

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7056454号  
(P7056454)

(45)発行日 令和4年4月19日(2022.4.19)

(24)登録日 令和4年4月11日(2022.4.11)

(51)国際特許分類		F I	
H 0 4 L	47/62 (2022.01)	H 0 4 L	47/62
H 0 4 L	67/1008(2022.01)	H 0 4 L	67/1008
H 0 4 L	67/1025(2022.01)	H 0 4 L	67/1025

請求項の数 3 (全10頁)

(21)出願番号	特願2018-147210(P2018-147210)	(73)特許権者	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(22)出願日	平成30年8月3日(2018.8.3)	(74)代理人	110002147 特許業務法人酒井国際特許事務所
(65)公開番号	特開2020-22146(P2020-22146A)	(72)発明者	西山 聡史 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
(43)公開日	令和2年2月6日(2020.2.6)	(72)発明者	西木 雅幸 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
審査請求日	令和2年12月3日(2020.12.3)	(72)発明者	藤原 貴之 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
		(72)発明者	武井 勇樹

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 通信システム及び通信方法

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

IP (Internet Protocol) 通信を実行する通信システムであって、パケットの転送及びキューイングを行うプログラマブルスイッチと、パケットに対してネットワーク機能を実行する複数のVNF (Virtual Network Function) と、VNFが動作するサーバと、前記プログラマブルスイッチを制御するコントローラと、を有する通信システムであって、前記プログラマブルスイッチは、複数のキューにより構成されるキュー群と、前記キュー群に対し、前記コントローラの指示に従って、入力されたパケットをいずれかの前記VNFに振り分けるキュー振り分け部と、を有し、前記VNFは、サーバリソースの消費量を測定して、前記コントローラに負荷状況を通知する負荷測定部を有し、前記コントローラは、一定のルールを基に各VNFの負荷を分析する負荷分析部と、所定値よりも負荷の高いVNFの数に基づく値が一定数を越えたか否かに応じて、前記キュー振り分け部に対するキューの振り分けルールを変更するキュー制御部と、を有することを特徴とする通信システム。

## 【請求項2】

前記キュー制御部は、前記VNFごとに、パケット内ヘッダの情報により分類可能な複数の種別のパケットが入力される場合、前記キュー群から利用可能なキュー数を取得し、前記負荷の高いVNFの数とパケット種別数との積が、前記利用可能なキュー数よりも大きい場合には、VNF単位でのキュー振り分けを行う振り分けルールに変更し、前記負荷の高いVNFの数とパケット種別数との積が、前記利用可能なキュー数未満である場合には、前記VNFとパケット種別との組み合わせに応じてキュー振り分けを行う振り分けルールに変更することを特徴とする請求項1に記載の通信システム。

【請求項3】

IP (Internet Protocol) 通信を実行する通信システムであって、パケットの転送及びキューイングを行うプログラマブルスイッチと、パケットに対してネットワーク機能を実行する複数のVNF (Virtual Network Function) と、VNFが動作するサーバと、前記プログラマブルスイッチを制御するコントローラと、を有する通信システムが実行する通信方法であって、

10

前記プログラマブルスイッチは、複数のキューにより構成されるキュー群を有し、前記VNFが、サーバリソースの消費量を測定して、前記コントローラに負荷状況を通知する工程と、

前記コントローラが、一定のルールを基に各VNFの負荷を分析する工程と、前記コントローラが、所定値よりも負荷の高いVNFの数に基づく値が一定数を超えたか否かに応じて、前記プログラマブルスイッチに対するキューの振り分けルールを変更する工程と、

20

前記プログラマブルスイッチが、前記キュー群に対し、前記コントローラが変更したキューの振り分けルールに従って、入力されたパケットをいずれかの前記VNFに振り分ける工程と、

を含んだことを特徴とする通信方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、通信システム及び通信方法に関する。

【背景技術】

【0002】

30

従来、プログラマブルスイッチと仮想ネットワーク機能 (VNF (Virtual Network Function)) 群を分離して実装する方法において、CPU (Central Processing Unit) 向けトラヒックのうち、特に負荷の重い制御パケットについて流量の制限 (レトリミット) を行うことによって、一部ユーザの制御パケット増大に起因してVNFが配置されたCPUのリソースが枯渇することを防ぐ方法が提案されている (例えば、非特許文献1, 2参照)。

【0003】

例えば、非特許文献1には、ソフトウェアの高負荷防止機構を搭載することによって、ソフトウェアで処理するパケットに対するレトリミット、優先制御により、DoS攻撃などからソフトウェアを保護し、ルーティング処理等の安定した動作を実現する方法が記載されている。また、非特許文献2には、CPUに対するパケットのレート制限機能によって、ソフトウェアに渡すパケットのレートを制御し、サービス拒否攻撃を防止する方法が記載されている。

40

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【文献】Alaxala、[online]、[平成30年6月25日検索]、インターネット<URL : [https://www.alaxala.com/jp/products/archive/datasheet\\_pamphlet/pdf/ax8300s\\_ds\\_op\\_ver12\\_7\\_r2.pdf](https://www.alaxala.com/jp/products/archive/datasheet_pamphlet/pdf/ax8300s_ds_op_ver12_7_r2.pdf)>

Catalyst 6500/6000スイッチのCPU高使用率、[online]、[平成30年6月25日

50

検索]、インターネット<URL : [https://www.cisco.com/c/jp\\_jp/support/docs/s witches/catalyst-6500-series-switches/63992-6k-high-cpu.html](https://www.cisco.com/c/jp_jp/support/docs/s witches/catalyst-6500-series-switches/63992-6k-high-cpu.html)>

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来の方法では、単一のCPUに対するレートリミットのみが考慮されている。このため、従来の方法では、複数のCPUに対してプログラマブルスイッチが接続されるケースでは、よりレートリミットに必要なキュー数が不足してしまい、一部のフローにレートリミットを実施できずCPUが輻輳してしまうという問題があった。言い換えると、従来の方法では、単一の装置においてソフトウェア(CPU)を保護するためのレ

10

【0006】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、CPUの輻輳を低減する通信システム及び通信方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る通信システムは、IP(Internet Protocol)通信を実行する通信システムであって、パケットの転送及びキューイングを行うプログラマブルスイッチと、パケットに対してネットワーク機能を実行する複数のVNF(Virtual Network Function)と、VNFが動作するサーバと、プログラマブルスイッチを制御するコントローラと、を有する通信システムであって、プログラマブルスイッチは、複数のキューにより構成されるキュー群と、キュー群に対し、コントローラの指示に従って、入力されたパケットをいずれかのVNFに振り分けるキュー振り分け部と、を有し、VNFは、サーバリソースの消費量を測定して、コントローラに負荷状況を通知する負荷測定部を有し、コントローラは、一定のルールを基に各VNFの負荷を分析する負荷分析部と、所定値よりも負荷の高いVNFの数に基づく値が一定数を超えたか否かに応じて、キュー振り分け部に対するキューの振り分けルールを変更するキュー制御部と、を有することを特徴とする。

20

30

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、CPUの輻輳を低減する。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、実施の形態における通信システムの構成の一例を示す図である。

【図2】図2は、図1に示す通信システムにおける処理の流れを説明する図である。

【図3】図3は、図1に示す通信システムにおける処理の流れを説明する図である。

【図4】図4は、図1に示す通信システムにおける通信処理の処理手順を示すシーケンス図である。

40

【図5】図5は、プログラムが実行されることにより、プログラマブルスイッチ、サーバ、コントローラが実現されるコンピュータの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照して、本発明の一実施形態を詳細に説明する。なお、この実施の形態により本発明が限定されるものではない。また、図面の記載において、同一部分には同一の符号を付して示している。

【0011】

[実施の形態]

50

本発明の実施の形態について説明する。図 1 は、実施の形態における通信システムの構成の一例を示す図である。

【 0 0 1 2 】

図 1 に示すように、実施の形態に係る通信システム 1 は、プログラマブルスイッチ 1 0 と、複数の V N F 2 0 と、V N F 2 0 が動作するサーバ 3 0 と、コントローラ 4 0 とを有し、I P 通信を実行する。

【 0 0 1 3 】

プログラマブルスイッチ 1 0 は、パケットの転送及びキューイングを行う。プログラマブルスイッチ 1 0 は、複数のキューにより構成されるキュー群 1 1 と、キュー群 1 1 に対し、コントローラ 4 0 の指示に従って入力されたパケットをいずれかの V N F 2 0 に振り分けるキュー振り分け部 1 2 と、を有する。

10

【 0 0 1 4 】

サーバ 3 0 は、V N F 2 0 が動作するために必要なサーバリソースを有する。サーバ 3 0 は、N F V ( Network Function Virtualization ) を構築するための基盤となり、クラウド上に用意された仮想的なサーバであってもよい。

【 0 0 1 5 】

各 V N F 2 0 は、N F V の機能を提供するための専用ソフトであり、専用ハードで提供されていた機能をソフトウェアで再実装したものである。各 V N F 2 0 は、各種ネットワーク機能を提供する。例えば、V N F 2 0 は、パケットに対してネットワーク機能を実行する。V N F 2 0 は、プログラマブルスイッチ 1 0 から転送されたパケットを処理するパケット処理部 2 1 を有する。V N F 2 0 は、サーバリソースの消費量を測定して、コントローラ 4 0 に負荷状況を通知する負荷測定部 2 2 を有する。

20

【 0 0 1 6 】

コントローラ 4 0 は、プログラマブルスイッチ 1 0 を制御する。コントローラ 4 0 は、一定のルールを基に各 V N F 2 0 の負荷を分析する負荷分析部 4 1 と、キュー振り分け部 1 2 に対するキューの振り分けルールを変更するキュー制御部 4 2 と、を有する。

【 0 0 1 7 】

例えば、キュー制御部 4 2 は、所定値よりも負荷の高い V N F の数に基づく値が一定数を超えたか否かに応じて、キュー振り分け部 1 2 に対するキューの振り分けルールを変更する。具体的には、キュー制御部 4 2 は、所定値よりも負荷の高い V N F の数が一定数を超えたか否かに応じて、キュー振り分け部 1 2 に対するキューの振り分けルールを変更する。また、キューの振り分けルールの変更タイミングは、これに限らない。

30

【 0 0 1 8 】

例えば、キュー制御部 4 2 は、V N F 2 0 ごとに、パケット内ヘッダの情報により分類可能な複数の種別のパケットが入力される場合、キュー群 1 1 から利用可能なキュー数 ( キューリソース情報でもよい。 ) を取得する。そして、キュー制御部 4 2 は、所定値よりも負荷の高い V N F の数とパケット種別数との積が、利用可能なキュー数よりも大きい場合には、V N F 2 0 単位でのキュー振り分けを行う振り分けルールに変更する。一方、キュー制御部 4 2 は、所定値よりも負荷の高い V N F 2 0 の数とパケット種別数との積が、利用可能なキュー数未満である場合には、V N F 2 0 とパケット種別と組み合わせに応じてキュー振り分けを行う振り分けルールに変更する。このように、コントローラ 4 0 は、所定値よりも負荷の高い V N F の数とパケット種別数との積と、利用可能なキュー数とを比較し、より適切なキュー振り分けを行ってもよい。

40

【 0 0 1 9 】

[ 処理の流れ ]

次に、通信システム 1 における処理の流れについて説明する。図 2 及び図 3 は、図 1 に示す通信システム 1 における処理の流れを説明する図である。

【 0 0 2 0 】

まず、図 2 では、複数の V N F が輻輳している場合を例に説明する。図 2 に示すように、V N F 2 0 A ~ 2 0 C は、サーバリソースの消費量を測定して、コントローラ 4 0 に負荷

50

状況（負荷測定結果）を通知する（図2の（1）参照）。続いて、コントローラ40は、VNF20A～20Cの負荷を分析する。コントローラ40は、分析の結果、複数のVNF20A～20Cが輻輳していると判定した場合、キューの振り分けルールを変更する（図2の（2）参照）。

【0021】

この例では、コントローラ40は、VNF20A～20Cのそれぞれにキューを振り分けるルールに変更し、変更したキューの振り分けルールをプログラマブルスイッチ10に通知する（図2の（3）参照）。この結果、プログラマブルスイッチ10では、VNF20A～20Cのそれぞれにキューが振り分けられる。このように、通信システム1では、複数のVNF20で輻輳している場合には、CPU単位で荒くレトリミットを行うことによって、細かくレトリミットを行う場合と比して、サービスレベルは低下するものの網を保護し、CPUの輻輳を低減する。

10

【0022】

また、図3では、単一のVNF20Bのみが輻輳している場合を例に説明する。図3に示すように、VNF20A～20Cがコントローラ40に負荷状況（負荷測定結果）を通知すると（図3の（1）参照）、コントローラ40は、VNF20A～20Cの負荷を分析する。コントローラ40は、分析の結果、VNF20Bのみが輻輳していると判定した場合、キューの振り分けルールを変更する（図3の（2）参照）。

【0023】

この例では、コントローラ40は、VNF20Bのみにキューを振り分けるルールに変更し、変更したキューの振り分けルールをプログラマブルスイッチ10に通知する（図3の（3）参照）。この結果、プログラマブルスイッチ10では、VNF20Bのみにキューが振り分けられる。このように、通信システム1では、輻輳が生じているVNF20のみに、きめ細かくレトリミットを行うことによって、サービスレベルを向上する。

20

【0024】

[処理手順]

図4は、図1に示す通信システム1における通信処理の処理手順を示すシーケンス図である。

【0025】

図4に示すように、サーバ30では、各VAN20が、サーバリソースの消費量を測定する負荷測定を行い（ステップS1～ステップS3）、それぞれ、負荷状況をコントローラ40に通知する（ステップS4～ステップS6）。

30

【0026】

コントローラ40は、各VNFの各VNF20の負荷を分析して（ステップS7）、所定値よりも負荷の高いVNFの数に基づく値が一定数を超えたか否かを判定する（ステップS8）。コントローラ40は、所定値よりも負荷の高いVNFの数に基づく値が一定数を超えていないと判定した場合（ステップS8：No）、改めて、各VNF20による負荷状況を受ける。

【0027】

一方、コントローラ40は、所定値よりも負荷の高いVNFの数に基づく値が一定数を超えたと判定した場合（ステップS8：Yes）、CPUの輻輳を低減するために、プログラマブルスイッチ10に対するキューの振り分けルールを変更する（ステップS9）。

40

【0028】

そして、プログラマブルスイッチ10は、コントローラ40から、変更されたキューの振り分けルールの通知を受けると（ステップS10）、変更されたキューの振り分けルールにしたがって、キューを振り分けて（ステップS11）、CPUの輻輳を低減する。

【0029】

[実施の形態の効果]

このように、本実施の形態では、コントローラ40が、複数のVNF20の負荷をそれぞれ分析し、所定値よりも負荷の高いVNFの数に基づく値が一定数を超えたか否かに応じ

50

て、プログラマブルスイッチ 10 に対するキューの振り分けルールを変更する。そして、プログラマブルスイッチ 10 は、複数のキューで構成されるキュー群に対し、コントローラ 40 が変更した振り分けルールに従って、入力されたパケットをいずれかの VNF 20 に振り分けている。

#### 【0030】

したがって、本実施の形態では、各 VNF 20 の負荷状況に応じて、プログラマブルスイッチ 10 のキューを振り分けることによって、CPU の輻輳を低減している。例えば、実施の形態では、荒い粒度でのレートリミットと細かい粒度でのレートリミットとなる 2 種の振り分けルールを用いることによって、複数の VNF 20 で輻輳が発生した場合には VNF 単位の荒い粒度でレートリミットを行い、一部の VNF 20 で輻輳が発生した場合は、この VNF 20 に応じた細かい粒度でレートリミットを行う。このように、本実施の形態では、負荷状況に応じたレートリミットを実施することによって、CPU の輻輳を低減している。

10

#### 【0031】

##### [システム構成等]

図示した各装置の各構成要素は機能概念的なものであり、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。すなわち、各装置の分散・統合の具体的形態は図示のものに限られず、その全部又は一部を、各種の負荷や使用状況等に応じて、任意の単位で機能的又は物理的に分散・統合して構成することができる。さらに、各装置にて行なわれる各処理機能は、その全部又は任意の一部が、CPU 及び当該 CPU にて解析実行されるプログラムにて実現され、あるいは、ワイヤードロジックによるハードウェアとして実現され得る。

20

#### 【0032】

また、本実施形態において説明した各処理のうち、自動的に行われるものとして説明した処理の全部又は一部を手動的に行なうこともでき、あるいは、手動的に行なわれるものとして説明した処理の全部又は一部を公知の方法で自動的に行なうこともできる。この他、上記文書中や図面中で示した処理手順、制御手順、具体的名称、各種のデータやパラメータを含む情報については、特記する場合を除いて任意に変更することができる。

#### 【0033】

##### [プログラム]

図 5 は、プログラムが実行されることにより、プログラマブルスイッチ 10、サーバ 30、コントローラ 40 が実現されるコンピュータの一例を示す図である。コンピュータ 1000 は、例えば、メモリ 1010、CPU 1020 を有する。また、コンピュータ 1000 は、ハードディスクドライブインタフェース 1030、ディスクドライブインタフェース 1040、シリアルポートインタフェース 1050、ビデオアダプタ 1060、ネットワークインタフェース 1070 を有する。これらの各部分は、バス 1080 によって接続される。

30

#### 【0034】

メモリ 1010 は、ROM (Read Only Memory) 1011 及び RAM 1012 を含む。ROM 1011 は、例えば、BIOS (Basic Input Output System) 等のブートプログラムを記憶する。ハードディスクドライブインタフェース 1030 は、ハードディスクドライブ 1090 に接続される。ディスクドライブインタフェース 1040 は、ディスクドライブ 1100 に接続される。例えば磁気ディスクや光ディスク等の着脱可能な記憶媒体が、ディスクドライブ 1100 に挿入される。シリアルポートインタフェース 1050 は、例えばマウス 1110、キーボード 1120 に接続される。ビデオアダプタ 1060 は、例えばディスプレイ 1130 に接続される。

40

#### 【0035】

ハードディスクドライブ 1090 は、例えば、OS (Operating System) 1091、アプリケーションプログラム 1092、プログラムモジュール 1093、プログラムデータ 1094 を記憶する。すなわち、プログラマブルスイッチ 10、サーバ 30、コントロー

50

ラ 4 0 の各処理を規定するプログラムは、コンピュータにより実行可能なコードが記述されたプログラムモジュール 1 0 9 3 として実装される。プログラムモジュール 1 0 9 3 は、例えばハードディスクドライブ 1 0 9 0 に記憶される。例えば、プログラマブルスイッチ 1 0、サーバ 3 0、コントローラ 4 0 における機能構成と同様の処理を実行するためのプログラムモジュール 1 0 9 3 が、ハードディスクドライブ 1 0 9 0 に記憶される。なお、ハードディスクドライブ 1 0 9 0 は、SSD (Solid State Drive) により代替されてもよい。

【 0 0 3 6 】

また、上述した実施形態の処理で用いられる設定データは、プログラムデータ 1 0 9 4 として、例えばメモリ 1 0 1 0 やハードディスクドライブ 1 0 9 0 に記憶される。そして、CPU 1 0 2 0 が、メモリ 1 0 1 0 やハードディスクドライブ 1 0 9 0 に記憶されたプログラムモジュール 1 0 9 3 やプログラムデータ 1 0 9 4 を必要に応じて RAM 1 0 1 2 に読み出して実行する。

10

【 0 0 3 7 】

なお、プログラムモジュール 1 0 9 3 やプログラムデータ 1 0 9 4 は、ハードディスクドライブ 1 0 9 0 に記憶される場合に限らず、例えば着脱可能な記憶媒体に記憶され、ディスクドライブ 1 1 0 0 等を介して CPU 1 0 2 0 によって読み出されてもよい。あるいは、プログラムモジュール 1 0 9 3 及びプログラムデータ 1 0 9 4 は、ネットワーク (LAN、WAN (Wide Area Network) 等) を介して接続された他のコンピュータに記憶されてもよい。そして、プログラムモジュール 1 0 9 3 及びプログラムデータ 1 0 9 4 は、他のコンピュータから、ネットワークインタフェース 1 0 7 0 を介して CPU 1 0 2 0 によって読み出されてもよい。

20

【 0 0 3 8 】

以上、本発明者によってなされた発明を適用した実施形態について説明したが、本実施形態による本発明の開示の一部をなす記述及び図面により本発明は限定されることはない。すなわち、本実施形態に基づいて当業者等によりなされる他の実施形態、実施例及び運用技術等は全て本発明の範疇に含まれる。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 9 】

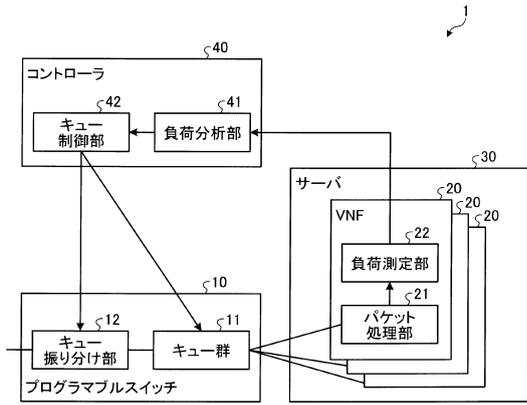
- 1 通信システム
- 1 0 プログラマブルスイッチ
- 1 1 キュー群
- 1 2 キュー振り分け部
- 2 0 VNF
- 2 1 パケット処理部
- 2 2 負荷測定部
- 3 0 サーバ
- 4 0 コントローラ
- 4 1 負荷分析部
- 4 2 キュー制御部

30

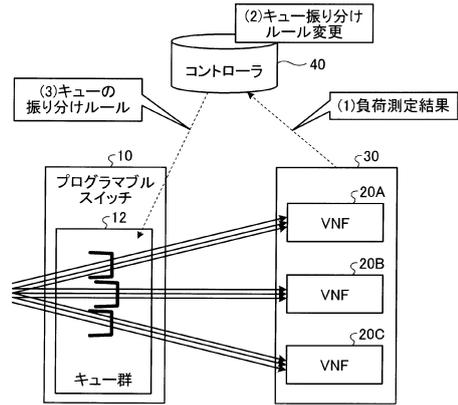
40

【図面】

【図 1】



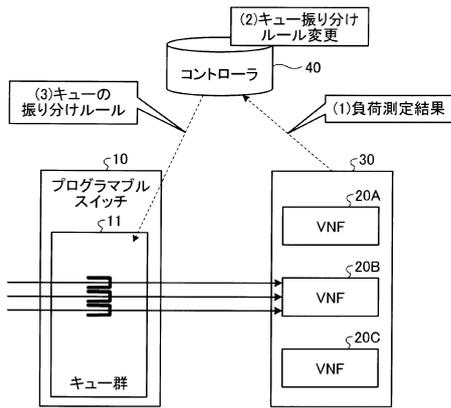
【図 2】



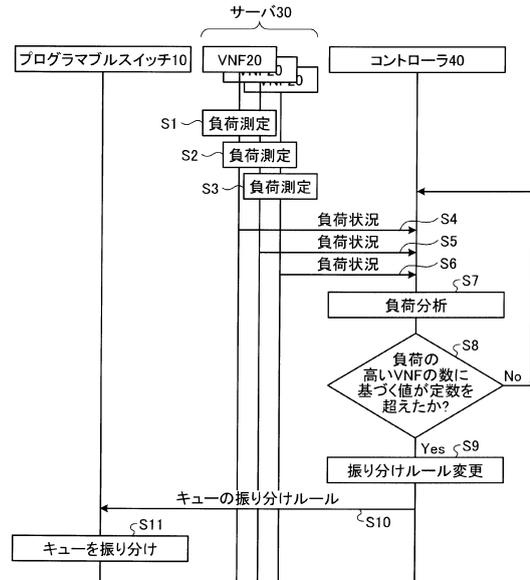
10

20

【図 3】



【図 4】

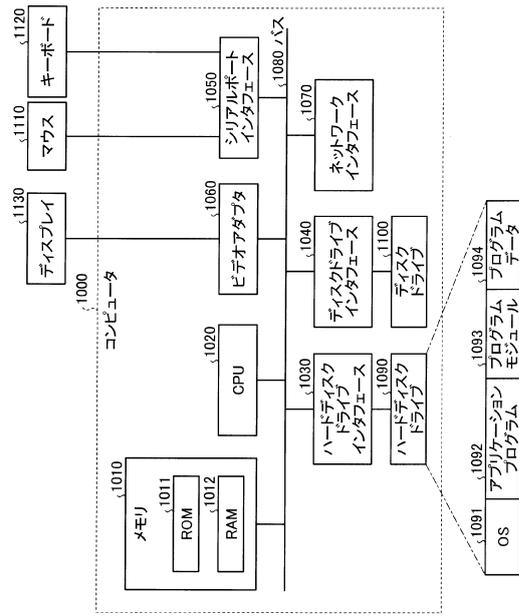


30

40

50

【 図 5 】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 羽岡 さやか

- (56)参考文献 特開2017-143477(JP,A)  
国際公開第2017/170312(WO,A1)  
国際公開第2016/157864(WO,A1)  
澤崎 文彦 Fumihiko Sawazaki, データバッファあふれを考慮したSPP設計の考察 A study about SPP design with countermeasure of data, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol. 117 No. 459 IEICE Technical Report, 日本, 一般社団法人電子情報通信学会 The Institute of Ele, 2018年02月22日, 第117巻, P.23-25, NS2017-17  
西島 孝通 Takamichi Nishijima, 仮想リソース消費を削減するNFVスケーラブルサービスチェーン方式の提案 Proposal for NFV scalable se, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol. 115 No. 404 IEICE Technical Report, 日本, 一般社団法人電子情報通信学会 The Institute of Ele, 2016年01月14日, 第115巻, P.81-86, NS2015-160
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H04L 45/42  
H04L 47/62  
H04L 41/40