索部 1 6 に送信する (ステップ S 1 9) 。

E C M P 経路探索部 1 6 は、経路探索実行要求部 1 7 からの経路探索結果を、探索経路候補テーブル T 3 の品質結果が “ 1 ” (損失発生検出) である品質劣化候補フローに対応する経路探索結果のフィールドにセットする。

【 0 1 3 0 】

以上の手順により、障害経路監視装置 1 0 は、当該品質劣化フローの障害経路を特定して (ステップ S 2 0) 、処理を終了する。

(A - 4) まとめ

30

このように、第 1 実施形態によれば、品質計測部 1 4 により、品質劣化フローがサブネット単位で検出される。また、 E C M P 経路判定部 1 6 によるモジュロ (n) 演算により、 E C M P の品質劣化フローが経路ごとの品質劣化候補フローに分離され、品質計測部 1 4 により、分離した品質劣化候補フローごとの品質計測が実行される。そして、品質劣化の発生した品質劣化候補フローのうち、絞り込んだフローを優先的に (絞り込んだ任意のフローについてのみとすることもできる) 、経路探索が実行され、品質劣化の発生した品質劣化候補フローの経路が特定される。

【 0 1 3 1 】

すなわち、品質計測部 1 4 及び E C M P 経路判定部 1 6 により、 E C M P である品質劣化フローについて、実際にルータによって振り分けられる経路ごとに分離し、品質劣化候補フローごとに再度品質計測が実行されるため、品質劣化の発生した経路を正確に特定することができる。

40

また、品質劣化が発生している送信元及び宛先サブネット間において、全ての送信元及び宛先 I P アドレスごとに経路探索を実行せずに済むため、経路探索に要する時間を短縮することができる。 E C M P 区間の障害経路を短時間で特定することができる。

【 0 1 3 2 】

さらに、品質計測部 1 4 による I P ネットワーク 1 内のパケットの監視、及び任意のフローに対する経路探索以外に、 I P ネットワーク 1 に対して余分な計測負荷を与えることがないため、 I P ネットワーク 1 に対する負荷を抑えて E C M P 区間の障害経路を特定することができる。

50

(A - 5) 第 1 実施形態の第 1 変形例

第 1 実施形態における品質計測部 1 4 による品質劣化候補フローごとの品質計測については、上述した手順に限らず、例えば以下のように実行してもよい。

【 0 1 3 3 】

まず、E C M P 経路判定部 1 6 は、上述した手順により、品質劣化フローを、モジュロ (0) ~ モジュロ (n - 1) の n 個の品質劣化候補フローに分離する (図 1 4 のステップ S 1 0 ~ 1 6 参照) 。

次に、E C M P 経路判定部 1 6 は、探索経路候補テーブル T 3 のモジュロ (0) 、すなわち選択パス 0 に対応する送信元 I P アドレス / 宛先 I P アドレスのフィールドを参照して、送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスを読み出し、読み出した I P アドレスを品質計測部 1 4 に対して通知し、品質計測の要求をする。

【 0 1 3 4 】

品質計測部 1 4 は、パケット受信部 1 2 から受信している複数のパケットのうち、送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスが、E C M P 経路判定部 1 6 から受信した送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスであるパケットを抽出し、抽出したパケットについて品質計測を実行する。

以下、E C M P 経路判定部 1 6 は、上述した手順により、探索経路候補テーブル T 3 及びモジュロごとの品質計測結果テーブル T 4 に対して、モジュロ (0) の品質劣化候補フローについての品質計測結果をセットする。

【 0 1 3 5 】

以降、同様に、品質計測部 1 4 は、モジュロ (1) ~ (n - 1) の品質劣化候補フローについての品質計測を E C M P 経路判定部 1 6 から受信した送信元及び宛先 I P アドレスに基づいて実行し、E C M P 経路判定部 1 6 は、各品質劣化候補フローの品質計測結果を、探索経路候補テーブル T 3 及びモジュロごとの品質計測結果テーブル T 4 にセットする。

【 0 1 3 6 】

以下、障害経路監視装置 1 0 は、上述した手順により、当該品質劣化フローの障害経路を特定する (図 1 4 のステップ S 1 8 ~ 2 3 参照) 。

上述のように、第 1 実施形態の第 1 変形例の経路特定部としての E C M P 経路判定部 1 6 及び経路探索実行要求部 1 7 は、品質劣化フローを複数の品質劣化候補フローに分離した際に抽出した複数のパケットの送信元及び宛先 I P アドレスを、品質計測部 1 4 に通知する。そして、第 1 実施形態の第 1 変形例の品質計測部 1 4 は、パケット受信部 1 2 が受信した複数のパケットのうち、送信元及び宛先 I P アドレスが、通知された送信元及び宛先 I P アドレスであるパケットの情報に基づいて品質計測を実行する。

【 0 1 3 7 】

換言すれば、特定部 1 1 としての品質計測部 1 4 及び E C M P 経路判定部 1 6 は、パケット受信部 1 2 が受信した受信パケットのうち、送信元及び宛先アドレスが、複数のパケットを推定した際、すなわち、品質劣化フローを複数の品質劣化候補フローに分離した際に抽出した複数のパケットの送信元及び宛先アドレスであるパケットの情報に基づいて、品質計測を実行するといえる。

【 0 1 3 8 】

このように、第 1 実施形態の第 1 変形例によれば、品質計測部 1 4 により、探索経路候補テーブル T 3 に格納されている送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスに基づいて、モジュロ (0) ~ モジュロ (n - 1) の品質劣化候補フローごとの品質計測が実行される。

これにより、第 1 実施形態における効果に加えて、E C M P 経路判定部 1 6 は、品質劣化フローを複数の品質劣化候補フローに分離するときのみ、モジュロ (n) 演算を実行すればよいので、障害経路監視装置 1 0 における負荷を低減することができる。また、E C M P において品質劣化が発生した経路をより短時間に特定することができる。

【 0 1 3 9 】

(A - 6) 第 1 実施形態の第 2 変形例

第 1 実施形態における E C M P 経路判定部 1 6 による品質劣化フローの分離、及び品質計測部 1 4 による品質劣化候補フローごとの品質計測については、上述した手順に限らず、例えば以下のように実行してもよい。

図 1 5 は、図 1 1 に示す I P ネットワーク 1 のルータ C - E 間で障害が発生した場合の、第 1 実施形態の障害経路監視装置 1 0 における障害経路特定手順の変形例を説明するためのフローチャートである。この図 1 5 に示す変形例の手順では、図 1 4 のステップ S 1 6 , S 1 7 に代えて、ステップ S 1 1 6 , S 1 1 7 が実行される。

【 0 1 4 0 】

なお、図中、既述の符号と同一の符号が付されたステップは、同一もしくは略同一のステップを示しているため、その説明の一部を省略する。

以下、E C M P 経路判定部 1 6 により、品質劣化フローが E C M P であると判定された場合について説明する。

E C M P 経路判定部 1 6 により、品質劣化フローが E C M P であると判定された場合 (ステップ S 1 3 の Y e s ルート)、E C M P 経路判定部 1 6 は、品質劣化フローについての図 1 2 に示す探索経路候補テーブル T 3 及び図 1 3 に示すモジュールごとの品質計測結果テーブル T 4 を作成する。そして、E C M P 経路判定部 1 6 は、各テーブルにおいて、送信元サブネット及び宛先サブネットのフィールドには対象の品質劣化フローの送信元及び宛先サブネットを、モジュール (n) のフィールドには選択パスを、それぞれセットする。

【 0 1 4 1 】

次に、E C M P 経路判定部 1 6 は、品質計測部 1 4 に対して、品質劣化フローの packets について、I P アドレスごとの品質計測を行なうように要求する。

品質計測部 1 4 では、この要求を受けると、パケット受信部 1 2 から受信している複数の packets のうち、送信元及び宛先 I P アドレスが、品質劣化フローの送信元及び宛先サブネットに含まれる送信元及び宛先 I P アドレスである packets を抽出し、抽出した packets について、送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスごとのフローに分類して、各フローの品質を計測する (ステップ S 1 1 6)。

【 0 1 4 2 】

E C M P 経路判定部 1 6 では、品質計測部 1 4 から、送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスごとのフローについての品質計測結果を受信する。そして、受信した複数の送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスの組について、それぞれモジュール (n) 演算が実行し、これらの送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスのフローに、選択パス 0 ~ n - 1 のうち、いずれの選択パスが割り当てられているかを判定する (ステップ S 1 1 7)。

【 0 1 4 3 】

このとき、E C M P 経路判定部 1 6 は、モジュールごとの品質計測結果テーブル T 4 に対して、モジュール (n) 演算により判定した選択パスに対応する送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスのフローについての品質計測結果をセットする。

また、E C M P 経路判定部 1 6 は、探索経路候補テーブル T 3 に対して、当該選択パスに対応する送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスを、送信元 I P アドレス / 宛先 I P アドレスのフィールドにセットする。さらに、E C M P 経路判定部 1 6 は、探索経路候補テーブル T 3 に対して、当該選択パスに対応する送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスのフローについての品質計測結果に基づいて、品質計測結果のフィールドに “ 0 ” (損失発生非検出) または “ 1 ” (損失発生検出) をセットする。従って、上述した手順によって、選択パス 0 ~ n - 1 に対応する各品質劣化候補フローが得られる。

【 0 1 4 4 】

以下、障害経路監視装置 1 0 は、上述したステップ S 1 8 以降の手順により、当該品質劣化フローの障害経路を特定する。

このように、第 1 実施形態の第 2 変形例によれば、E C M P 経路判定部 1 6 により、品質劣化フローにおける送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスごとのフローについての品質計測結果が受信され、それぞれのフローが 0 ~ n - 1 のいずれの選択パスに対応する

10

20

30

40

50

かがモジュロ (n) 演算により判定される。そして、判定した結果に基づいて、それぞれのフローの IP アドレスや品質計測結果等の情報が、探索経路候補テーブル T 3 及びモジュロごとの品質計測結果テーブル T 4 に対してセットされる。

【 0 1 4 5 】

これにより、第 1 実施形態における効果に加えて、E C M P 経路判定部 1 6 は、品質劣化フローにおける送信元 IP アドレス及び宛先 IP アドレスごとのフローを複数の品質劣化候補フローに分離するときのみ、モジュロ (n) 演算を実行すればよいので、障害経路監視装置 1 0 における負荷を低減することができる。また、E C M P において品質劣化が発生した経路をより短時間に特定することができる。

【 0 1 4 6 】

(B) 第 2 実施形態

第 1 実施形態における品質計測部 1 4 による送信元及び宛先サブネットごとの品質計測、E C M P 経路判定部 1 6 による品質劣化フローの分離、及び品質計測部 1 4 による品質劣化候補フローごとの品質計測については、上述した手順に限らず、例えば以下に図 1 6 ~ 図 1 8 を参照しながら説明する第 2 実施形態のように実行してもよい。

【 0 1 4 7 】

図 1 6 は、図 1 1 に示す IP ネットワーク 1 のルータ C - E 間で障害が発生した場合の、第 2 実施形態の障害経路監視装置 1 0 における障害経路特定手順を説明するためのフローチャートである。この図 1 6 に示す第 2 実施形態の手順では、図 1 4 のステップ S 1 1 , S 1 3 に代えて、ステップ S 2 1 1 , S 2 1 3 が実行され、図 1 4 のステップ S 1 6 , S 1 7 に代えて、ステップ S 2 1 6 が実行される。以下、図 1 6 中、既述の符号と同一の符号が付されたステップは、同一もしくは略同一のステップを示しているため、その説明の一部を省略する。

【 0 1 4 8 】

図 1 7 は、第 2 実施形態の障害経路監視装置 1 0 の品質計測部 1 4 が作成・更新する、図 4 に示す IP ネットワーク 1 における品質計測結果テーブル T 1 2 を示す図である。

図 1 8 は、第 2 実施形態の障害経路監視装置 1 0 の E C M P 経路判定部 1 6 が作成する、図 4 に示す IP ネットワーク 1 における探索経路候補テーブル T 1 3 を示す図である。

まず、トポロジ・経路管理部 1 3 は、上述した手順により、パケット受信部 1 2 より送られた O S P F の L S A 情報に基づき、ルーティングテーブル T 1 を作成する (ステップ S 1 0) 。

【 0 1 4 9 】

次に、品質計測部 1 4 は、パケット受信部 1 2 より送られたパケットに基づいて、送信元及び宛先 IP アドレスごとにフローを分類し、各フローについての品質計測を行なう (ステップ S 2 1 1) 。

また、品質計測結果を図 1 7 に示す品質計測結果テーブル T 1 2 に格納する。なお、図 1 7 に示す品質計測結果テーブル T 1 2 においては、一部の送信元 IP アドレス及び宛先 IP アドレスの組についてのみを表示しており、それ以外の送信元 IP アドレス及び宛先 IP アドレスの組については図示を省略している。

【 0 1 5 0 】

そして、品質計測部 1 4 は、上述した手順により、送信元 IP アドレス及び宛先 IP アドレスごとの品質計測結果から品質劣化フローを検出すると、E C M P 経路判定部 1 6 に対して、当該品質劣化フローを通知する (ステップ S 1 2 の Y e s ルート) 。

なお、品質劣化フローが複数存在する場合には、品質計測部 1 4 は、複数の品質劣化フローを E C M P 経路判定部 1 6 に通知する。

【 0 1 5 1 】

次いで、E C M P 経路判定部 1 6 は、トポロジ・経路管理部 1 3 が管理するルーティングテーブル T 1 を参照し、品質劣化フローが E C M P であるか否かを、また、E C M P である場合にはその経路数を判定する (ステップ S 2 1 3) 。

このとき、E C M P 経路判定部 1 6 は、品質劣化フローが複数通知された場合には、任意の品質劣化フローを選択し、選択した品質劣化フローについて判定する。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 2 】

当該選択した品質劣化フローが E C M P でないと判定した場合には (ステップ S 2 1 3 の N o ルート)、上述した手順により、他に品質計測部 1 4 から通知された品質劣化フローが存在するか否かを判断し (ステップ S 1 4)、他に品質劣化フローがある場合には (ステップ S 1 4 の Y e s ルート)、他の品質劣化フローが E C M P であるか否かを判定する (ステップ S 1 5 , S 2 1 3)。

【 0 1 5 3 】

以下、E C M P 経路判定部 1 6 は、品質計測部 1 4 から通知された品質劣化フローのうち、送信元 I P アドレス 10.0.0.4 / 宛先 I P アドレス 13.0.0.6 の品質劣化フローについて、ステップ S 2 1 3 において、当該品質劣化フローが E C M P であるか否かを判定した場合について説明する。

10

E C M P 経路判定部 1 6 は、ルーティングテーブル T 1 を参照して、当該品質劣化フローが E C M P であり、経路数が 2 であることを確認する (ステップ S 2 1 3 の Y e s ルート)。

【 0 1 5 4 】

次に、E C M P 経路判定部 1 6 は、図 1 8 に示す探索経路候補テーブル T 1 3 を作成し、送信元サブネット及び宛先サブネットのフィールドに当該品質劣化フローが含まれる送信元サブネット 10.0.0.0/8 及び宛先サブネット 13.0.0.0/8 をセットし、モジュロ (n) のフィールドに E C M P の経路数 (n) に基づいて 0 , 1 の選択パスをセットする。

次いで、E C M P 経路判定部 1 6 は、当該品質劣化フローの送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレス、または送信元 I P アドレス、または宛先 I P アドレスを用いたモジュロ (n) 演算を実行することにより、当該品質劣化フローに対応する選択パスを得る。また、E C M P 経路判定部 1 6 は、モジュロ (n) 演算により得た選択パスに基づいて、探索経路候補テーブル T 1 3 の当該選択パスに対応する送信元 I P アドレス / 宛先 I P アドレスのフィールドに、当該品質劣化フローの送信元及び宛先 I P アドレスをセットする。さらに、E C M P 経路判定部 1 6 は、探索経路候補テーブル T 1 3 の当該選択パスに対応する品質計測結果のフィールドに “ 1 ” (損失発生検出) をセットする。

20

【 0 1 5 5 】

図 1 8 に示す例においては、送信元及び宛先 I P アドレスの品質劣化フローについての送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスを用いたモジュロ (n) 演算により、選択パス 1 を得ている。

30

また、E C M P 経路判定部 1 6 は、図 1 7 に示す品質計測結果テーブル T 1 2 から当該品質劣化フローと同じ送信元サブネット及び宛先サブネットに含まれる、他のフロー (品質劣化フローであるか否かは問わない) の送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレス、または送信元 I P アドレス、または宛先 I P アドレスを参照して、モジュロ (n) 演算を実行することにより、当該他のフローに対応する選択パスを得る。さらに、E C M P 経路判定部 1 6 は、品質計測結果テーブル T 1 2 の当該他のフローの品質計測結果を参照して、探索経路候補テーブル T 1 3 の対応する品質計測結果のフィールドに “ 0 ” (損失発生非検出) または “ 1 ” (損失発生検出) をセットする。

【 0 1 5 6 】

40

図 1 8 に示す例においては、他のフローとして、送信元 I P アドレス : 10.0.0.1 / 宛先 I P アドレス : 13.0.0.2 のフローを参照しており、当該他のフローについての送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレスを用いたモジュロ (n) 演算により、選択パス 0 を得ている。また、E C M P 経路判定部 1 6 は、探索経路候補テーブル T 1 3 の当該他のフローの選択パスに対応する品質計測結果のフィールドに “ 0 ” (損失発生非検出) をセットしている。

【 0 1 5 7 】

このように、E C M P 経路判定部 1 6 は、当該品質劣化フローについてのモジュロ (n) 演算を行なうとともに、E C M P の経路数 (n) の全ての選択パスに対応するフローが得られるまで、品質計測結果テーブル T 1 2 から当該品質劣化フローと同じ送信元サブネ

50

ット及び宛先サブネットに含まれる他のフローについてのモジュロ (n) 演算を実行する (ステップ S 2 1 6) 。従って、上述した手順によって、選択パス 0 ~ n - 1 に対応する各品質劣化候補フローが得られる。

【 0 1 5 8 】

以下、障害経路監視装置 1 0 は、上述したステップ S 1 8 以降の手順により、当該品質劣化フローの障害経路を特定する。

上述のように、第 2 実施形態では、経路特定部としての E C M P 経路判定部 1 6 及び経路探索実行要求部 1 7 により、品質劣化計測テーブル T 1 2 の品質計測結果が参照されて、品質劣化フローが含まれる送信元及び宛先サブネット間のフローが複数の品質劣化候補フローに分離される。そして、分離された複数の品質劣化候補フローと品質計測結果とに基づいて、品質劣化フローにおける任意の一のフローに対して経路探索要求が実行されることにより、品質劣化フローの障害経路が特定される。

10

【 0 1 5 9 】

このように、第 2 実施形態によれば、品質計測部 1 4 により、送信元 I P アドレス及び宛先 I P アドレス単位で品質計測が実行されるため、E C M P 経路判定部 1 6 による品質劣化フローの分離後に、品質劣化候補フローごとに品質計測を実行する必要がない。

これにより、第 1 実施形態における効果に加えて、品質計測部 1 4 は、品質劣化フローを検出するときのみ品質計測を実行すればよいので、障害経路監視装置 1 0 における負荷を低減することができる。また、E C M P において品質劣化が発生した経路をより短時間に特定することができる。

20

【 0 1 6 0 】

(C) その他

以上、本発明の好ましい実施形態について詳述したが、本発明は、係る特定の実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内において、種々の変形、変更して実施することができる。

例えば、図 1 9 ~ 図 2 3 を参照しながら説明するごとく、第 1 実施形態及び第 2 実施形態の I P ネットワーク 1 における品質劣化フローの経路数は 2 であったが、E C M P の経路数は 3 以上であってもよい。

【 0 1 6 1 】

ここで、図 1 9 は、ルータ D - G 間での障害発生時に I P ネットワーク 2 におけるルータが振り分けたフローの経路を示す図である。

30

図 2 0 ~ 図 2 3 は、それぞれ、障害経路監視装置 1 0 におけるルーティングテーブル T 2 1、品質計測結果テーブル T 2 2、探索経路候補テーブル T 2 3 及びモジュロごとの品質計測結果テーブル T 2 4 を示す図である。

【 0 1 6 2 】

例えば、図 1 9 に示す I P ネットワーク 2 のルータ D - G 間で障害が発生した場合においては、図 2 0 ~ 図 2 3 に示すルーティングテーブル T 2 1、品質計測結果テーブル T 2 2、探索経路候補テーブル T 2 3 及びモジュロごとの品質計測結果テーブル T 2 4 が作成される。なお、便宜上、図 2 0 及び図 2 1 中、送信元サブネット 10.0.0.0/8 及び宛先サブネット 15.0.0.0/8 についての情報のみを記載し、他の送信元サブネット及び宛先サブネットについての情報は、図示を省略している。

40

【 0 1 6 3 】

この場合、例えば、送信元サブネット 10.0.0.0/8 から宛先サブネット 15.0.0.0/8 への品質劣化フローは E C M P であり、その経路数は 3 となっている。

このような I P ネットワーク 2 の構成においても、上述した第 1 実施形態及び第 2 実施形態における障害経路特定手順を適用することが可能である。

なお、上述した特定部 1 1、パケット受信部 1 2、トポロジ・経路管理部 1 3、品質計測部 1 4、E C M P 経路判定部 1 6 及び経路探索実行要求部 1 7 としての機能は、コンピュータ (C P U、情報処理装置、各種端末を含む) が障害経路特定プログラムとしての所定のアプリケーションプログラムを実行することによって実現されてもよい。

50

【 0 1 6 4 】

そして、障害経路監視装置 10 の図示しない CPU が、障害経路特定プログラムを実行することにより、上述の如く構成した障害経路監視装置 10 における、特定部 11，パケット受信部 12，トポロジ・経路管理部 13，品質計測部 14，ECMP 経路判定部 16，経路探索実行要求部 17 として機能するようになっている。

そのプログラムは、例えばフレキシブルディスク，CD (CD-ROM，CD-R，CD-RW など)，DVD (DVD-ROM，DVD-RAM，DVD-R，DVD-RW，DVD+R，DVD+RW など) 等のコンピュータ読取可能な記録媒体に記録された形態で提供される。この場合、コンピュータはその記録媒体から記憶部制御プログラムを読み取って内部記憶装置または外部記憶装置に転送し格納して用いる。また、そのプログラムを、例えば磁気ディスク，光ディスク，光磁気ディスク等の記憶装置 (記録媒体) に記録しておき、その記憶装置から通信回線を介してコンピュータに提供するようにしてもよい。

10

【 0 1 6 5 】

ここで、コンピュータとは、ハードウェアと OS (オペレーティングシステム) とを含む概念であり、OS の制御の下で動作するハードウェアを意味している。また、OS が不要でアプリケーションプログラム単独でハードウェアを動作させるような場合には、そのハードウェア自体がコンピュータに相当する。ハードウェアは、少なくとも、CPU 等のマイクロプロセッサと、記録媒体に記録されたコンピュータプログラムを読み取るための手段とをそなえている。

20

【 0 1 6 6 】

上記障害経路特定プログラムとしてのアプリケーションプログラムは、上述のようなコンピュータに、上記機能を実現させるプログラムコードを含んでいる。また、その機能の一部は、アプリケーションプログラムではなく OS によって実現されてもよい。

(D) 付記

そして、本発明は、以下に示すように要約することができる。

【 0 1 6 7 】

(付記 1)

中継装置を含むネットワーク内の障害経路を特定する装置であって、ネットワーク内を伝送されるパケットを受信するパケット受信部と、前記パケット受信部が受信した受信パケットに含まれる情報に基づいて前記受信パケットの送信元及び宛先サブネット間における品質の劣化が検出された場合に、送信元アドレス又は宛先アドレスに基づいて前記送信元及び宛先サブネット間の複数の伝送経路のうち異なる経路をたどることが推定された複数のパケットについて品質計測を実行して、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットか特定する特定部と、を備えたことを特徴とする監視装置。

30

【 0 1 6 8 】

(付記 2)

前記複数のパケットは、前記中継装置によるパケットの経路振り分けルールと同じ振り分け結果を得る判定基準を用いて推定される、付記 1 記載の監視装置。

40

(付記 3)

前記複数のパケットは、前記品質の劣化が検出された前記受信パケットの送信元及び宛先アドレス、または送信元アドレス、または宛先アドレスのいずれかをを用いたモジュロ演算の結果に基づいて推定される、付記 2 記載の監視装置。

【 0 1 6 9 】

(付記 4)

前記特定部は、前記パケット受信部が受信した受信パケットのうち、パケットの送信元及び宛先アドレスが、前記品質の劣化が検出された前記受信パケットの送信元及び宛先サ

50

ブネットに含まれる複数のパケットを抽出し、抽出したそれぞれのパケットの送信元及び宛先アドレス、または送信元アドレス、または宛先アドレスのいずれかを用いたモジュロ演算の結果に基づいて、前記複数のパケットを推定する、
付記 3 記載の監視装置。

【 0 1 7 0 】

(付記 5)

前記特定部は、

前記パケット受信部が受信した受信パケットのそれぞれについてモジュロ演算を実行し、当該モジュロ演算の結果が、品質計測の対象である前記品質の劣化が検出された前記受信パケットについてのモジュロ演算の結果に対応するものである場合に、当該モジュロ演算に用いたパケットの送信元及び宛先アドレスであるパケットの情報に基づいて、品質計測を実行する、

付記 3 又は付記 4 記載の監視装置。

【 0 1 7 1 】

(付記 6)

前記特定部は、

前記パケット受信部が受信した受信パケットのうち、送信元及び宛先アドレスが、前記複数のパケットを推定した際に抽出した前記複数のパケットの送信元及び宛先アドレスであるパケットの情報に基づいて品質計測を実行する、

付記 5 記載の監視装置。

【 0 1 7 2 】

(付記 7)

前記特定部は、

前記推定された複数のパケットについて品質計測を実行して、障害経路をたどるパケットが特定できなかった場合または二つ以上の異なる経路をたどるパケットが障害経路をたどるパケットであると特定した場合に、前記品質の劣化が検出された前記受信パケットの送信元及び宛先サブネットにおける送信元及び宛先アドレス、または送信元アドレス、または宛先アドレスのうち、当該複数のパケットの推定の際に用いなかった他のモジュロ演算の結果に基づいて、前記複数のパケットを推定するとともに、当該複数のパケットについて品質計測を実行することにより、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットが特定する、

付記 3 または付記 4 に記載の監視装置。

【 0 1 7 3 】

(付記 8)

前記パケット受信部は、ネットワーク内を伝送される経路を制御する情報をさらに受信し、

前記パケット受信部で受信した経路を制御する情報に基づいて、ルーティングテーブルを作成する管理部をさらにそなえるとともに、

前記特定部は、

前記パケット受信部が受信した受信パケットの送信元及び宛先サブネット間における品質の劣化が検出された場合に、前記管理部が作成した前記ルーティングテーブルに基づいて、前記送信元及び宛先サブネット間の伝送経路が複数存在するか否かを判断し、前記送信元及び宛先サブネット間の伝送経路が複数存在すると判断した場合に、前記複数のパケットを推定する、

付記 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の監視装置。

【 0 1 7 4 】

(付記 9)

前記特定部は、

前記パケット受信部が受信した受信パケットの送信元及び宛先サブネット間における品質の劣化が検出された場合に、前記管理部が作成した前記ルーティングテーブルに基づい

10

20

30

40

50

て、前記送信元及び宛先サブネット間の伝送経路の経路数を算出するとともに、前記算出した経路数の伝送経路のうちの異なる経路をたどる複数のパケットを推定する、
付記 8 記載の監視装置。

【 0 1 7 5 】

(付記 1 0)

前記特定部は、前記複数のパケットについての品質計測の結果に基づき、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットか特定し、特定したパケットに含まれる情報に基づいて経路探索を実行することにより、前記ネットワーク内の障害経路を特定する、
付記 1 ~ 9 のいずれか 1 つに記載の監視装置。

【 0 1 7 6 】

(付記 1 1)

前記特定部は、
前記推定された複数のパケットについての品質計測の結果を、テーブルとして保持し、
前記テーブルに基づいて、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットか特定し、当該特定結果を、前記推定された複数のパケットに対応する送信元及び宛先アドレスに対応付けて、探索経路候補テーブルとして保持するとともに、

前記探索経路候補テーブルに基づいて経路探索を実行することにより、前記ネットワーク内の障害経路を特定する、
付記 1 0 に記載の監視装置。

【 0 1 7 7 】

(付記 1 2)

前記特定部は、
前記パケット受信部が受信した受信パケットに含まれる情報に基づいて前記受信パケットの送信元及び宛先サブネット間における品質計測を行なうとともに、前記受信パケットの品質の劣化を検出する品質計測部と、

前記品質計測部で前記受信パケットの品質の劣化を検出した場合に、送信元アドレス又は宛先アドレスに基づいて前記送信元及び宛先サブネット間の複数の伝送経路のうちの異なる経路をたどる複数のパケットを推定し、当該複数のパケットについて前記品質計測部に品質計測を実行させることにより、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットか特定する経路特定部と、を備えたことを特徴とする、

付記 1 ~ 1 1 のいずれか 1 つに記載の監視装置。

【 0 1 7 8 】

(付記 1 3)

前記品質計測部の品質計測の結果を保持する保持部をさらにそなえ、
前記品質計測部は、
前記受信パケットの送信元及び宛先サブネット間における品質計測の結果を品質計測結果テーブルとして、前記保持部に格納するとともに、前記品質計測結果テーブルの品質計測の結果に基づいて、前記受信パケットの品質の劣化を検出する、
付記 1 2 に記載の監視装置。

【 0 1 7 9 】

(付記 1 4)

O S P F (Open Shortest Path First) が用いられるネットワーク内の E C M P (Equal Cost Multi Path) 区間の障害経路を特定する、
付記 1 ~ 1 3 のいずれか 1 つに記載の監視装置。

(付記 1 5)

中継装置を含むネットワーク内の障害経路を特定する方法であって、
ネットワーク内を伝送されるパケットを受信し、
前記受信した受信パケットに含まれる情報に基づいて前記受信パケットの送信元及び宛先サブネット間における品質の劣化が検出された場合に、送信元アドレス又は宛先アドレスに基づいて前記送信元及び宛先サブネット間の複数の伝送経路のうちの異なる経路をた

10

20

30

40

50

どることが推定された複数のパケットについて品質計測を実行して、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットか特定することを特徴とする、監視方法。

【 0 1 8 0 】

(付記 1 6)

前記複数のパケットは、前記中継装置によるパケットの経路振り分けルールと同じ振り分け結果を得る判定基準を用いて推定される、
付記 1 5 記載の監視方法。

(付記 1 7)

前記複数のパケットは、前記品質の劣化が検出された前記受信パケットの送信元及び宛先アドレス、または送信元アドレス、または宛先アドレスのいずれかを用いたモジュロ演算の結果に基づいて推定される、
付記 1 6 記載の監視方法。

10

【 0 1 8 1 】

(付記 1 8)

中継装置を含むネットワーク内の障害経路を特定するプログラムであって、
パケット受信部が受信した受信パケットに含まれる情報に基づいて前記受信パケットの送信元及び宛先サブネット間における品質の劣化が検出された場合に、送信元アドレス又は宛先アドレスに基づいて前記送信元及び宛先サブネット間の複数の伝送経路のうち異なる経路をたどることが推定された複数のパケットについて品質計測を実行して、いずれのパケットが障害経路をたどるパケットか特定する特定部として、コンピュータを機能させることを特徴とする、監視プログラム。

20

【 0 1 8 2 】

(付記 1 9)

前記複数のパケットは、前記中継装置によるパケットの経路振り分けルールと同じ振り分け結果を得る判定基準を用いて推定される、
付記 1 8 記載の監視プログラム。

(付記 2 0)

前記複数のパケットは、前記品質の劣化が検出された前記受信パケットの送信元及び宛先アドレス、または送信元アドレス、または宛先アドレスのいずれかを用いたモジュロ演算の結果に基づいて推定される、
付記 1 9 記載の監視プログラム。

30

【 符号の説明 】

【 0 1 8 3 】

1 , 2 , 1 0 0 I P ネットワーク

1 0 , 1 1 0 障害経路監視装置

1 1 特定部

1 2 パケット受信部

1 3 トポロジ・経路管理部 (管理部)

1 4 品質計測部

1 5 品質計測結果保持部 (保持部)

40

1 6 E C M P 経路判定部 (経路特定部)

1 7 経路探索実行要求部 (経路特定部)

2 0 端末

3 0 分岐部

A ~ L ルータ

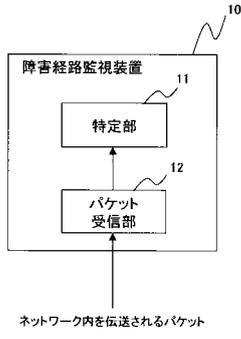
T 1 , T 2 1 , T 5 ルーティングテーブル

T 2 , T 1 2 , T 2 2 品質計測結果テーブル

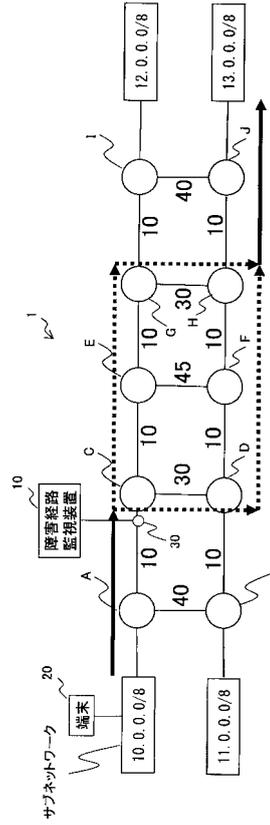
T 3 , T 1 3 , T 2 3 探索経路候補テーブル

T 4 , T 2 4 モジュロごとの品質計測結果テーブル

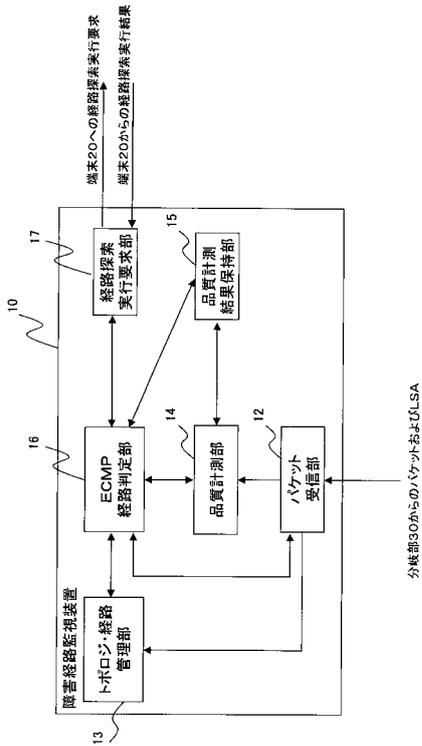
【図1】



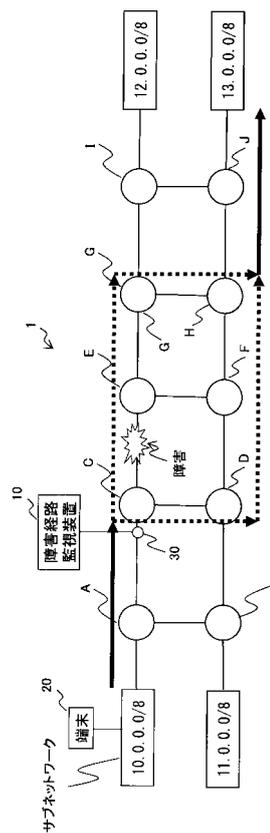
【図2】



【図3】



【図4】

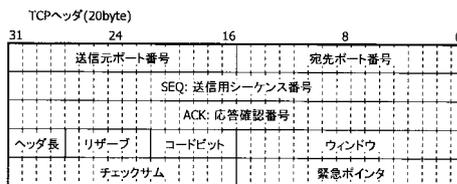


【図5】

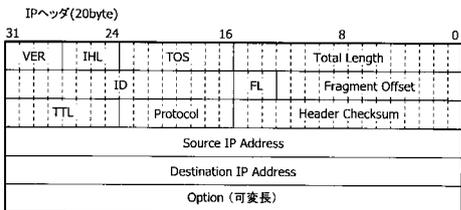
トポロジ・経路管理部13が生成・管理するルーティングテーブル ^{T1}

送信元サブネット	宛先サブネット	経路
10.0.0.0/8	12.0.0.0/8	A→C→E→G→I
10.0.0.0/8	13.0.0.0/8	A→C→E→G→H→J
		A→C→D→F→H→J
11.0.0.0/8	12.0.0.0/8	B→D→C→E→G→I
		B→D→F→H→G→I
11.0.0.0/8	13.0.0.0/8	B→D→F→H→J

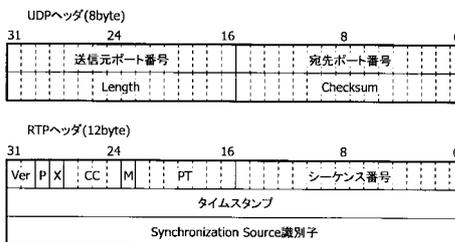
【図7】



【図6】



【図8】



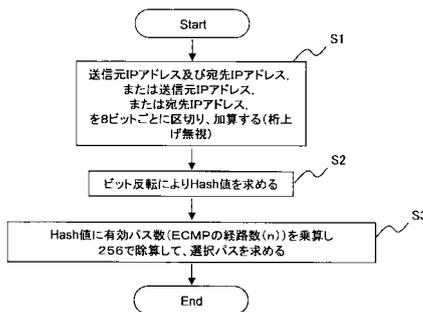
P: Padding, X: Extension, CC: CSRC count, M: Marker

【図9】

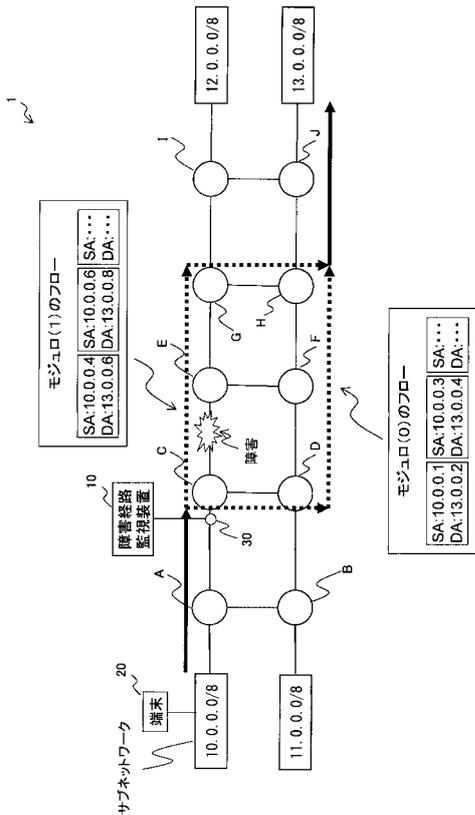
品質計測部14が作成・更新する品質計測結果テーブル ^{T2}

送信元サブネット	宛先サブネット	送信パケット数	受信パケット数	送信側の損失パケット数	受信側の損失パケット数	品質計測結果
10.0.0.0/8	12.0.0.0/8	10000	10000	100	100	1
10.0.0.0/8	13.0.0.0/8	9000	9000	100	100	1
11.0.0.0/8	12.0.0.0/8	10500	10500	300	300	1
11.0.0.0/8	13.0.0.0/8	11000	11000	0	0	0

【図10】



【図 1 1】



【図 1 2】

ECMP経路判定部16が作成する障害検出監視テーブル

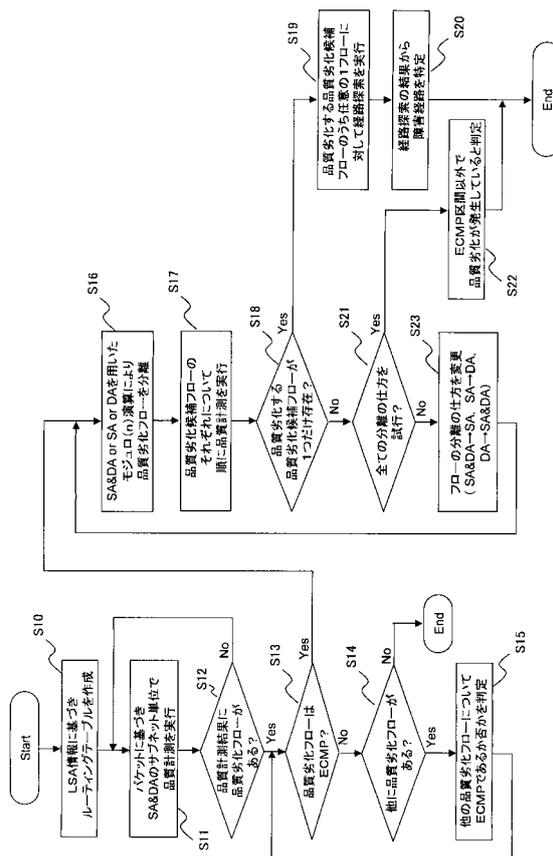
送信元サブネット	宛先サブネット	モジュール(n)	送信元IPアドレス / 宛先IPアドレス	品質計測結果	品質劣化経路
10.0.0.0/8	13.0.0.0/8	0	10.0.0.1 / 13.0.0.2	0	A-C-E-G-H-J
		1	10.0.0.4 / 13.0.0.6	1	A-C-E-G-H-J

【図 1 3】

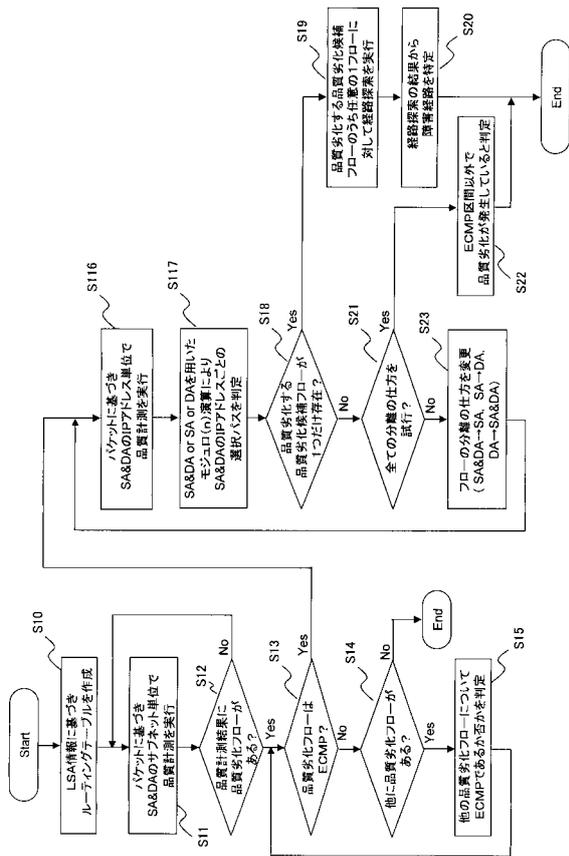
ECMP経路判定部16が作成するモジュール上の品質計測結果テーブル

送信元サブネット	宛先サブネット	送信パケット数	受信パケット数	送信側の損失パケット数	受信側の損失パケット数
10.0.0.0/8	13.0.0.0/8	10000	9000	0	100
		10000	9000	0	100

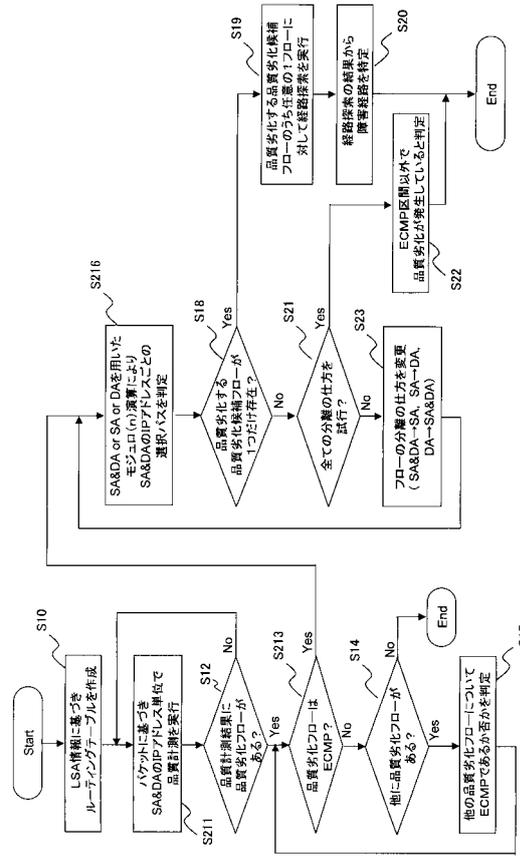
【図 1 4】



【図15】



【図16】



【図17】

品質計測部14が作成・更新する品質計測結果テーブル

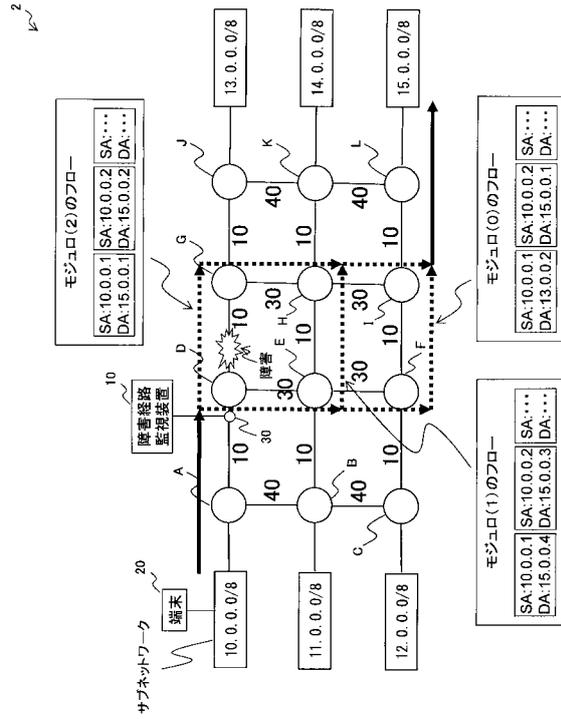
送信元IPアドレス	宛先IPアドレス	送信パケット数	受信パケット数	送信側の損失パケット数	受信側の損失パケット数	品質計測結果
10.0.0.1	...	...	...	...	...	...
10.0.0.1	13.0.0.2	1000	1000	0	0	0
...
10.0.0.3	13.0.0.4	1050	1050	0	0	0
...
10.0.0.4	13.0.0.6	900	900	10	10	1
...
10.0.0.6	13.0.0.8	1100	1100	30	30	1
...
11.0.0.1	...	...	...	...	...	...
...

【図18】

ECMP経路判定部16が作成する障害経路候補テーブル

送信元サブネット	宛先サブネット	モジュロ(n)	送信元IPアドレス / 宛先IPアドレス	品質計測結果	品質劣化候補
10.0.0.0/8	13.0.0.0/8	0	10.0.0.1 / 13.0.0.2	0	...
10.0.0.0/8	13.0.0.0/8	1	10.0.0.4 / 13.0.0.6	1	A-C-E-G-H-I-J

【図19】



【図20】

トポロジ・経路管理部13が生成・管理するルーティングテーブル

送信元サブネット	宛先サブネット	経路
10.0.0.0/8	...	...
10.0.0.0/8	15.0.0.0/8	A→D→G→H→I→L A→D→E→H→I→L A→D→E→F→I→L
11.0.0.0/8	...	...
...

【図21】

品質計測部14が作成・更新する品質計測結果テーブル

送信元サブネット	宛先サブネット	送信パケット数	受信パケット数	送信側の損失パケット数	受信側の損失パケット数	品質計測結果
10.0.0.0/8	...	...	...	...	...	...
10.0.0.0/8	15.0.0.0/8	15000	15000	400	400	1
11.0.0.0/8	...	...	...	...	...	...
...

【図22】

ECMP経路判定部16が作成する探索経路候補テーブル

送信元サブネット	宛先サブネット	モジュロ(n)	送信元IPアドレス / 宛先IPアドレス	品質計測結果	品質劣化経路
10.0.0.0/8	15.0.0.0/8	0	10.0.0.1 / 15.0.0.2	0	
		1	10.0.0.2 / 15.0.0.3	0	
		2	10.0.0.1 / 15.0.0.1	1	A→D→G→H→I→L

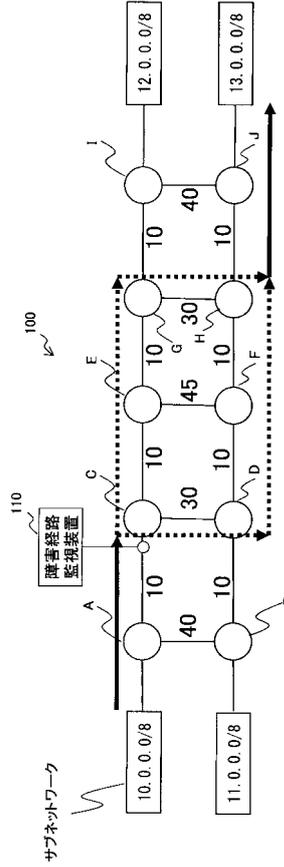
【 2 3 】

T24

ECMP経路判定部16が作成するモジュロごとの品質計測結果テーブル

送信元サブネット	宛先サブネット	モジュロ(n)	送信バイト数	受信バイト数	送信側の損失バイト数	受信側の損失バイト数
10.0.0.0/8	15.0.0.0/8	0	10000	10000	0	0
		1	11000	11000	0	0
		2	9500	9500	100	100

【 2 4 】



【 2 5 】

ルータA~Jが持つルーティングテーブル

T5

送信元サブネット	宛先サブネット	経路
10.0.0.0/8	12.0.0.0/8	A→C→E→G→I
		A→C→E→G→H→J
10.0.0.0/8	13.0.0.0/8	A→C→D→F→H→J
		A→C→D→F→I→H→J
11.0.0.0/8	12.0.0.0/8	B→D→C→E→G→I
		B→D→F→H→G→I
11.0.0.0/8	13.0.0.0/8	B→D→F→H→J

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-086889(JP,A)
特開2009-055113(JP,A)
特表2005-509369(JP,A)
特開2011-211358(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 12/00 - 12/26、12/50 - 12/955