

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5532348号
(P5532348)

(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				
HO 4 L 12/70	(2013.01)	HO 4 L 12/70	1 0 0 Z		
HO 4 L 12/46	(2006.01)	HO 4 L 12/46	M		
HO 4 L 29/14	(2006.01)	HO 4 L 13/00	3 1 5 A		

請求項の数 14 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2011-518584 (P2011-518584)	(73) 特許権者	000004237
(86) (22) 出願日	平成22年6月11日(2010.6.11)		日本電気株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/059950		東京都港区芝五丁目7番1号
(87) 国際公開番号	W02010/143712	(74) 代理人	100130029
(87) 国際公開日	平成22年12月16日(2010.12.16)		弁理士 永井 道雄
審査請求日	平成25年5月13日(2013.5.13)	(74) 代理人	100166338
(31) 優先権主張番号	特願2009-140312 (P2009-140312)		弁理士 関口 正夫
(32) 優先日	平成21年6月11日(2009.6.11)	(74) 代理人	100152054
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 仲野 孝雅
		(72) 発明者	厩橋 正樹
			日本国東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		(72) 発明者	崔 珍龍
			日本国東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 輻輳検出方法および通信ノード

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基準ノードから少なくとも1つの中継ノードを経て折り返しノードへ至る往路と前記折り返しノードから前記少なくとも1つの中継ノードを経て前記基準ノードへ至る復路とが設定されたネットワークにおける輻輳検出方法において、

前記基準ノードから往路通信または復路通信を検査するための検査信号を発信し、

前記往路の前記中継ノード及び前記折り返しノードのそれぞれから、又は前記往路の前記中継ノード若しくは前記折り返しノードから前記基準ノードまで優先クラスで前記検査信号に対する応答信号を伝送し、

前記検査信号が復路通信の検査に対応する場合は、前記往路の前記中継ノード及び折り返しノードのそれぞれから、又は前記往路の前記中継ノード若しくは前記折り返しノードから前記応答信号の複製を非優先クラスで前記復路へ発信し、当該応答信号の複製を受信した前記中継ノードにより該複製を前記基準ノードまで優先クラスで転送し、

前記検査信号が往路通信の検査に対応する場合は、前記往路の前記中継ノードから当該検査信号の複製を非優先クラスで前記往路へ発信し、当該検査信号の複製を受信した前記中継ノード及び折り返しノードのそれぞれから、又は当該検査信号の複製を受信した前記中継ノード若しくは前記折り返しノードから前記基準ノードまで優先クラスで前記応答信号の複製を伝送し、

同一の前記中継ノード又は前記折り返しノードから発信された応答信号およびその複製について前記基準ノードへの到着時間の差を求め、当該到着時間差が閾値を超える場合は

10

20

前記中継ノード又は前記折り返しノードの往路通信または復路通信に輻輳が発生したと判定することを特徴とする輻輳検出方法。

【請求項 2】

前記検査信号および前記応答信号が、前記ネットワークにおいて、ITU-T勧告によるY.1731に規定されたLinkTrace形式により伝送されることを特徴とする請求項 1 記載の輻輳検出方法。

【請求項 3】

前記検査信号および前記応答信号が、前記ネットワークにおいて、ITU-T勧告によるY.1731に規定されたLoopBack形式により伝送されることを特徴とする請求項 1 記載の輻輳検出方法。

10

【請求項 4】

基準ノードから折り返しノードへ至る往路と前記折り返しノードから前記基準ノードへ至る復路とが設定されたネットワークの前記基準ノード以外の通信ノードであって、前記基準ノードから発信された往路通信または復路通信を検査するための検査信号を受信したときに前記基準ノードまで優先クラスで前記検査信号に対する応答信号を伝送し、前記検査信号が復路通信の検査に対応する場合は、前記応答信号の複製を非優先クラスで前記復路へ発信し、前記応答信号の複製を受信したとき該複製を前記基準ノードまで優先クラスで転送し、前記検査信号が往路通信の検査に対応する場合は、当該検査信号の複製を非優先クラスで前記往路へ発信し、前記検査信号の複製を受信したとき前記基準ノードまで優先クラスで前記応答信号の複製を伝送するスイッチング部を備えることを特徴とする通信ノード。

20

【請求項 5】

前記スイッチング部は、
入力された信号が前記検査信号か否かを解析する解析器と、
前記応答信号を生成する信号生成器と、

前記応答信号の複製を生成する信号複製器と、

前記検査信号又は前記検査信号の複製を終端する信号終端器と、

前記解析器から前記検査信号を受け、自ノードが折り返しノードであるときは、前記検査信号を前記信号終端器に渡し、自ノードが前記折り返しノードでない場合は、前記信号生成器に前記応答信号の生成を指示し、前記信号複製器に前記応答信号の複製の生成を指示するフィルタと、

30

を備えた請求項 4 に記載の通信ノード。

【請求項 6】

前記検査信号および前記応答信号が、前記ネットワークにおいて、ITU-T勧告によるY.1731に規定されたLinkTrace形式により伝送されることを特徴とする請求項 4 記載の通信ノード。

【請求項 7】

前記検査信号および前記応答信号が、前記ネットワークにおいて、ITU-T勧告によるY.1731に規定されたLoopBack形式により伝送されることを特徴とする請求項 4 記載の通信ノード。

40

【請求項 8】

基準ノードから折り返しノードへ至る往路と前記折り返しノードから前記基準ノードへ至る復路とが設定されたネットワークの前記基準ノードとしての通信ノードであって、

往路通信または復路通信を検査するための検査信号を発信し、当該検査信号に対し前記ネットワークの同一ノードから発信された応答信号およびその複製について前記基準ノードへの到着時間の差を求め、当該到着時間差が閾値を超える場合は当該ノードの往路通信または復路通信に輻輳が発生したと判定する制御部を備えることを特徴とする通信ノード。

【請求項 9】

前記制御部は、

50

前記検査信号を生成する信号生成器と、

前記応答信号又は前記応答信号の複製を終端し、前記ネットワークの同一ノードから発信された応答信号およびその複製について前記基準ノードへの到着時間の差を求め、当該到着時間差が閾値を超える場合は当該ノードの往路通信または復路通信に輻輳が発生したと判定する信号終端器と、

を備えた請求項 8 に記載の通信ノード。

【請求項 10】

前記検査信号および前記応答信号が、前記ネットワークにおいて、ITU-T勧告によるY.1731に規定されたLinkTrace形式により伝送されることを特徴とする請求項 8 に記載の通信ノード。

10

【請求項 11】

前記検査信号および前記応答信号が、前記ネットワークにおいて、ITU-T勧告によるY.1731に規定されたLoopBack形式により伝送されることを特徴とする請求項 8 に記載の通信ノード。

【請求項 12】

請求項 4 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の通信ノードと、請求項 8 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の通信ノードとが接続されたネットワークを備えることを特徴とするシステム。

【請求項 13】

コンピュータを請求項 4 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の通信ノードとして機能させることを特徴とするプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な情報記録媒体。

20

【請求項 14】

コンピュータを請求項 8 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の通信ノードとして機能させることを特徴とするプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な情報記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ネットワークにおいて、輻輳が発生したノードを検出する輻輳検出方法および通信ノードに関する。

【背景技術】

30

【0002】

広域ネットワーク（Wide Area Network：WAN）に要求される機能の一つに、運用保守（Operations, Administration and Maintenance：OAM）機能がある。OAM機能は、例えば、ITU-T勧告のY.1731に規定されている。Y.1731には、インターネットにおけるOAM機能としてのTraceroute機能に相当するLinkTrace（LT）機能が規定されている。LT機能は、ネットワークのノードから経路情報を得るためのものである。

【0003】

図 1 は、ノード10が、LT機能を利用して、自ノード10からノード14までの経路情報を取得する様子を表す。ノード10は、ノード14をターゲットノードとして、TTL（Time To Live）値を格納したLT-Requestフレーム（以降、「LT-RQ」と記す。）を送信する。中継のノード11,12,13はそれぞれ、受信したLT-RQを、TTL値を「1」減算したうえで転送すると共に、減算後のTTL値をLT-Replyフレーム（以降、「LT-RP」と記す。）に設定してノード10へ返信する。ノード10は、ノード11,12,13からのLT-RPのTTL値をもとに、ノード14までの経路情報を作成する。図示の例によれば、TTL値の大きいものから順に並べることで、ノード10からノード11、ノード11からノード12、ノード12からノード13、及びノード13からノード14（ノード10 ノード11 ノード12 ノード13 ノード14）という1つの経路が形成される。

40

【0004】

上記のLT機能を利用することにより、経路上での障害箇所を特定することができる。図 2 は、上記の図 1 のネットワークにおいて、ノード13に障害が発生した様子を示している

50

。この場合、ノード10が発行したLT-RQに対し、ノード11,12からLT-RPが返信される。しかし、ノード10が発行したLT-RQに対し、ノード13以降のノードからは返信が得られない。その結果、ノード10は、経路情報をもとにノード13での障害発生を認識する。

【0005】

ところで、ネットワークの1つのノードにおいてデータの輻輳が発生すると、そのノードがネットワークの性能ボトルネックとなる可能性がある。すなわち、輻輳が発生したノードが、そのノードを含む経路の伝送遅延を招く要因となり得る。ノードの輻輳に関し、例えば特許文献1には、ノードに輻輳が発生した場合に、そのノードに対する加入者からの発信呼を規制するという技術が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-180051号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ネットワークの運用保守にあたっては、性能ボトルネックとなるノードを特定することが求められる。しかしながら、上記特許文献1の技術は、ノードで発生した輻輳をそのノード内で解消しようとするものであるから、そのノードの輻輳状況を外部から把握することは困難である。

【0008】

一方、前述のLT機能によれば、あるノードは、経路上の障害箇所を特定できるが、その経路の何れのノードが輻輳しているかを特定することは困難である。なぜなら、ノードに輻輳が発生しても、そのノードは未だ稼働しているからである。例えば、図1においてノード13に輻輳が発生した場合に、このノード13は、LT-RQに対する応答(LT-RP)をノード10へ送ることはできる。よって、ノード10がノード13での輻輳を認識することは困難である。

【0009】

そこで本発明の典型的(exemplary)な目的は、ネットワークの経路上で輻輳が発生したノードを当該ノードの外部から特定するための輻輳検出方法および通信ノードを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の典型的(exemplary)な第1の態様は、基準ノードから少なくとも1つの中継ノードを経て折り返しノードへ至る往路と前記折り返しノードから前記少なくとも1つの中継ノードを経て前記基準ノードへ至る復路とが設定されたネットワークにおける輻輳検出方法において、

前記基準ノードから往路通信または復路通信を検査するための検査信号を発信し、

前記往路の前記中継ノード及び前記折り返しノードのそれぞれから、又は前記往路の前記中継ノード若しくは前記折り返しノードから前記基準ノードまで優先クラスで前記検査信号に対する応答信号を伝送し、

前記検査信号が復路通信の検査に対応する場合は、前記往路の前記中継ノード及び折り返しノードのそれぞれから、又は前記往路の前記中継ノード若しくは前記折り返しノードから前記応答信号の複製を非優先クラスで前記復路へ発信し、当該応答信号の複製を受信した前記中継ノードにより該複製を前記基準ノードまで優先クラスで転送し、

前記検査信号が往路通信の検査に対応する場合は、前記往路の前記中継ノードから当該検査信号の複製を非優先クラスで前記往路へ発信し、当該検査信号の複製を受信した前記中継ノード及び折り返しノードのそれぞれから、又は当該検査信号の複製を受信した前記中継ノード若しくは前記折り返しノードから前記基準ノードまで優先クラスで前記応答信号の複製を伝送し、

10

20

30

40

50

同一の前記中継ノード又は前記折り返しノードから発信された応答信号およびその複製について前記基準ノードへの到着時間の差を求め、当該到着時間差が閾値を超える場合は前記中継ノード又は前記折り返しノードの往路通信または復路通信に輻輳が発生したと判定することを特徴とする輻輳検出方法である。

【0011】

本発明の典型的(exemplary)な第2の態様は、基準ノードから折り返しノードへ至る往路と前記折り返しノードから前記基準ノードへ至る復路とが設定されたネットワークの前記基準ノード以外の通信ノードであって、前記基準ノードから発信された往路通信または復路通信を検査するための検査信号を受信したときに前記基準ノードまで優先クラスで前記検査信号に対する応答信号を伝送し、前記検査信号が復路通信の検査に対応する場合は、前記応答信号の複製を非優先クラスで前記復路へ発信し、前記応答信号の複製を受信したとき該複製を前記基準ノードまで優先クラスで転送し、前記検査信号が往路通信の検査に対応する場合は、当該検査信号の複製を非優先クラスで前記往路へ発信し、前記検査信号の複製を受信したとき前記基準ノードまで優先クラスで前記応答信号の複製を伝送するスイッチング部を備える通信ノードである。

10

【0012】

本発明の典型的(exemplary)な第3の態様は、基準ノードから折り返しノードへ至る往路と前記折り返しノードから前記基準ノードへ至る復路とが設定されたネットワークの前記基準ノードとしての通信ノードであって、往路通信または復路通信を検査するための検査信号を発信し、当該検査信号に対し前記ネットワークの同一ノードから発信された応答信号およびその複製について前記基準ノードへの到着時間の差を求め、当該到着時間差が閾値を超える場合は当該ノードの往路通信または復路通信に輻輳が発生したと判定する制御部を備える通信ノードである。

20

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、ネットワークの経路上で輻輳が発生したノードを当該ノードの外部から特定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】LT技術による経路情報の取得手順に関する説明図である。

30

【図2】LT技術による経路情報の取得手順に関する説明図である。

【図3】本発明の第1の実施形態における復路通信の輻輳検出に関する説明図である。

【図4】本発明の第1の実施形態における往路通信の輻輳検出に関する説明図である。

【図5】OAMフレームのフォーマットである。

【図6】本発明の第1の実施形態における各ノードのブロック図である。

【図7】本発明の第1の実施形態におけるフレームスイッチング部のブロック図である。

【図8】本発明の第1の実施形態におけるOAM制御器のブロック図である。

【図9】本発明の第1の実施形態におけるLT-RQ発信に関するフローチャートである。

【図10】本発明の第1の実施形態における復路検査時のLT-RQ受信に関するフローチャートである。

40

【図11】本発明の第1の実施形態における復路検査時のLT-RP発信に関するフローチャートである。

【図12】本発明の第1の実施形態におけるLT-RP受信に関するフローチャートである。

【図13】本発明の第1の実施形態における復路検査の具体例に関する説明図である。

【図14】本発明の第1の実施形態における往路検査時のLT-RQ受信に関するフローチャートである。

【図15】本発明の第1の実施形態における往路検査時のLT-RP発信に関するフローチャートである。

【図16】本発明の第1の実施形態における往路検査の具体例に関する説明図である。

【図17】本発明の第2の実施形態における復路通信の輻輳検出に関する説明図である。

50

【図18】本発明の第2の実施形態における往路通信の輻輳検出に関する説明図である。

【図19】本発明の第2の実施形態におけるLB-RQ発信に関するフローチャートである。

【図20】本発明の第2の実施形態における復路検査時のLB-RQ受信に関するフローチャートである。

【図21】本発明の第2の実施形態における復路検査時のLB-RP発信に関するフローチャートである。

【図22】本発明の第2の実施形態におけるLB-RP受信に関するフローチャートである。

【図23】本発明の第2の実施形態における復路検査の具体例に関する説明図である。

【図24】本発明の第2の実施形態における往路検査時のLB-RQ受信に関するフローチャートである。

【図25】本発明の第2の実施形態における往路検査時のLB-RP発信に関するフローチャートである。

【図26】本発明の第2の実施形態における往路検査の具体例に関する説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明に係わる典型的(exemplary)な実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。

《第1の実施形態》

本実施形態は、本発明に係る検査信号および応答信号の伝送に、前述のITU-T勧告によるY.1731のLT技術を利用するものである。

【0016】

図3及び図4を参照して、本実施形態の概要を説明する。ノード100は基準ノードに対応し、ノード104は折り返しノードに対応する。また、図示のネットワークにおいて、ノード100からノード101、ノード101からノード102、ノード102からノード103、及びノード103からノード104(ノード100 ノード101 ノード102 ノード103 ノード104)の経路が往路に対応し、その逆方向の経路が復路に対応する。これらの往路/復路は、すでに設定されているものとする。

【0017】

ノード100-104のそれぞれには、往路に優先クラスで送信すべきフレームがキューイングされる優先バッファ840と、往路に非優先クラスで送信するフレームがキューイングされる非優先バッファ841と、復路に優先クラスで送信するフレームがキューイングされる優先バッファ842と、復路に非優先クラスで送信するフレームがキューイングされる非優先バッファ843とが設けられている。これらのバッファ840-843には、LT-RQ及びLT-RP等のOAMフレームを含むイーサネット(登録商標)フレームが、通信方向(往路/復路)や優先度に応じて格納される。なお、LT-RQは検査信号に対応し、LT-RPは応答信号に対応する。

【0018】

図3の下段は、復路通信に輻輳が発生したノードを検出するための動作を示しており、図4の下段は、往路通信に輻輳が発生したノードを検出するための動作を示している。往路通信あるいは復路通信に輻輳が発生したノードとは、往路通信あるいは復路通信の非優先クラスの送信キューが滞留しているノードを指す。元来、優先クラスの送信キューは、何れのノードでも滞留し難い。そこで本実施形態は、各ノードで滞留が生じやすい非優先クラスの送信キューを検査することで、輻輳発生ノードを検出する。

【0019】

本実施形態では、各ノードが、LT-RPまたはLT-RQの複製フレームを生成し、それを、検査対象の経路(往路/復路)に応じた非優先バッファから発信する。例えば、検査対象が復路の場合は、図3に示すように、復路の優先バッファからLT-RPが発信され、同じ復路の非優先バッファからLT-RPの複製が発信される。また、往路通信の検査の場合は、図4に示すように、往路の優先バッファからLT-RQが転送される際に、同じ往路の非優先バッファからLT-RQの複製が発信される。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 0 】

このように、基準ノード100によるLT-RQ発信からLT-RPの複製フレームを受信するまでのシーケンスは、LT-RQ発信からLT-RP受信までのシーケンスと、複製を生成したノードで非優先バッファを使用することが異なる。既に述べたように非優先クラスの送信キューは、優先クラスの送信キューよりも滞留が生じやすい。そして、非優先バッファにおける滞留で遅延時間が生じ、LT-RP受信とLT-RPの複製フレームの受信との間で到達時間に差が生ずる。この到達時間差に着目することで、輻輳が発生しているノードを特定する。

【 0 0 2 1 】

上記の動作を実現するための各ノード100-104の構成を説明する。ここで、図5に、各ノードが取り扱うOAMフレームのフォーマットを示す。このフォーマットは、LT-RQ及びLT-RPに適用されるものである。OAMフレーム600は、一般のフレームと同様に、宛先MACアドレス610、送信元MACアドレス620、VLANタグ630、Type 640、ペイロード660及びFCS 670がある。OAMフレーム600では、Type 640とペイロード660との間に、OpCode 650、Transaction Identifier (TID) 651、TTL 652、ターゲットアドレス 653が挿入される。

【 0 0 2 2 】

OAMフレーム特有の値として、Type640にはOAM専用のType値が格納され、OpCode 650にはOAMフレームの機能を表す値が格納される。TID 651にはOAM制御の実施IDが格納される。TTL 652にはTTL値が格納され、ターゲットアドレス 653にはOAM制御のターゲットノード(終端ノード)のアドレスが格納される。

【 0 0 2 3 】

図6に、通信ノード700の構成を示す。この通信ノード700は、図3および図4に示すノード100-104のそれぞれに対応する。通信ノード700は、他の通信ノードとやりとりする物理層の通信手段であるPHY 711,712,713,714と、MAC層の通信手段であるMAC 721,722,723,724と、フレームスイッチング部730と、コントローラ750と、コンソールI/O 760とを備える。フレームスイッチング部730は、通信ノードのスイッチング部に対応するものである。

【 0 0 2 4 】

通信インターフェースIF 701-704から入力されるフレームは、それぞれPHY 711-714とMAC 721-724とを経由してフレームスイッチング部630に入力される。フレームスイッチング部630は、後述する動作により適切な出力IFを決定して、MAC 721-724とPHY 711-714とを経由して、IF 701-704にフレームを出力する。

【 0 0 2 5 】

コントローラ750は、フレームスイッチング部730に制御指示を与える。コンソールI/O 760は、OAM制御に関するオペレータからの入力をフレームスイッチング部730やコントローラ750に供給し、輻輳検出に関するOAM制御の結果を出力する。コントローラ750はCPUとメモリとに置き換えることもできる。メモリは、フレームスイッチング部730の動作を制御するプログラムおよび必要なデータを格納する。CPUは、メモリのデータを使用してプログラムを実行することで、コントローラ750と同様に、フレームスイッチング部730に制御指示を与えることができる。

【 0 0 2 6 】

図7に、上記のフレームスイッチング部730の構成を示す。前述したように、優先バッファ(往路)840及び優先バッファ(復路)842には、優先クラスで送信されるフレームがキューイングされる。非優先バッファ(往路)841及び非優先バッファ(復路)843には、非優先クラスのフレームがキューイングされる。

【 0 0 2 7 】

フレーム解析器800は、MAC 721-724から入力されたフレームのTypeフィールド510(図5)の値をもとに、そのフレームがOAMフレームか否かを判別する。OAMフレーム600の場合は、それをOAM制御器810に渡し、他のフレームである場合はフレーム転送器820に渡す。

【 0 0 2 8 】

フォワーディングテーブル830は、MACアドレス/VLANタグに対する出力ポート情報が格納されている。

【 0 0 2 9 】

フレーム転送器820は、主信号データフレームをフレーム解析器800から受信すると、フォワーディングテーブル830を参照する。そして、テーブルから入手した出力ポート情報の優先度に応じて、該当するバッファ840,841,842,843のキューにOAMフレームを追加する。

【 0 0 3 0 】

OAM制御器810は、通信ノードの制御部に対応するものであり、フレーム解析器800からのOAMフレームの内容に応じて必要な処理を行う。そして、内部で保有するテーブルを参照して出力ポートを決定し、該当するバッファ840,841,842,843のキューにOAMフレームを追加する。また、コンソール I / O760からOAM制御に関する指示を受けた場合は、対応するOAMフレームを生成して出力し、実行したOAM制御の結果（輻輳検出の結果等）をコンソール I / O760へ供給する。

10

【 0 0 3 1 】

図 8 に、上記のOAM制御器810の構成を示す。OAMフレーム種別フィルタ900は、フレーム解析器800から受信するOAMフレームの種別をOAMフレームのOpCode650（図 5 ）に基づいて判定し、判定結果をターゲットアドレスフィルタ910に通知する。

【 0 0 3 2 】

ターゲットアドレスフィルタ910は、OAMフレーム種別フィルタ900からのOAMフレームを、OAMフレーム種別やターゲットアドレスに応じて各部へ振り分ける。

20

【 0 0 3 3 】

より具体的には、ターゲットアドレスフィルタ910は、LT-RQに関し、ターゲットが自ノードの場合、すなわち自ノードが折り返しノード104である場合は、LT-RQをOAMフレーム終端部920に渡す。また、ターゲットが他ノードの場合は、LT-RQをTTL減算器940に渡すと共に、OAMフレーム生成器930にLT-RPの生成を指示する。LT-RQ複製フレームについては、ターゲットが自ノードの場合、その複製フレームをOAMフレーム終端部920に渡す。また、ターゲットが他ノードの場合は、OAMフレーム生成器930にLT-RP複製フレームの生成を指示する。LT-RPおよびその複製フレームについては、ターゲットが自ノードの場合、すなわち自ノードが基準ノード100である場合は、OAMフレーム終端部920に渡し、ターゲットが他ノードの場合はフレーム送信器960に渡す。

30

【 0 0 3 4 】

OAMフレーム終端器920は、渡されたLT-RQあるいはその複製フレームを終端し、OAMフレーム生成器930に対して、LT-RPあるいはその複製フレームの生成を指示する。また、LT-RPあるいはその複製フレームを渡された場合、OAMフレーム終端器920は、通常のLT-RP終端機能である、TTL値の並び替えによる接続関係情報の取得処理を行うと共に、輻輳判定を行う。判定結果は、コンソール I / O760へ供給される。

【 0 0 3 5 】

OAMフレーム生成器930は、コンソール I / O760からLT制御に関する指示を受けると、指示された折り返しノード104をターゲットとしてLT-RQを生成する。また、OAMフレーム生成器930は、ターゲットアドレスフィルタ910またはOAMフレーム終端部920からLT-RPあるいはその複製フレームの生成指示を受けた場合は、指示された基準ノード100をターゲットとして、LT-RPあるいはその複製フレームを生成する。生成したLT-RQはフレーム送信器960に渡し、LT-RPおよびその複製フレームについては、TTL減算器940に渡す。

40

【 0 0 3 6 】

TTL減算器940は、ターゲットアドレスフィルタ910からのLT-RQ、及び、OAMフレーム生成器930からのLT-RPあるいはその複製フレームのTTL値を「1」減算する。復路の輻輳検査時は、TTL減算後のLT-RPをフレーム送信器960に渡し、往路の輻輳検査時は、TTL減算後のLT-RPをフレーム複製器970に渡す。

【 0 0 3 7 】

50

フォワーディングテーブル950には、ターゲットアドレスに対する出力ポート情報が格納されている。

【 0 0 3 8 】

フレーム送信器960は、LT-RQ、LT-RP、LT-RQ複製フレーム、LT-RP複製フレームを受信すると、宛先MACアドレスフィールド610またはターゲットアドレスフィールド653のアドレスに対応する出力ポートをフォワーディングテーブル950から入手し、該当する出力ポートにフレームを供給する。

【 0 0 3 9 】

フレーム複製器970は、TTL減算器940からのLT-RQおよびLT-RPに関して、それらの複製フレームを生成してフレーム送信器960に渡す。

10

【 0 0 4 0 】

図9～図12に示すフローチャートに沿って、復路の輻輳検出(図3)に関する各ノードの動作を説明する。図9は、基準ノード100によるLT-RQの送信に関する動作フローである。図10は、中継ノード101-103及び折り返しノード104によるLT-RQの受信に関する動作フローである。図11は、中継ノード101-103及び折り返しノード104によるLT-RPの送信に関する動作フローである。図12は、基準ノード100及び中継ノード101-103によるLT-RPの受信に関する動作フローである。

【 0 0 4 1 】

図9に示すように、基準ノード100のOAMフレーム生成器930は、コンソールI/O760から、復路の輻輳検出のためのLT実施要求を受信する(ステップS1001)。このLT実施要求には、折り返しノード(104)に関するアドレス情報が含まれる。この折り返しノードのアドレスは、LT-RQのターゲットアドレスとなる。OAMフレーム生成器930は、LT-RQを生成し、それをフレーム送信器960に渡す(ステップS1002)。

20

【 0 0 4 2 】

フレーム送信器960は、OAMフレーム生成器930からのLT-RQのターゲットアドレスに関する出力ポート情報をフォワーディングテーブル950から取得する。フレーム送信器960は、該当の出力ポートの優先バッファ(往路)840にLT-RQをキューイングすることにより、このLT-RQを往路に発信する(ステップS1003)。

【 0 0 4 3 】

図10より、中継ノード101-103及び折り返しノード104は、基準ノード100から発信されたLT-RQを受信する(ステップS1101)。OAMフレーム種別フィルタ900は、LT-RQからターゲットアドレスを抽出し、それをターゲットアドレスフィルタ910に通知する(ステップS1102)。ターゲットアドレスフィルタ910は、LT-RQのターゲットアドレスが自ノードのものかどうかを判別する(ステップS1103)。

30

【 0 0 4 4 】

LT-RQのターゲットが自ノードである場合、すなわち自ノードが折り返しノード104である場合、ターゲットアドレスフィルタ910は、その旨をOAMフレーム終端器920に通知する。これにより、LT-RQが終端処理される(ステップS1104)。また、ターゲットアドレスフィルタ910が、OAMフレーム生成器930に対しLT-RPの生成を指示することで、LT-RP発信に関する後述の処理が行われる(ステップS1105)。

40

【 0 0 4 5 】

一方、受信したLT-RQのターゲットが他ノードの場合(ステップS1103:No)、すなわち自ノードが中継ノード101-103のいずれかである場合、ターゲットアドレスフィルタ910が、受信したLT-RQをTTL減算器940に渡す。TTL減算器940は、渡されたLT-RQのTTL値を「1」減算する(ステップS1106)。フレーム送信器960は、TTL値が減算されたLT-RQについて、フォワーディングテーブル950からターゲットアドレス104に対する出力ポート情報を取得する。そして、上記のLT-RQを、該当の出力ポートの優先バッファ(往路)840にキューイングして次ホップへ転送する(ステップS1107)。

【 0 0 4 6 】

また、中継ノード101-103は、受信したLT-RQに対するLT-RPの発信処理へ移行する(ス

50

テップS1105)。

【0047】

図11を参照して、中継ノード101-103及び折り返しノード104によるLT-RPに関する処理(S1105)の手順を説明する。

【0048】

OAMフレーム生成器930は、OAMフレーム終端器920またはターゲットアドレスフィルタ910からLT-RPの生成指示を受けると、ターゲットアドレスとして指示されたアドレス情報(基準ノード100のアドレス)を用いてLT-RPを生成する(ステップS1201)。そして、生成したLT-RPをTTL減算器940に渡す。TTL減算器940は、渡されたLT-RPのTTL値を「1」減算し、そのLT-RPをフレーム送信器960およびフレーム複製器970に渡す。

10

【0049】

フレーム複製器970は、LT-RPの複製フレームを生成し、それをフレーム送信器960に渡す(ステップS1202)。

【0050】

フレーム送信器960は、TTL減算器940からのLT-RPに関して、フォーディングテーブル950を参照して出力ポート情報を取得する。そして、LT-RPを、該当の出力ポートの優先バッファ(復路)842にキューイングして発信する(ステップS1203)。

【0051】

また、フレーム送信器960は、フレーム複製器970からのLT-RP複製フレームに関して、フォーディングテーブル950を参照して出力ポート情報を取得する。そして、LT-RP複製フレームを、該当の出力ポートの非優先バッファ(復路)843にキューイングして発信する(ステップS1204)。

20

【0052】

図12より、基準ノード100及び中継ノード101-103は、復路にてLT-RPまたはその複製フレームを受信すると(ステップS1301)、受信フレームからターゲットアドレスを抽出する(ステップS1302)。ターゲットアドレスフィルタ910は、ターゲットアドレスが自ノードのものかどうかを判別する(ステップS1303)。

【0053】

LT-RPまたはその複製のターゲットが自ノードである場合、すなわち自ノードが基準ノード100である場合、OAMフレーム終端器920が、LT-RPまたはその複製を終端処理する(ステップS1304)。

30

【0054】

また、OAMフレーム終端器920は、同一ノードからのLT-RP及びその複製フレームの到着時間差をもとに当該ノードにおける輻輳の有無を判定する(ステップS1305)。そのために、OAMフレーム終端器920は、受信フレームに記述されている発信元情報やTTL値を利用して、同一ノードから発信されたLT-RPとその複製フレームとの組み合わせを認識する。そして、認識した組み合わせごとに到着時間差を求め、その差が予め設定された閾値を超える場合、対象のノードに復路通信の輻輳が発生していると判定する。輻輳判定の結果は、コンソールI/O760へ通知される(ステップS1306)。

【0055】

40

一方、受信したLT-RPあるいはその複製のターゲットが他ノードの場合(ステップS1303:No)、すなわち自ノードが中継ノード101-103である場合、フレーム送信器960が、フォーディングテーブル950を参照して、ターゲット(100)に対する出力ポート情報を取得する。そして、受信したLT-RPあるいはその複製を、該当の出力ポートの優先バッファ(復路)842にキューイングして次ホップへ転送する(ステップS1307)。

【0056】

(具体例1-1)

上記の復路通信の輻輳検出について具体例を挙げる。以下の例では、優先/非優先の各バッファを経由する時間について、バッファに輻輳がない場合の時間をTとし、輻輳している場合の時間を10Tとする。また、基準ノード100で行う輻輳判定に用いる閾値を3Tとす

50

る。

【 0 0 5 7 】

図 1 3 に、復路通信の輻輳検出 (図 3) の具体例を示す。本例では、ノード103の非優先バッファ (復路) 843に輻輳が発生していることを想定する。

【 0 0 5 8 】

ノード101の場合、基準ノード100でのLT-RQ発信のためにTを要し、ノード101でのLT-RP発信およびその複製フレームの発信にそれぞれTを要する。この場合、ノード101から基準ノード100に対するLT-RPの到着時間は $D=2T$ であり、その複製フレームの到着時間も同じく $D=2T$ となり、到着時間差は無い。よって、ノード100は、ノード101には輻輳が発生していないと判定する。

10

【 0 0 5 9 】

上記の要領で、ノード102の場合は、LT-RPの到着時間は $D=4T$ であり、その複製フレームの到着時間も同じく $D=4T$ となり、到着時間差は無い。また、ノード104の場合は、LT-RPの到着時間は $D=8T$ であり、その複製フレームの到着時間も同じく $D=8T$ となり、到着時間差は無い。よって、基準ノード100は、ノード102及びノード104についても、輻輳は発生していないと判定する。

【 0 0 6 0 】

一方、ノード103では、非優先バッファ (復路) 843に輻輳が生じている。このノード103の場合、LT-RPの到着時間が $D=6T$ であるのに対し、輻輳中の非優先バッファ (復路) 843を使用するLT-RP複製フレームの到着時間は、 $D=15T$ ($T+T+T+10T+T+T=15T$) となる。基準ノード100は、到着時間差 $9T$ が閾値 $3T$ を超えていることにより、ノード103に復路通信の輻輳が発生していると判定する。

20

【 0 0 6 1 】

次に、本実施形態における往路の輻輳検出 (図 4) に関する各ノードの動作を説明する。図 1 4 は、中継ノード101-103および折り返しノード104によるLT-RQ受信時の動作フローを示している。図 1 5 は、中継ノード101-103及び折り返しノード104のLT-RP送信時の動作フローを示している。なお、基準ノード100のLT-RQの送信フローは、図 9 により説明したものと同様であり、基準ノード100及び中継ノード101-103のLT-RPの受信フローは図 1 2 のものと同様である。

【 0 0 6 2 】

図 1 4 より、中継ノード101-103及び折り返しノード104は、LT-RQまたはLT-RQの複製を受信する (ステップS1501)。OAMフレーム種別フィルタ900は、受信フレームからターゲットアドレスを抽出し、それをターゲットアドレスフィルタ910に通知する (ステップS1502)。ターゲットアドレスフィルタ910は、ターゲットアドレスが自ノードのものをどうかを判別する (ステップS1503)。

30

【 0 0 6 3 】

ターゲットが自ノードである場合、すなわち自ノードが折り返しノード104である場合、OAMフレーム終端器920が受信フレームを終端する (ステップS1504)。また、ターゲットアドレスフィルタ910は、受信フレームがLT-RQであるか、その複製であるのかを判別し (ステップS1505)、LT-RQ複製の場合は、後述するLT-RP複製の処理へ移行する (ステップS1506)。

40

【 0 0 6 4 】

一方、受信フレームのターゲットが他ノードである場合 (ステップS1503 : No)、すなわち自ノードが中継ノード101-103である場合、ターゲットアドレスフィルタ910は、受信フレームがLT-RQであるか、その複製であるのかを判別する (ステップS1507)。受信フレームがLT-RQ複製の場合は、LT-RP複製の処理へ移行する (ステップS1506)。また、受信フレームがLT-RQの場合は、そのLT-RQをTTL減算器940に渡す。TTL減算器940は、渡されたLT-RQのTTL値を「1」減算し (ステップS1508)、減算後のLT-RQをフレーム送信器960およびフレーム複製器970に渡す。

【 0 0 6 5 】

50

フレーム複製器970は、TTL減算器940からLT-RQを受け取ると、その複製フレームを生成してフレーム送信機960に渡す（ステップS1509）。

【0066】

フレーム送信器960は、TTL減算器940からのLT-RQについて、フォーディングテーブル950から出力ポート情報を取得する。そして、該当の出力ポートの優先バッファ（往路）840にLT-RQをキューイングして次ホップへ転送する（ステップS1510）。

【0067】

また、フレーム送信器960は、フレーム複製器970から渡されたLT-RQ複製フレームを上記の出力ポートの非優先バッファ（往路）841にキューイングして発信する（ステップS1511）。

10

【0068】

中継ノード101-103は、LT-RPの処理へ移行する（ステップS1512）。

【0069】

図15を参照して、中継ノード101-103及び折り返しノード104によるLT-RPまたはその複製に関する処理（S1506, S1512）の手順を説明する。

【0070】

実行する処理がLT-RPの処理である場合（ステップS1600：Yes）、OAMフレーム生成器930が、基準ノード100をターゲットとしてLT-RPを生成する（ステップS1601）。TTL減算器940は、生成されたLT-RPのTTL値を「1」減算し、そのLT-RPをフレーム送信器960およびフレーム複製器970に渡す。フレーム送信器960は、LT-RPに関して、フォーディングテーブル950から出力ポート情報を取得し、LT-RPを優先バッファ（復路）842にキューイングして発信する（ステップS1602）。

20

【0071】

一方、実行する処理がLT-RP複製の処理である場合（ステップS1600：No）、フレーム複製器970は、TTL減算器940からのLT-RPの複製フレームを生成し、それをフレーム送信器960に渡す（ステップS1603）。フレーム送信器960は、上記の出力ポートの優先バッファ（復路）842にLT-RP複製フレームをキューイングして発信する（ステップS1604）。

【0072】

前述したように、基準ノード100によるLT-RP及びその複製の受信処理は、図12に示すものと同様であるが、輻輳判定（S1305）については、往路の場合と前述の復路の場合とは異なるため、その差異を説明する。

30

【0073】

往路通信の輻輳判定において、基準ノード100が同一ノードからのLT-RPおよびその複製の到着時間差を算出する点は、前述の復路の場合と同様である。往路の輻輳判定では、算出した到着時間差が閾値を超える場合、その算出に用いたLT-RPを発信したノードの往路の前ホップに輻輳が発生したと判定する。より具体的には、例えば図4のノード104に関する到着時間差が閾値を超えるとすると、このノード104の往路における1つ手前のノード103が、往路通信の輻輳が発生したノードとみなされる。ノード103は、ノード104に対し、非優先バッファ（往路）841でLT-RQ複製を発信したノードである。

【0074】

（具体例1-2）

上記の往路通信の輻輳検出について具体例を挙げる。以下の例において、バッファ経由の時間の定義は、前述した具体例1-1（図13）のものと同様である。

40

【0075】

図16に、往路通信の輻輳検出（図4）の具体例を示す。本例では、ノード103の非優先バッファ（往路）841に輻輳が発生していることを想定する。なお、ノード101の場合は、LT-RPのみの返信となり、その到着時間は $D=2T$ である。

【0076】

ノード102からのLT-RPの到着時間は $D=4T$ である。LT-RPの複製フレームについては、基準ノード100によるLT-RQ発信のための T と、ノード101でのLT-RQ複製発信のための T と、こ

50

のLT-RQ複製に対するノード102からのLT-RP複製発信のためのTと、このLT-RP複製をノード101が転送するためのTが必要となる。よって、ノード102からのLT-RPの複製フレーム到着時間は $D=4T$ であり、LT-RPの到着時間と差が無い。その結果、基準ノード100は、ノード102の前ホップのノード101には往路通信の輻輳が生じていないと判定する。

【0077】

上記の要領で、ノード103からのLT-RPの到着時間は $D=6T$ であり、その複製フレームの到着時間も同じく $D=6T$ となり、到着時間差は無い。よって、基準ノード100は、ノード103の前ホップのノード102に往路輻輳は発生していないと判定する。

【0078】

一方、ノード103では、非優先バッファ（往路）841に輻輳が生じている。このノード103の次ホップのノード104について、LT-RPの到着時間は $D=8T$ であるのに対し、輻輳中の非優先バッファ（往路）841を使用するLT-RP複製フレームの到着時間は、 $D=17T$ （ $T+T+T+10T+T+T+T+T=17T$ ）である。基準ノード100は、到着時間差 $9T$ が閾値 $3T$ を超えていることにより、ノード104の1つ手前のノード103に往路通信の輻輳が発生していると判定する。

【0079】

以上説明したように、第1の実施形態によれば、LT技術を利用して、基準ノード100が、ネットワークにおける復路通信で輻輳しているノード、及び、往路通信で輻輳が発生しているノードをそれぞれ検出することができる。これにより、ネットワークの性能ボトルネックの特定が可能となる。

【0080】

《第2の実施形態》

本実施形態は、本発明に係る検査信号および応答信号の伝送に、前述のITU-T勧告によるY.1731のLoopBack（LB）技術を利用するものである。LBの場合、基準ノードからターゲットノードへの検査信号に対し、このターゲットノードのみが応答信号を返す。

【0081】

図17及び図18を参照して、本実施形態の概要を説明する。図17の下段は、復路通信の輻輳検出のための動作を示しており、図18の下段は、往路通信の輻輳検出のための動作を示している。本実施形態は、基本的には、前述の第1の実施形態と同様に、検査対象の経路（往路／復路）に応じた非優先バッファから検査信号または応答信号の複製を発信するというものである。ここで、本実施形態の検査信号は、LB-Requestフレーム（以下、「LB-RQ」と記す。）であり、応答信号はLB-Replyフレーム（以下、「LB-RP」と記す。）である。

【0082】

前述のLT技術による第1の実施形態では、基準ノード100からのLT-RQのターゲットは、折り返しノード104のみであった。一方、本実施形態では、基準ノード100からのLB-RQのターゲットは、この基準ノード100以外の全ノードである。すなわち、図17及び図18に示すように、基準ノード100は、各ノード101-104をターゲットとしたLB-RQを個別に発行する。各ノード101-104から基準ノード100へのLB-RPについては、前述のLT技術と同様に、基準ノード100のみがターゲットとなる。

【0083】

本実施形態の各ノード100-104の構成は、下記の点を除き、基本的には第1の実施形態のもの（図6～図8）と同様である。本実施形態では、LT技術でのTTL処理は不要であるため、OAM制御器810（図8）からTTL減算器940が省略される。また、往路のLB-RQ伝送に関し、ターゲットノードに至るまでの中継ノードは、LB-RQを受信しても応答（LB-RP）の返信は行わない。

【0084】

図19～図22に示すフローチャートに沿って、LBによる往路の輻輳検出（図17）に関する各ノードの動作を説明する。図19は、基準ノード100によるLB-RQの送信に関する動作フローである。図20は、ノード101-104によるLB-RQの受信に関する動作フローである。図21は、ノード101-104によるLB-RPの送信に関する動作フローである。図22は、

10

20

30

40

50

基準ノード100及びノード101-103によるLB-RPの受信に関する動作フローである。

【 0 0 8 5 】

図19より、基準ノード100のOAMフレーム生成器930は、コンソールI/O760から、復路の輻輳検出のためのLB実施要求を受信する(ステップS2001)。このLB実施要求には、ターゲットアドレスとしての、往路上の各ノード(101-104)のアドレス情報が含まれる。OAMフレーム生成器930は、ノード101-104のそれぞれをターゲットとしたLB-RQを個別に生成する(ステップS2002)。

【 0 0 8 6 】

フレーム送信器960は、各LB-RQのターゲットアドレスに関する出力ポート情報をフォワーディングテーブル950から取得し、該当の出力ポートの優先バッファ(往路)840に各LB-RQをキューイングすることにより、各LB-RQを往路に発信する(ステップS2003)。

10

【 0 0 8 7 】

図20より、中継ノードまたはターゲットノードとなるノード101-104は、基準ノード100から発信されたLB-RQを受信すると(ステップS2101)、LB-RQからターゲットアドレスを抽出する(ステップS2102)。ターゲットアドレスフィルタ910は、抽出されたアドレスが自ノードのものかどうかを判別する(ステップS2103)。LB-RQのターゲットが自ノードである場合、OAMフレーム終端器920によりLB-RQを終端処理し(ステップS2104)、LB-RP及びその複製フレームに関する後述の処理へ移行する(ステップS2105)。

【 0 0 8 8 】

一方、受信したLB-RQのターゲットが他ノードの場合(ステップS2103:No)、フレーム送信器960が、フォワーディングテーブル950からターゲットアドレスに対する出力ポート情報を取得し、該当の出力ポートの優先バッファ(往路)840にLB-RQをキューイングして次ホップへ転送する(ステップS2106)。

20

【 0 0 8 9 】

図21を参照して、各ノード101-104によるLB-RPに関する処理(S2105)の手順を説明する。

【 0 0 9 0 】

OAMフレーム生成器930は、OAMフレーム終端器920からLB-RP生成指示を受けると、ターゲットアドレスとして指示された基準ノード100のアドレスを用いてLB-RPを生成する(ステップS2201)。そして、生成したLB-RPをフレーム送信器960およびフレーム複製器970に渡す。

30

【 0 0 9 1 】

フレーム複製器970は、LB-RPの複製フレームを生成し、それをフレーム送信器960に渡す(ステップS1202)。

【 0 0 9 2 】

フレーム送信器960は、フォワーディングテーブル950から出力ポート情報を取得し、該当の出力ポートの優先バッファ(復路)842にLB-RPをキューイングして発信する(ステップS2203)。また、フレーム送信器960は、フレーム複製器970からのLB-RP複製フレームを上記の出力ポートの非優先バッファ(復路)843にキューイングして発信する(ステップS2204)。

40

【 0 0 9 3 】

図22より、基準ノード100及びノード101-103は、復路にてLB-RPまたはその複製フレームを受信すると(ステップS2301)、受信フレームからターゲットアドレスを抽出する(ステップS2302)。ターゲットアドレスフィルタ910は、ターゲットアドレスが自ノードのものかどうかを判別する(ステップS2303)。

【 0 0 9 4 】

LB-RPまたはその複製のターゲットが自ノードである場合、すなわち自ノードが基準ノード100である場合、OAMフレーム終端器920が、LB-RPまたはその複製を終端処理する(ステップS2304)。

【 0 0 9 5 】

50

また、OAMフレーム終端器920は、同一ノードからのLB-RP及びその複製フレームの到着時間差をもとに当該ノードにおける輻輳の有無を判定する（ステップS2305）。そのために、OAMフレーム終端器920は、受信フレームに記述されている発信元情報やTTL値を利用して、同一ノードから発信されたLB-RPとその複製フレームとの組み合わせを認識する。そして、認識した組み合わせごとに到着時間差を求め、その差が予め設定された閾値を超える場合、対象のノードに復路通信の輻輳が発生していると判定する。輻輳判定の結果は、コンソールI/O760へ通知される（ステップS2306）。

【0096】

一方、受信したLB-RPあるいはその複製のターゲットが他ノードの場合（ステップS2303：No）、フレーム送信器960が、フォワーディングテーブル950を参照して、ターゲット（100）に対する出力ポート情報を取得する。そして、受信したLB-RPあるいはその複製を、該当の出力ポートの優先バッファ（復路）842にキューイングして次ホップへ転送する（ステップS2307）。

【0097】

（具体例2-1）

上記の復路通信の輻輳検出について具体例を挙げる。以下の例では、優先/非優先の各バッファを経由する時間について、バッファに輻輳がない場合の時間をTとし、輻輳している場合の時間を10Tとする。また、基準ノード100で行う輻輳判定に用いる閾値を3Tとする。

【0098】

図23に、復路通信の輻輳検出（図17）の具体例を示す。本例では、ノード103の非優先バッファ（復路）843に輻輳が発生していることを想定する。

【0099】

ノード101の場合、基準ノード100でのLB-RQ発信のためにTを要し、ノード101でのLB-RP発信およびその複製フレームの発信にそれぞれTを要する。この場合、ノード101から基準ノード100に対するLB-RPの到着時間は $D=2T$ であり、その複製フレームの到着時間も同じく $D=2T$ となり、到着時間差は無い。よって、ノード100は、ノード101には輻輳が発生していないと判定する。

【0100】

上記の要領で、ノード102の場合は、LB-RPの到着時間は $D=4T$ であり、その複製フレームの到着時間も同じく $D=4T$ となり、到着時間差は無い。また、ノード104の場合は、LB-RPの到着時間は $D=8T$ であり、その複製フレームの到着時間も同じく $D=8T$ となり、到着時間差は無い。よって、基準ノード100は、ノード102及びノード104についても、輻輳は発生していないと判定する。

【0101】

一方、ノード103では、非優先バッファ（復路）843に輻輳が生じている。このノード103の場合、LB-RPの到着時間が $D=6T$ であるのに対し、輻輳中の非優先バッファ（復路）843を使用するLB-RP複製フレームの到着時間は、 $D=15T$ （ $T+T+T+10T+T+T=15T$ ）となる。基準ノード100は、到着時間差9Tが閾値3Tを超えていることにより、ノード103に復路通信の輻輳が発生していると判定する。

【0102】

次に、本実施形態における往路の輻輳検出（図18）に関する各ノードの動作を説明する。図24は、基準ノード100以外の各ノード101-104によるLB-RQ受信時の動作フローを示している。図25は、各ノード101-104のLB-RP送信時の動作フローを示している。なお、基準ノード100のLB-RQの送信フローは、図19により説明したものと同様であり、基準ノード100及び中継ノード101-103のLB-RPの受信フローは図22のものと同様である。

【0103】

図24より、ノード101-104は、LB-RQまたはその複製を受信する（ステップS2501）。OAMフレーム種別フィルタ900は、受信フレームからターゲットアドレスを抽出し、それをターゲットアドレスフィルタ910に通知する（ステップS2502）。ターゲットアドレスフィ

10

20

30

40

50

ルタ910は、ターゲットアドレスが自ノードのものかどうかを判別する（ステップS2503）。

【 0 1 0 4 】

ターゲットが自ノードである場合、OAMフレーム終端器920が受信フレームを終端する（ステップS2504）。また、ターゲットアドレスフィルタ910は、受信フレームがLB-RQであるか、その複製であるのかを判別し（ステップS2505）、LB-RQの場合は、後述するLB-RPの処理へ移行する（ステップS2506）。受信フレームがLB-RQ複製の場合は、後述するLB-RP複製の処理へ移行する（ステップS2507）。

【 0 1 0 5 】

一方、受信フレームのターゲットが他ノードである場合（ステップS2503：No）、本実施形態では、その受信フレームは、LB-RQの複製フレームではなくLB-RQであると特定される。ターゲットアドレスフィルタ910は、受信したLB-RQをフレーム送信器960に渡すと共に、このLB-RQのターゲットが次ホップのノードかどうかを判別する（ステップS2507）。ターゲットが次ホップの場合、フレーム複製器970がLB-RQの複製フレームを生成し、それをフレーム送信器960に渡す（ステップS2508）。

10

【 0 1 0 6 】

フレーム送信器960は、フォワーディングテーブル950から取得した出力ポートの優先バッファ（往路）840にLB-RQをキューイングして次ホップへ転送する（ステップS2509）。また、フレーム送信器960は、フレーム複製器970から渡されたLB-RQ複製フレームを上記の出力ポートの非優先バッファ（往路）841にキューイングして発信する（ステップS2510）。

20

【 0 1 0 7 】

なお、受信したLB-RQのターゲットが、次ホップではなく、2ホップ以上先のノードである場合（ステップS2507：No）、フレーム送信器960が、そのLB-RQを優先バッファ（往路）840にキューイングして転送する（ステップS2511）。この場合、LB-RQの複製フレームは発行されない。

【 0 1 0 8 】

図25を参照して、ノード101-104によるLB-RPまたはその複製に関する処理（S2506、S2507）の手順を説明する。

【 0 1 0 9 】

実行する処理がLB-RPの処理である場合（ステップS2600：Yes）、OAMフレーム生成器930が、基準ノード100をターゲットとしてLB-RPを生成する（ステップS2601）。OAMフレーム生成器930は生成したLB-RPをフレーム送信器960及びフレーム複製器970に渡す。フレーム送信器960は、LB-RPに関して、フォワーディングテーブル950から出力ポート情報を取得し、LB-RPを優先バッファ（復路）842にキューイングして発信する（ステップS2602）。

30

【 0 1 1 0 】

一方、実行する処理がLB-RP複製の処理である場合（ステップS2600：No）、フレーム複製器970は、LB-RPの複製フレームを生成し、それをフレーム送信器960に渡す（ステップS2603）。フレーム送信器960は、上記の出力ポートの優先バッファ（復路）842にLB-RP複製フレームをキューイングし発信する（ステップS2604）。

40

【 0 1 1 1 】

往路通信の輻輳判定において、基準ノード100が同一ノードからのLB-RPおよびその複製の到着時間差を算出する手順は、前述の復路の場合と同様である。往路の輻輳判定では、算出した到着時間差が閾値を超える場合、その算出に用いたLB-RPを発信したノードの前ホップに輻輳が発生したと判定する。より具体的には、例えば図18のノード104に関する到着時間差が閾値を超える場合は、このノード104の往路の前ホップであるノード103が、往路通信の輻輳が発生したノードとみなされる。ノード103は、ノード104に対し、非優先バッファ（往路）841でLB-RQ複製を発信したノードである。

【 0 1 1 2 】

50

(具体例2-2)

上記の往路通信の輻輳検出について具体例を挙げる。以下の例において、バッファ経由の時間の定義は、前述した具体例2-1 (図 2 3) のものと同様である。

【 0 1 1 3 】

図 2 6 に、復路通信の輻輳検出 (図 1 8) の具体例を示す。本例では、ノード103の非優先バッファ (往路) 841に輻輳が発生していることを想定する。なお、ノード101の場合は、LB-RPのみの返信となり、その到着時間は $D=2T$ である。

【 0 1 1 4 】

ノード102からのLB-RPの到着時間は $D=4T$ である。LB-RPの複製フレームについては、基準ノード100によるLB-RQ発信のための T と、ノード101でのLB-RQ複製発信のための T と、このLB-RQ複製に対するノード102からのLB-RP複製発信のための T と、このLB-RP複製をノード101が転送するための T が必要となる。よって、ノード102からのLB-RPの複製フレーム到着時間は $D=4T$ であり、LB-RPの到着時間と差が無い。その結果、基準ノード100は、ノード102の前ホップのノード101には往路通信の輻輳が生じていないと判定する。

【 0 1 1 5 】

上記の要領で、ノード103からのLB-RPの到着時間は $D=6T$ であり、その複製フレームの到着時間も同じく $D=6T$ となり、到着時間差は無い。よって、基準ノード100は、ノード103の前ホップのノード102に輻輳は発生していないと判定する。

【 0 1 1 6 】

一方、ノード103では、非優先バッファ (往路) 841に輻輳が生じている。このノード103の次ホップのノード104について、LB-RPの到着時間は $D=8T$ であるのに対し、輻輳中の非優先バッファ (往路) 841を使用するLB-RP複製フレームの到着時間は、 $D=17T$ ($T+T+T+10T+T+T+T+T=17T$) である。基準ノード100は、到着時間差 $9T$ が閾値 $3T$ を超えていることにより、ノード104の前ホップであるノード103に復路通信の輻輳が発生していると判定する。

【 0 1 1 7 】

以上説明したように、第 2 の実施形態によれば、LB技術を利用して、基準ノード100が、ネットワークにおける復路通信で輻輳しているノード、及び、往路通信で輻輳が発生しているノードをそれぞれ検出することができる。これにより、ネットワークの性能ボトルネックの特定が可能となる。

【 0 1 1 8 】

本発明の実施は、上記の形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲内で適宜変形が可能である。例えば、第 1 の実施形態のLT技術を、TCP/IPネットワークに用いるTrace-route技術に置き換えてもよい。また、第 2 の実施形態のLB技術は、TCP/IPネットワークのPing技術に置き換えてもよい。

【 0 1 1 9 】

図 8 に示した通信ノードは、基準ノード、中継ノード、折り返しノードのいずれにも用いることができる。しかし、通信ノードを基準ノード専用用いる場合、通信ノードを中継ノード専用用いる場合、折り返しノード専用用いる場合には、各ノードに不必要な構成部は省いてよい。例えば、中継ノード、折り返しノードは検査信号としてのLT-RQ発信のための構成部は不要であり、基準ノードは応答信号としてのLB-RPやその複製の発信のための構成部は不要となる。

【 0 1 2 0 】

以上本発明の実施形態及び具体例として説明した通信ノードは、専用IC等のハードウェアで構成されている。しかし、本発明に係わる輻輳検出方法はハードウェアで構成した通信ノードに限られず、通信ノードの機能を記述したプログラムによる動作するコンピュータで実現することができる。そして、本発明は、コンピュータを上記の各ノード (100-104) として動作させるプログラム、及び、そのプログラムを記憶した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体として実施することができる。

プログラムは、CD-ROM、DVD、フラッシュメモリ等のコンピュータ読み取り可能な情報記録媒体に記憶されたり、インターネット等のネットワークを通して提供される。

10

20

30

40

50

そして、それらのプログラムがコンピュータに読み込まれて実行されることによって通信ノードの機能を実現することができる。

【0121】

以上、本発明の代表的な実施形態及び実施例について説明したが、本発明は、本願の請求の範囲によって規定される、その精神または主要な特徴から逸脱することなく、他の種々の形で実施することができる。そのため、前述した各実施形態は単なる例示にすぎず、限定的に解釈されるべきではない。本発明の範囲は特許請求の範囲によって示すものであって、明細書や要約書の記載には拘束されない。さらに、特許請求の範囲の均等範囲に属する変形や変更はすべて本発明の範囲内のものである。

【0122】

本願は、2009年6月11日に出願された特願2009-140312号を基礎とする優先権を主張するものである。そして、特願2009-140312号に開示された全ての内容は本願の内容に含まれる。

上記の実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下の構成には限られない。

【0123】

(付記1)

基準ノードから少なくとも1つの中継ノードを経て折り返しノードへ至る往路と前記折り返しノードから前記少なくとも1つの中継ノードを経て前記基準ノードへ至る復路とが設定されたネットワークにおける輻輳検出方法において、

前記基準ノードから往路通信または復路通信を検査するための検査信号を発信し、

前記往路の前記中継ノード及び前記折り返しノードのそれぞれから、又は前記往路の前記中継ノード若しくは前記折り返しノードから前記基準ノードまで優先クラスで前記検査信号に対する応答信号を伝送し、

前記検査信号が復路通信の検査に対応する場合は、前記往路の前記中継ノード及び折り返しノードのそれぞれから、又は前記往路の前記中継ノード若しくは前記折り返しノードから前記応答信号の複製を非優先クラスで前記復路へ発信し、当該応答信号の複製を受信した前記中継ノードにより該複製を前記基準ノードまで優先クラスで転送し、

前記検査信号が往路通信の検査に対応する場合は、前記往路の前記中継ノードから当該検査信号の複製を非優先クラスで前記往路へ発信し、当該検査信号の複製を受信した前記中継ノード及び折り返しノードのそれぞれから、又は当該検査信号の複製を受信した前記中継ノード若しくは前記折り返しノードから前記基準ノードまで優先クラスで前記応答信号の複製を伝送し、

同一の前記中継ノード又は前記折り返しノードから発信された応答信号およびその複製について前記基準ノードへの到着時間の差を求め、当該到着時間差が閾値を超える場合は前記中継ノード又は前記折り返しノードの往路通信または復路通信に輻輳が発生したと判定することを特徴とする輻輳検出方法。

【0124】

(付記2)

前記検査信号および前記応答信号が、前記ネットワークにおいて、ITU-T勧告によるY.1731に規定されたLinkTrace形式により伝送されることを特徴とする付記1記載の輻輳検出方法。

【0125】

(付記3)

前記検査信号および前記応答信号が、前記ネットワークにおいて、ITU-T勧告によるY.1731に規定されたLoopBack形式により伝送されることを特徴とする付記1記載の輻輳検出方法。

【0126】

(付記4)

基準ノードから折り返しノードへ至る往路と前記折り返しノードから前記基準ノードへ

10

20

30

40

50

至る復路とが設定されたネットワークの前記基準ノード以外の通信ノードであって、前記基準ノードから発信された往路通信または復路通信を検査するための検査信号を受信したときに前記基準ノードまで優先クラスで前記検査信号に対する応答信号を伝送し、前記検査信号が復路通信の検査に対応する場合は、前記応答信号の複製を非優先クラスで前記復路へ発信し、前記応答信号の複製を受信したとき該複製を前記基準ノードまで優先クラスで転送し、前記検査信号が往路通信の検査に対応する場合は、当該検査信号の複製を非優先クラスで前記往路へ発信し、前記検査信号の複製を受信したとき前記基準ノードまで優先クラスで前記応答信号の複製を伝送するスイッチング部を備えることを特徴とする通信ノード。

【 0 1 2 7 】

10

(付記 5)

前記スイッチング部は、
入力された信号が前記検査信号か否かを解析する解析器と、
前記応答信号を生成する信号生成器と、

前記応答信号の複製を生成する信号複製器と、

前記検査信号又は前記検査信号の複製を終端する信号終端器と、

前記解析器から前記検査信号を受け、自ノードが折り返しノードであるときは、前記検査信号を前記信号終端器に渡し、自ノードが前記折り返しノードでない場合は、前記信号生成器に前記応答信号の生成を指示し、前記信号複製器に前記応答信号の複製の生成を指示するフィルタと、

20

を備えた付記 4 に記載の通信ノード。

【 0 1 2 8 】

(付記 6)

前記検査信号および前記応答信号が、前記ネットワークにおいて、ITU-T勧告によるY.1731に規定されたLinkTrace形式により伝送されることを特徴とする付記 4 記載の通信ノード。

【 0 1 2 9 】

(付記 7)

前記検査信号および前記応答信号が、前記ネットワークにおいて、ITU-T勧告によるY.1731に規定されたLoopBack形式により伝送されることを特徴とする付記 4 記載の通信ノード。

30

【 0 1 3 0 】

(付記 8)

基準ノードから折り返しノードへ至る往路と前記折り返しノードから前記基準ノードへ至る復路とが設定されたネットワークの前記基準ノードとしての通信ノードであって、

往路通信または復路通信を検査するための検査信号を発信し、当該検査信号に対し前記ネットワークの同一ノードから発信された応答信号およびその複製について前記基準ノードへの到着時間の差を求め、当該到着時間差が閾値を超える場合は当該ノードの往路通信または復路通信に輻輳が発生したと判定する制御部を備えることを特徴とする通信ノード。

40

【 0 1 3 1 】

(付記 9)

前記制御部は、
前記検査信号を生成する信号生成器と、

前記応答信号又は前記応答信号の複製を終端し、前記ネットワークの同一ノードから発信された応答信号およびその複製について前記基準ノードへの到着時間の差を求め、当該到着時間差が閾値を超える場合は当該ノードの往路通信または復路通信に輻輳が発生したと判定する信号終端器と、

を備えた付記 8 に記載の通信ノード。

【 0 1 3 2 】

50

(付記 10)

前記検査信号および前記応答信号が、前記ネットワークにおいて、ITU-T勧告によるY.1731に規定されたLinkTrace形式により伝送されることを特徴とする付記 8 記載の通信ノード。

【 0 1 3 3 】

(付記 11)

前記検査信号および前記応答信号が、前記ネットワークにおいて、ITU-T勧告によるY.1731に規定されたLoopBack形式により伝送されることを特徴とする付記 8 記載の通信ノード。

【 0 1 3 4 】

10

(付記 12)

付記 4 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の通信ノードと、付記 8 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の通信ノードとが接続されたネットワークを備えることを特徴とするシステム。

【 0 1 3 5 】

(付記 13)

コンピュータを付記 4 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の通信ノードとして機能させることを特徴とするプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な情報記録媒体。

【 0 1 3 6 】

(付記 14)

コンピュータを付記 8 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の通信ノードとして機能させることを特徴とするプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な情報記録媒体。

20

【符号の説明】

【 0 1 3 7 】

100 基準ノード

101-104 ノード

840 優先バッファ(往路)

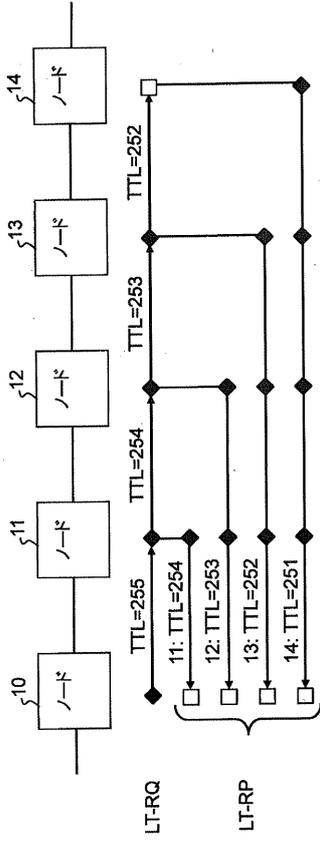
841 非優先バッファ(往路)

842 優先バッファ(復路)

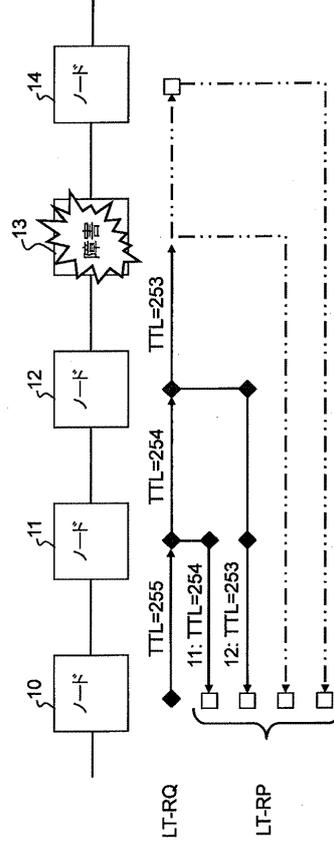
843 非優先バッファ(復路)

30

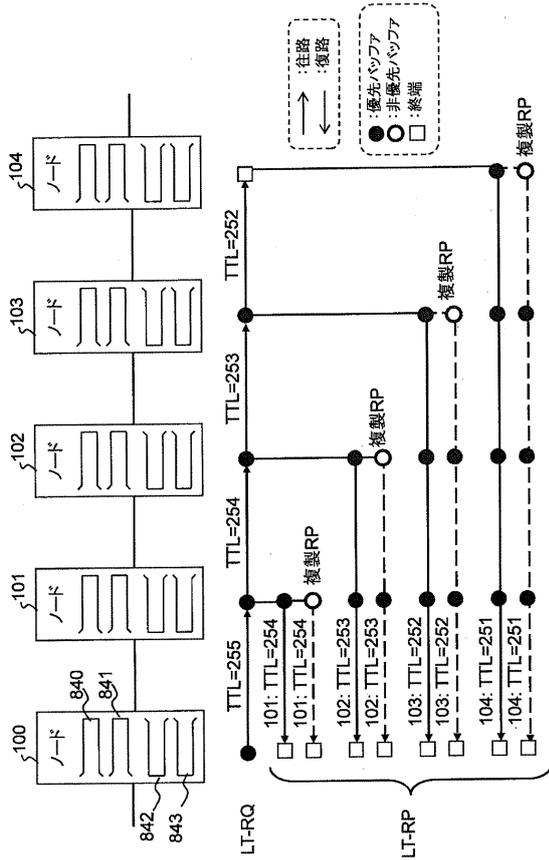
【図1】



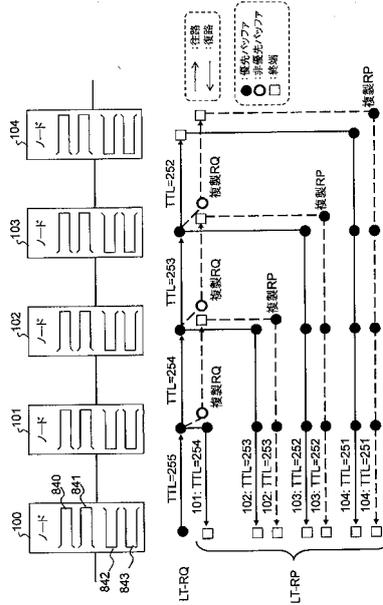
【図2】



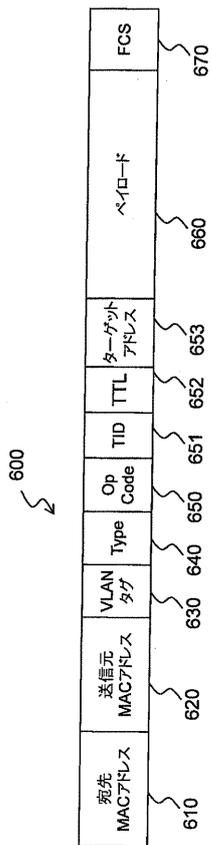
【図3】



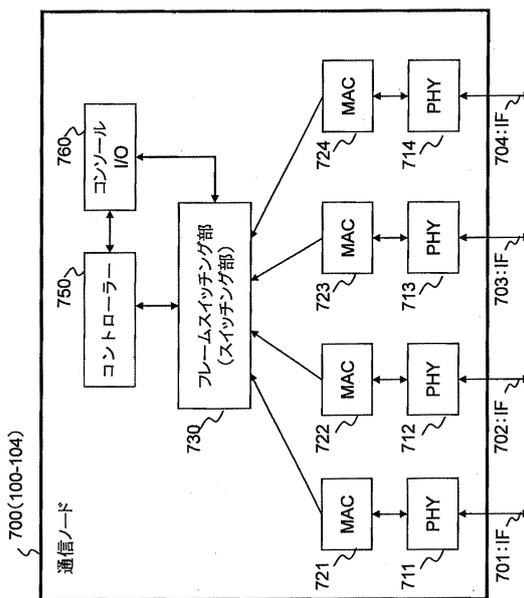
【図4】



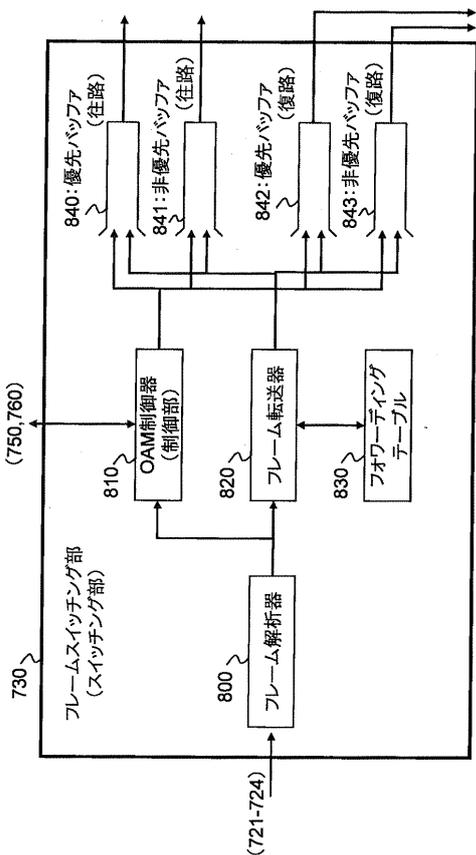
【 図 5 】



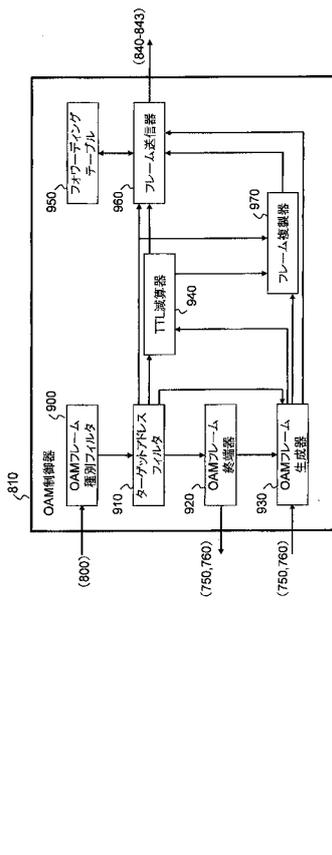
【 図 6 】



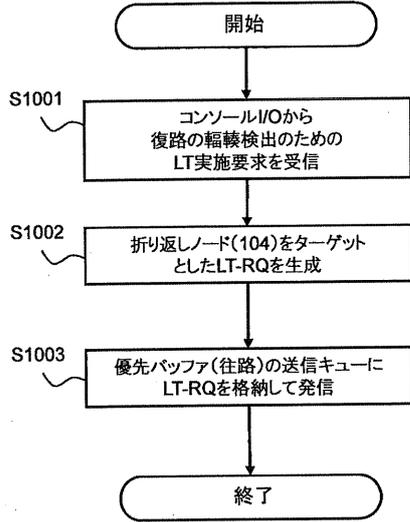
【 図 7 】



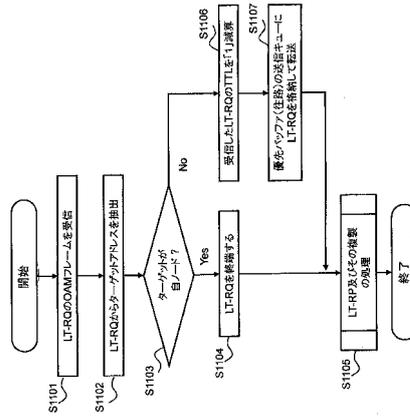
【 図 8 】



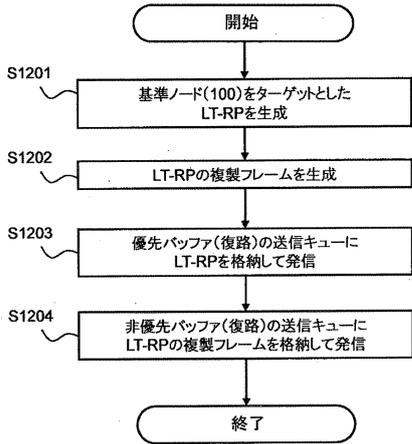
【図9】



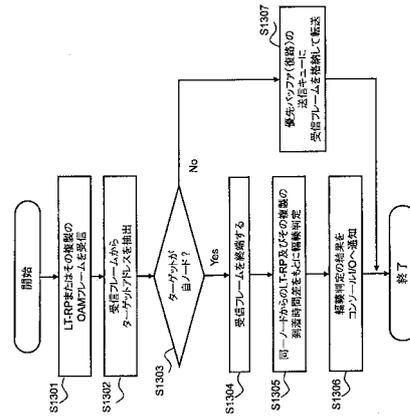
【図10】



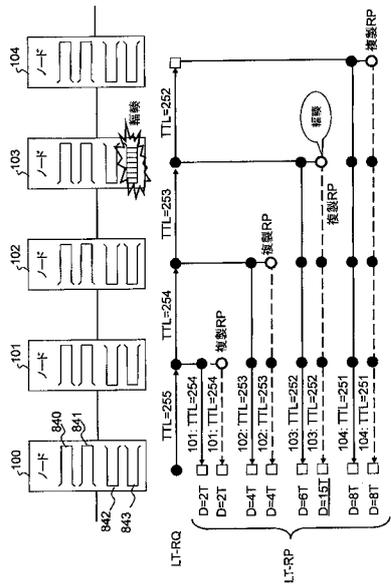
【図11】



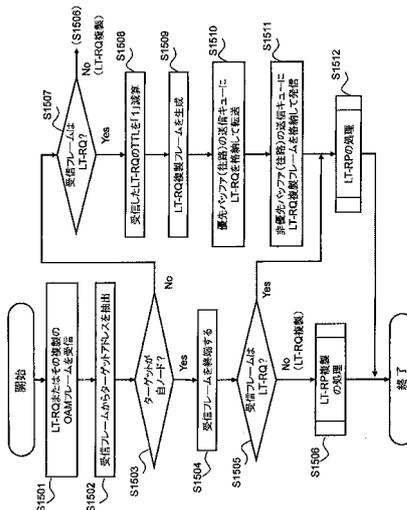
【図12】



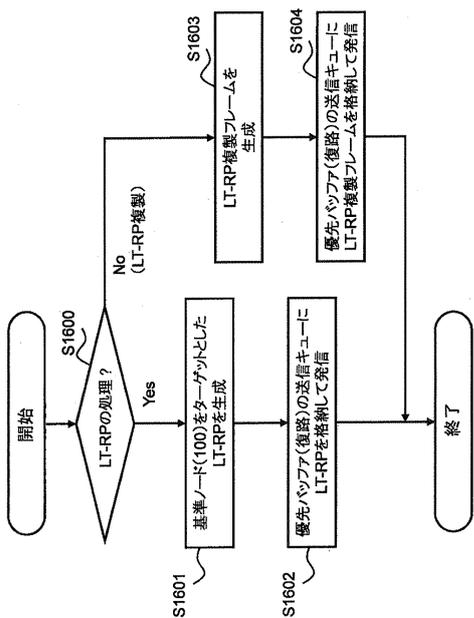
【図13】



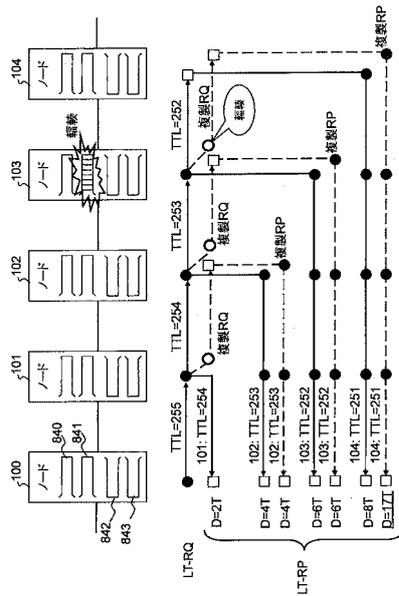
【図14】



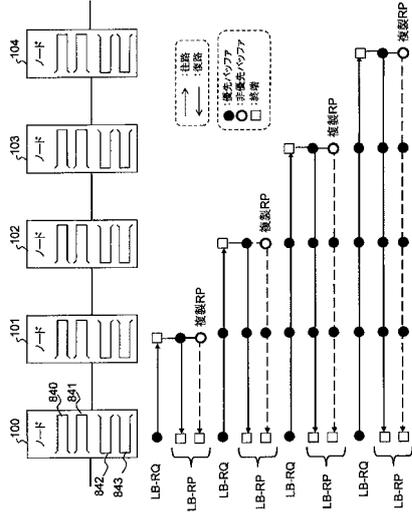
【図15】



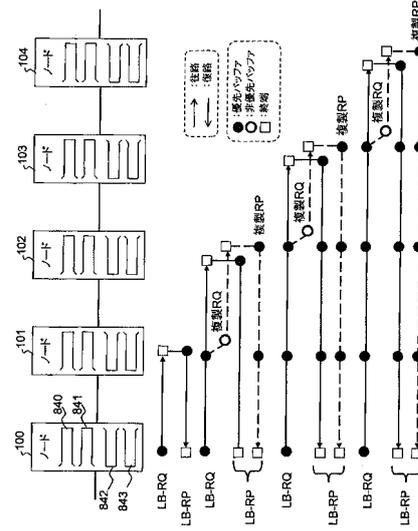
【図16】



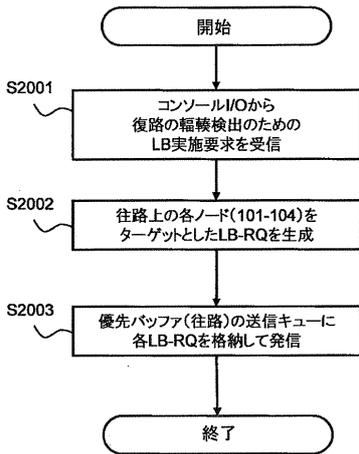
【図 17】



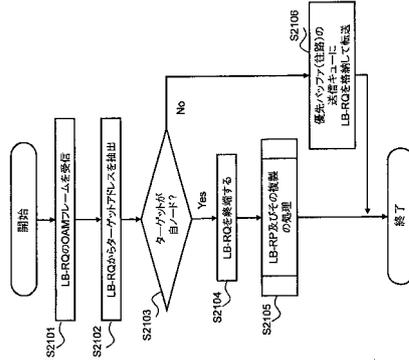
【図 18】



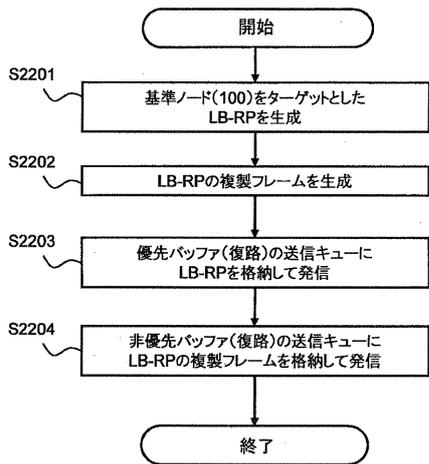
【図 19】



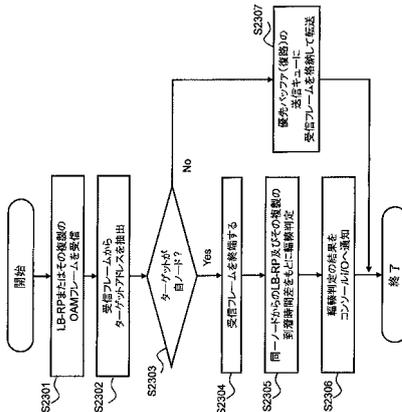
【図 20】



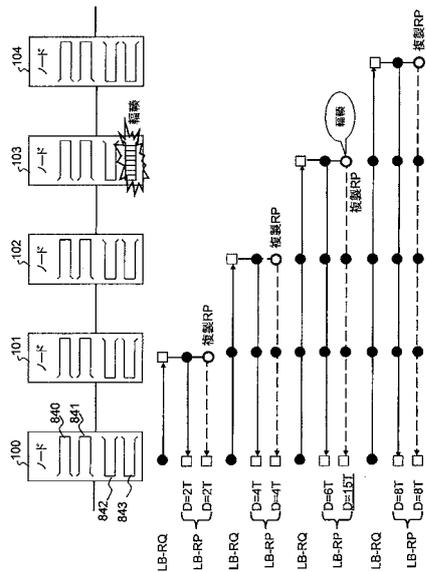
【図 2 1】



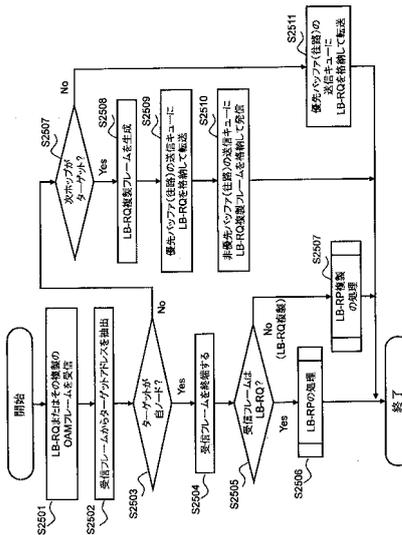
【図 2 2】



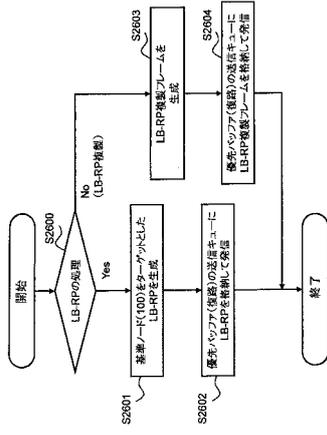
【図 2 3】



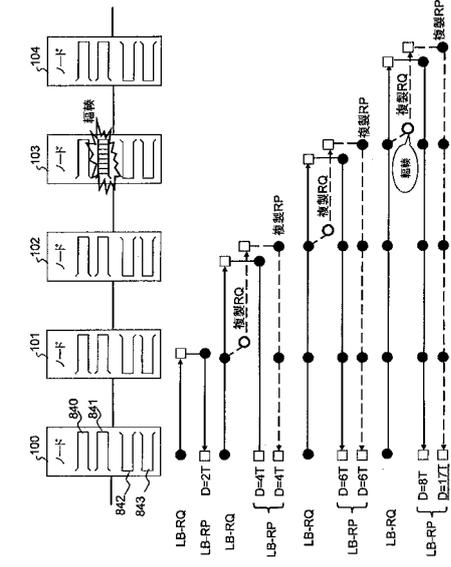
【図 2 4】



【 図 25 】



【 図 26 】



フロントページの続き

- (72)発明者 都木 宏之
日本国東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
- (72)発明者 高木 和男
日本国東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

審査官 衣嶋 文彦

- (56)参考文献 特開2008-283621(JP,A)
特開2007-259069(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| H04L | 12/70 |
| H04L | 12/46 |
| H04L | 29/14 |