

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年9月11日(11.09.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/133448 A1

- (51) 国際特許分類:
H04L 12/741 (2013.01) H04L 12/717 (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/056143
- (22) 国際出願日: 2015年3月3日(03.03.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-041624 2014年3月4日(04.03.2014) JP
- (71) 出願人: 日本電気株式会社(NEC CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号
Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 横田 智久(YOKOTA, Tomohisa); 〒
1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電
気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 加藤 朝道(KATO, Asamichi); 〒2220033
神奈川県横浜市港北区新横浜3丁目20番12
号加藤内外特許事務所内 Kanagawa (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

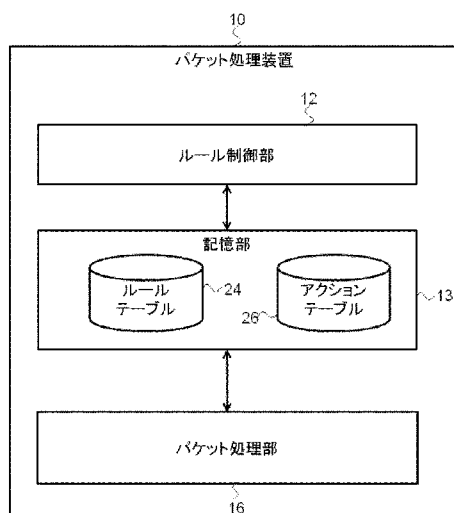
添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: PACKET PROCESSING DEVICE, PACKET PROCESSING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: パケット処理装置、パケット処理方法およびプログラム

[図1]



- 10... PACKET PROCESSING DEVICE
- 12... RULE CONTROL UNIT
- 13... STORAGE UNIT
- 16... PACKET PROCESSING UNIT
- 24... RULE TABLE
- 26... ACTION TABLE

(57) Abstract: A packet processing device provided with: an action table that includes actions that define packet processing details; a storage unit that holds a rule table that includes rules for retrieving actions that apply to packets; a rule control unit that updates the rules included in the rule table; and a packet processing unit that uses the rule table to retrieve from the action table actions that apply to a received packet and that processes the packet in accordance with the retrieved actions and also accumulates pointers for the retrieved actions. After accumulating pointers, the packet processing unit determines whether the rule table has been updated by the rule control unit and, when the rule table has not been updated, in accordance with the accumulated pointers extracts from the action table actions that apply to the received packet. The present invention increases the speed with which packet processing is performed by a packet processing unit that is implemented by software.

(57) 要約: パケット処理装置は、パケットの処理内容を規定するアクションを含むアクションテーブルと、パケットに適用するアクションを検索するためのルールを含むルールテーブルを保持する記憶部と、ルールテーブルに含まれるルールを更新するルール制御部と、受信したパケットに適用するアクションを、ルールテーブルを用いてアクションテーブルから検索し、検索したアクションに従って該パケットを処理するとともに、検索したアクションに対するポインタを蓄積するパケット処理部と、を備え、パケット処理部は、ポインタを蓄積した後、ルール制御部によりルールテーブルが更新されたか否かを判定し、更新されていない場合、受信したパケットに適用するアクションを蓄積したポインタに従ってアクションテーブルから抽出する。ソフトウェアで実装されたパケット処理部によるパケット処理を高速化する。

WO 2015/133448 A1

明 細 書

発明の名称：

パケット処理装置、パケット処理方法およびプログラム

技術分野

[0001] [関連出願についての記載]

本発明は、日本国特許出願：特願2014-041624号（2014年3月4日出願）に基づくものであり、同出願の全記載内容は引用をもって本書に組み込み記載されているものとする。

本発明は、パケット処理装置、パケット処理方法およびプログラムに関し、特に、集中制御型のネットワークにおけるパケット処理装置、パケット処理方法およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 近年、通信システムに設けられたスイッチ等のパケット処理装置において、パケット処理部をソフトウェアで実装することが多くなってきている。特に、汎用プロセッサの性能向上とNFV(Network Functions Virtualization)やSDN(Software-Defined Networking)の潮流により、パケット処理部をソフトウェアで実装するニーズが高まっている。また、ソフトウェア処理に基づいてパケット処理を行う際に、ハードウェア処理と同等の処理性能を満たすことが求められている。

[0003] NFVやSDNに基づいて集中制御型のネットワークを実現する技術として、例えば、非特許文献1、2にオープンフロー(OpenFlow)が記載されている。オープンフローは、通信をエンドツーエンドのフローとして捉え、フロー単位で経路制御、障害回復、負荷分散、最適化を行うものである。非特許文献2に規定されているオープンフロースイッチ(OFS:OpenFlow Switch)は、オープンフローコントローラ(OFCC:OpenFlow Controller)との通信用のセキュアチャネルを備え、OFCCから適宜追加または書き換え指示されるフローテーブルに従って動作する。フローテーブルには、フロー毎に

、パケットヘッダと照合するマッチ条件 (Match Fields) と、フロー統計情報 (Counters) と、処理内容を定義したインストラクション (Instructions) と、の組が定義される (非特許文献 2 の「5.2 Flow Table」の項参照)。

[0004] O F S は、パケットを受信すると、フローテーブルから、受信パケットのヘッダ情報に適合するマッチ条件 (非特許文献 2 の「5.3 Matching」参照) を持つエントリを検索する。検索の結果、受信パケットに適合するエントリが見つかった場合、O F S は、フロー統計情報 (カウンタ) を更新するとともに、受信パケットに対して、当該エントリのインストラクションフィールドに記述された処理内容 (指定ポートからのパケット送信、フラグディング、廃棄など) を実施する。一方、検索の結果、受信パケットに適合するエントリが見つからなかった場合、O F S は、セキュアチャネルを介して、O F C に対してエントリ設定の要求、すなわち、受信パケットを処理するための制御情報の送信要求 (Packet-Inメッセージ) を送信する。O F S は、処理内容が定められたフローエントリを受け取ってフローテーブルを更新する。このように、O F S は、フローテーブルに格納されたエントリを制御情報として用いてパケット転送を行う。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献 1 : Nick McKeownほか 7 名、 “OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks”、[online]、[平成 26 (2014) 年 2 月 24 日検索]、インターネット <URL:<http://www.openflow.org/documents/openflow-wp-latest.pdf>>

非特許文献 2 : “OpenFlow Switch Specification” Version 1.3.1 (Wire Protocol 0x04)、[online]、[平成 26 (2014) 年 2 月 24 日検索]、インターネット <URL:<https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/specification/openflow-spec-v1.3.1.pdf>>

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 上記非特許文献の全開示内容は、本書に引用をもって繰り込み記載されているものとする。以下の分析は、本発明者によってなされたものである。
- [0007] 上述のとおり、汎用プロセッサの性能向上、および、NFV (Network Function Virtualization) やSDN (Software-Defined Networking) の潮流により、パケット処理部をソフトウェアで実装する機会が増加している。
- [0008] しかし、一般に、パケット処理部をソフトウェアで実装した場合、ハードウェア処理と比較して処理速度が遅いことが知られている。特に、パケット処理時のルール検索をソフトウェアで行う場合、完全一致検索のような一部の検索方式を除くと、ハードウェア処理と比較して検索処理に長い時間を要する。また、最長一致検索やマスク検索、範囲指定の検索が必要とされる場合が多く、これらの場合には、ソフトウェア検索によると、ハードウェア検索と比較して処理速度が遅くなる。
- [0009] ソフトウェアに基づくパケット処理を高速化するための関連技術として、フローキャッシュテーブルを用いる方法が発明されている。フローキャッシュテーブルとは、パケット毎に必要な複数回のルール検索をキャッシュとして保持するためのテーブルである。フローキャッシュテーブルを用いることにより、パケットがいずれのフローに属するかを一回検索することにより、複数回分のルール検索結果をまとめて取得することが可能となる。
- [0010] ところで、上記関連技術におけるフローキャッシュテーブルは、パケット処理部とは別個のルール制御部のようなプロセスによって作成および管理されている。かかる技術によると、パケット処理部がフローキャッシュテーブルにアクセスする場合、パケット処理部とルール制御部との間で排他処理を行う必要が生じる。したがって、パケット処理部がフローキャッシュテーブルにアクセスする際、排他処理による待ち時間が生じ、パケット処理に時間を要するという問題がある。
- [0011] そこで、ソフトウェアで実装されたパケット処理部によるパケット処理を高速化することが課題となる。本発明の目的は、かかる課題解決に寄与する

パケット処理装置、パケット処理方法およびプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明の第1の態様によると、パケット処理装置が提供される。前記パケット処理装置は、パケットの処理内容を規定するアクションを含むアクションテーブルと、パケットに適用するアクションを検索するためのルールを含むルールテーブルを保持する記憶部を備えている。また、前記パケット処理装置は、前記ルールテーブルに含まれるルールを更新するルール制御部を備えている。さらに、前記パケット処理装置は、受信したパケットに適用するアクションを、前記ルールテーブルを用いて前記アクションテーブルから検索し、検索したアクションに従って該パケットを処理するとともに、検索したアクションに対するポインタを蓄積するパケット処理部を備えている。ここで、前記パケット処理部は、前記ポインタを蓄積した後、前記ルール制御部により前記ルールテーブルが更新されたか否かを判定し、更新されていない場合、受信したパケットに適用するアクションを前記蓄積したポインタに従って前記アクションテーブルから抽出する。

[0013] 本発明の第2の態様によると、パケット処理方法が提供される。前記パケット処理方法は、コンピュータが、パケットの処理内容を規定するアクションを含むアクションテーブルと、パケットに適用するアクションを検索するためのルールを含むルールテーブルを記憶部に保持する工程を含む。また、前記パケット処理方法は、第1のプロセスが、前記ルールテーブルに含まれるルールを更新する工程を含む。さらに、前記パケット処理方法は、第2のプロセスが、受信したパケットに適用するアクションを、前記ルールテーブルを用いて前記アクションテーブルから検索し、検索したアクションに従って該パケットを処理するとともに、検索したアクションに対するポインタを蓄積する工程を含む。また、前記パケット処理方法は、前記第2のプロセスが、前記ポインタを蓄積した後、前記第1のプロセスにより前記ルールテーブルが更新されたか否かを判定し、更新されていない場合、受信したパ

ケットに適用するアクションを前記蓄積したポインターに従って前記アクションテーブルから抽出する工程を含む。

[0014] 本発明の第3の態様によると、プログラムが提供される。前記プログラムは、パケットの処理内容を規定するアクションを含むアクションテーブルと、パケットに適用するアクションを検索するためのルールを含むルールテーブルを記憶部に保持する処理をコンピュータに実行させる。また、前記プログラムは、第1のプロセスが、前記ルールテーブルに含まれるルールを更新する処理前記コンピュータに実行させる。さらに、前記プログラムは、第2のプロセスが、受信したパケットに適用するアクションを、前記ルールテーブルを用いて前記アクションテーブルから検索し、検索したアクションに従って該パケットを処理するとともに、検索したアクションに対するポインターを蓄積する処理を前記コンピュータに実行させる。また、前記プログラムは、前記第2のプロセスが、前記ポインターを蓄積した後、前記第1のプロセスにより前記ルールテーブルが更新されたか否かを判定し、更新されていない場合、受信したパケットに適用するアクションを前記蓄積したポインターに従って前記アクションテーブルから抽出する処理を前記コンピュータに実行させる。なお、プログラムは、非一時的なコンピュータ可読記録媒体 (non-transitory computer-readable storage medium) に記録されたプログラム製品として提供することもできる。

発明の効果

[0015] 本発明に係るパケット処理装置、パケット処理方法およびプログラムによると、ソフトウェアで実装されたパケット処理部によるパケット処理を高速化することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]一実施形態に係るパケット処理装置の構成を例示するブロック図である。

[図2]第1の実施形態に係るパケット処理装置の構成を例示するブロック図である。

[図3]第1の実施形態に係るパケット処理装置の動作を例示するシーケンス図である。

[図4]第1の実施形態に係るパケット処理装置の動作を例示するシーケンス図である。

[図5]第1の実施形態に係るパケット処理装置の動作を例示するシーケンス図である。

発明を実施するための形態

[0017] はじめに、一実施形態の概要について説明する。なお、この概要に付記する図面参照符号は、専ら理解を助けるための例示であり、本発明を図示の態様に限定することを意図するものではない。

[0018] 一実施形態では、ロックレスなフローキャッシュテーブルを提案する。フローキャッシュテーブルによるルール検索高速化に加えて、フローキャッシュテーブルをロックレスで実装することでフローキャッシュテーブルに対するアクセス時の待ち時間を解消し、パケット処理の高速化を図る。

[0019] ロックレスなフローキャッシュテーブルを実現する手段として、パケット処理部でフローキャッシュテーブルの作成・管理を行う。また、フローキャッシュテーブルをルールテーブルと同期する処理をパケット処理部で行うことで、ルール制御部によるフローキャッシュテーブルに対するアクセスを不要とし、ロックレスなフローキャッシュテーブルを実現する。

[0020] 図1は、一実施形態に係るパケット処理装置の構成を例示するブロック図である。図1を参照すると、パケット処理装置10は、パケットの処理内容を規定するアクションを含むアクションテーブル26と、パケットに適用するアクションを検索するためのルールを含むルールテーブル24を保持する記憶部13と、ルールテーブル24に含まれるルールを更新するルール制御部12と、受信したパケットに適用するアクションを、ルールテーブル24を用いてアクションテーブル26から検索し、検索したアクションに従って当該パケットを処理するとともに、検索したアクションに対するポインタを蓄積するパケット処理部16と、を備えている。パケット処理部16は、

ポインタを蓄積した後、ルール制御部 12 によりルールテーブル 24 が更新されたか否かを判定し、更新されていない場合、受信したパケットに適用するアクションを、蓄積したポインタに従ってアクションテーブル 26 から抽出する。

[0021] このように、ルール制御部 12 ではなく、パケット処理部 16 自身が検索したアクションに対するポインタを蓄積することで、ルール制御部 12 とパケット処理部 16 との間の排他処理が不要となる。したがって、パケット処理部 16 をソフトウェアで実装した場合におけるパケット処理を高速化することが可能となる。

[0022] パケット処理部 16 が、ポインタを蓄積した後、ルール制御部 12 によりルールテーブル 24 が更新されたか否かを判定するために、例えば、以下の構成を採用することができる。

[0023] 図 2 を参照すると、ルール制御部 12 は、ルールテーブル 24 に含まれるルールを更新する際、当該更新を識別する識別子（例えば、シーケンス番号）を記憶部（例えば、共有メモリ 14 が保持するアクションテーブル 26 内）に記録し、パケット処理部 16 は、前記ポインタを蓄積する際、記憶部（共有メモリ 14）に記録された識別子を保持する。パケット処理部 16 は、保持した識別子とルール制御部 12 により記憶部（共有メモリ 14）に記録された識別子を比較することにより、前記ポインタを蓄積した後、ルール制御部 12 によりルールテーブル 24 が更新されたか否かを判定する。

[0024] より具体的には、ルール制御部 12 はエントリーの更新（例えば、追加・変更・削除など）時にアクションテーブル 26 のエントリー内のシーケンス番号を更新する。パケット処理部 16 はフローキャッシュテーブル 28 を作成する際に、アクションテーブル 26 へのポインタをキャッシュするのに加えて、アクションテーブル 26 のエントリー内のシーケンス番号をクッキーとしてキャッシュする。パケット処理部 16 はフローキャッシュテーブル 28 を検索し、ヒットした場合にフローキャッシュテーブル 28 に登録されたアクションテーブル 26 へのポインタに従い、アクションエントリーを

参照するが、このときフローキャッシュテーブル 28 内にキャッシュしたシーケンス番号のクッキーとアクションテーブル 26 に登録されている現在のシーケンス番号を比較する。両者が一致すれば、パケット処理部 16 はアクションテーブル 26 は前回から変更がないと判定し、パケット処理を継続する。一方、両者が一致しない場合、パケット処理部 16 はアクションテーブル 26 が変更されていると判定し、フローキャッシュエントリは無効であると判定する。このとき、パケット処理部 16 は、新規のフローキャッシュエントリを作成するために、ルールテーブル 24 の検索とアクションテーブル 26 の参照、フローキャッシュテーブル 28 の登録を行う。

[0025] かかる構成によると、フローキャッシュテーブル 28 によるルール検索高速化に加えて、フローキャッシュテーブル 28 をロックレスで実装することができ、パケット処理部 16 がフローキャッシュテーブル 28 にアクセスする際の待ち時間を解消し、パケット処理部 16 をソフトウェアで実装した場合におけるパケット処理の高速化が可能となる。

[0026] <実施形態 1 >

次に、第 1 の実施形態に係るパケット処理装置について、図面を参照して説明する。図 2 は、本実施形態のパケット処理装置 10 の構成を一例として示すブロック図である。

[0027] 図 2 を参照すると、パケット処理装置 10 は、ルール制御部 12、共有メモリ 14、および、パケット処理部 16 を備えている。共有メモリ 14 は、ルールテーブル 24 とアクションテーブル 26 を保持している。パケット処理部 16 は、ローカルメモリ 18 を有し、ローカルメモリ 18 上にフローキャッシュテーブル 28 を保持している。

[0028] 本実施形態では、ルールテーブル 24 の検索でヒットした場合に、その結果として得られるアクションテーブル 26 へのポインタ情報をパケット処理部 16 内のローカルなフローキャッシュテーブル 28 に登録する。同一のフローに属する後続パケットについては、パケット処理部 16 によるルールテーブル 24 の検索をバイパスし、フローキャッシュテーブル 28 を検索す

ることで検索処理を高速化する。

- [0029] ルール制御部 12 は、パケット処理で使用されるアクションテーブル 26 と、アクションテーブル 26 を検索するために使用されるルールテーブル 24 に対して、追加・変更・削除といった管理を行う。アクションテーブル 26 およびルールテーブル 24 はルール制御部 12 とパケット処理部 16 の双方からアクセスする必要があるため、共有メモリ 14 に実装される。
- [0030] パケット処理部 16 は、パケット受信時に、まず、ルールテーブル 24 を検索する。次に、パケット処理部 16 は、検索結果として得られるポインタに従って、アクションテーブル 26 内の該当アクションエントリーを参照し、アクションエントリーに従ってパケット処理する。
- [0031] ここで、同一のフローに属する後続のパケットについては、同一のアクションエントリーで処理することができる。そこで、パケット処理部 16 は、パケット処理後にフロー情報をキーとしたフローキャッシュエントリーを、パケット処理部 16 内のローカルメモリ上のフローキャッシュテーブル 28 に登録する。これにより、パケット処理部 16 によるアクションエントリーの検索を高速化することができる。
- [0032] また、パケット処理部 16 で作成したフローキャッシュテーブル 28 と、ルールテーブル 24 との間で同期をとる必要がある。同期をとるために、本実施形態では、以下の方法を採用する。
- [0033] ルール制御部 12 は、ルールテーブル 24 に対して、更新（例えば、追加・変更・削除など）を行う際、アクションテーブル 26 内にシーケンス番号を登録する。ここで、シーケンス番号とは、アクションテーブルを更新した際に、アクションテーブルの情報が書き換えられたことを示す情報をいう。一例として、シーケンス番号として、オーバフローしないような値（例えば、タイムスタンプ値等）を用いることができる。なお、本発明において、シーケンス番号は、タイムスタンプ値に限定されない。
- [0034] パケット処理部 16 は、フローキャッシュテーブル 28 の作成時に、アクションテーブル 26 内のシーケンス番号をクッキー情報としてキャッシュし

、フローキャッシュテーブル 28 内に登録する。

[0035] パケット処理部 16 は、フローキャッシュテーブル 28 を検索し、アクションテーブル 26 を参照する際に、フローキャッシュテーブル 28 内のシーケンス番号のクッキー情報と、アクションテーブル 26 内の現在のシーケンス番号とを比較する。両者が一致した場合、パケット処理部 16 は、ルールテーブル 24 が前回から更新されておらず、フローキャッシュテーブル 28 は有効であるものと判定して、処理を継続する。

[0036] 一方、両者が一致しない場合、パケット処理部 16 はルールテーブル 24 が前回参照してフローキャッシュエントリを作成した時点からルール制御部 12 によって更新されたものと判定し、フローキャッシュテーブル 28 の該当エントリは無効であると判定する。この場合、パケット処理部 16 は、フローキャッシュテーブル 28 の該当エントリに対する無効フラグを ON にする。また、パケット処理部 16 は、無効フラグを ON に設定後、新規のフローキャッシュエントリを作成するためにルールテーブル 24 を検索し、アクションテーブル 26 を参照する。このとき、検索がヒットすれば、パケット処理部 16 はヒットしたエントリに従ってパケットを処理する。また、パケット処理部 16 は、パケット処理後、フローキャッシュテーブル 28 に新しいエントリを登録する。

[0037] ただし、この方法だけでは、フローキャッシュテーブル 28 内の無効エントリが残存し、メモリリソースが枯渇するおそれがある。そこで、パケット処理部 16 は、フローキャッシュテーブル 28 を周期的に検索し、無効フラグが ON のエントリを特定する。パケット処理部 16 は、無効フラグが ON のエントリを特定すると、該当エントリの削除を行う。なお、フローキャッシュテーブル 28 から該当エントリを削除した際にテーブルの構成に変更が生じる場合には、併せて、テーブルの構成の変更(例えば、ハッシュテーブルをチェーン法で形成しているときには、チェーンの組み換え操作)を行う。

[0038] 次に、図面を参照して、本実施形態のパケット処理装置 10 の動作につい

て説明する。図3～図5は、パケット処理装置10の動作を一例として示すシーケンス図である。

[0039] 図3は、ルール制御部12によるルールテーブル24のルールの登録の動作と、パケット処理部16による同一のフローに属する1stパケットと2ndパケットの処理の動作を例示するシーケンス図である。

[0040] 図3を参照すると、ルール制御部12は、アクションテーブル26を検索するのに使用されるルールテーブル24に対して、更新（例えば、ルールの追加、変更または削除）を行う（ステップS2）。ルール制御部12は、ルールテーブル24に対して、追加、変更または削除を行う際、アクションテーブル26内にシーケンス番号を登録する（ステップS1）。

[0041] パケット処理部16が受信したパケットがファーストパケットである場合（ステップS3）、フローキャッシュテーブル28には、当該パケットに相当するフローキャッシュエントリが未登録である（ステップS4）。そこで、パケット処理部16は、ルールテーブル24を検索する（ステップS5）。次に、パケット処理部16は、検索結果として得られるポインターに従って、アクションテーブル26内の該当アクションエントリを参照し（ステップS6）、アクションエントリに従ってパケット処理する（ステップS7）。

[0042] また、パケット処理部16は、パケット処理の後、フロー情報をキーとしたフローキャッシュエントリを、パケット処理部16内のローカルメモリ上のフローキャッシュテーブル28に登録する（ステップS8）。なお、パケット処理部16は、フローキャッシュテーブルへのエントリの登録後（ステップS8）、パケットを処理（ステップS7）してもよい。

[0043] また、パケット処理部16は、フローキャッシュテーブル28の作成時に、アクションテーブル26内のシーケンス番号をクッキー情報としてキャッシュし、フローキャッシュテーブル28内に登録する。さらに、パケット処理部16は、登録したフローキャッシュエントリが有効であることを示すために、当該フローキャッシュエントリに対する無効フラグをOFFに設

定する。

- [0044] パケット処理部 16 は、同一のフローに属する 2 番目以降のパケットを受信すると（ステップ S 9）、フローキャッシュテーブル 28 を検索し（ステップ S 10）、アクションテーブル 26 を参照する際に（ステップ S 11）、フローキャッシュテーブル 28 内のシーケンス番号のクッキー情報と、アクションテーブル 26 内の現在のシーケンス番号を比較する。両者が一致した場合、パケット処理部 16 は、ルールテーブル 24 が前回から更新されておらず、フローキャッシュテーブル 28 は有効であると判定して、処理を継続する。すなわち、パケット処理部 16 は、フローキャッシュテーブル 28 に登録されたフローキャッシュエントリに従って得られたアクションテーブル 26 内のアクションエントリに基づいて、当該パケットを処理する（ステップ S 12）。
- [0045] 図 4 は、ルール制御部 12 がアクションテーブル 26 と、ルールテーブル 24 に対して、追加、変更または削除を行った場合のパケット処理装置 10 の動作を例示するシーケンス図である。
- [0046] 図 4 を参照すると、ルール制御部 12 は、ルールテーブル 24 に対して、追加、変更または削除を行う（ステップ S 22）。また、ルール制御部 12 は、ルールテーブル 24 に対して、追加、変更または削除を行う際、アクションテーブル 26 内に新たなシーケンス番号を登録する。
- [0047] パケット処理部 16 は、ルール制御部 12 よりルール変更後のパケットを受信すると（ステップ S 23）、フローキャッシュテーブル 28 を検索し（ステップ S 24）、アクションテーブル 26 を参照する際に（ステップ S 25）、フローキャッシュテーブル 28 内のシーケンス番号のクッキー情報と、アクションテーブル 26 内の現在のシーケンス番号とを比較する。後者のシーケンス番号はルール制御部 12 より新しい番号に更新されているため、両者は一致しない。そこで、パケット処理部 16 はルールテーブル 24 が前回参照してフローキャッシュエントリを作成した時点からルール制御部 12 によって更新されたものと判定し、フローキャッシュテーブル 28 の該当

エントリーは無効であると判定する。この場合、パケット処理部16は、フローキャッシュテーブル28の該当エントリーに対する無効フラグをONにする（ステップS26）。

[0048] また、パケット処理部16は、無効フラグをONに設定後、新規のフローキャッシュエントリーを作成するためにルールテーブル24を検索し（ステップS27）、検索したルールに従ってアクションテーブル26を参照する（ステップS28）。このとき、検索がヒットすれば、パケット処理部16はヒットしたエントリーに従ってパケットを処理する（ステップS29）。また、パケット処理部16は、パケット処理後、新しいエントリーをフローキャッシュテーブル28に登録する（ステップS30）。なお、パケット処理部16は、フローキャッシュテーブルへのエントリーの登録後（ステップS30）、パケットを処理（ステップS29）してもよい。

[0049] 図5は、フローキャッシュテーブル28内の無効エントリーを削除する動作を例示するシーケンス図である。図5を参照すると、パケット処理部16は、フローキャッシュテーブル28を周期的に検索し、無効フラグがONのエントリーを特定する（ステップS41）。パケット処理部16は、無効フラグがONのエントリーを特定すると、該当エントリーの削除とフローキャッシュテーブル28の更新を行う（ステップS42）。

[0050] 次に、本実施形態のパケット処理装置10による効果について説明する。ルールテーブル24の検索はパケット処理によっては複数回発生する。フローキャッシュテーブル28を用いることにより、複数回のルールテーブル24検索をバイパスし、一度のフローキャッシュテーブル28検索によりすべてのアクションを特定することができる。これにより、検索回数を削減でき、パケット処理を高速化することが可能となる。

[0051] また、ルールテーブル24の検索は完全一致検索とは限らない。最長一致検索やマスク検索、範囲指定エントリーの検索を行う場合、ソフトウェア処理ではハードウェア処理と比較して検索に多くの処理時間を要する。フローキャッシュテーブル28は完全一致検索で実装することができるため、例え

ば、ハッシュテーブルで実装することが可能である。ハッシュ検索によると、ソフトウェア処理であっても、ハードウェア処理に匹敵する高速な検索が可能となる。このように、フローキャッシュテーブル28によると、検索の高速化により、パケット処理を高速化することが可能となる。

[0052] さらに、本実施形態では、パケット処理部16がフローキャッシュテーブル28に対して追加・変更・削除処理を行い、他のプロセスがフローキャッシュテーブル28にアクセスすることがない。これにより、フローキャッシュテーブル28をロックレスで実装することができるため、パケット処理部16がアクセスする際に排他処理により待ち時間が発生しない。したがって、パケット処理部16(プロセッサ)の空転による無駄なコストが発生せず、パケット処理を高速化することができる。

[0053] <他の実施形態>

第1の実施形態では、パケット処理部16がフローキャッシュテーブル28を無効と判定した場合、該当エントリーの無効フラグをONに設定し、実際の削除処理とそれによるフローキャッシュテーブル28の更新処理は別途周期的な処理で実施するものとした。

[0054] 他の実施形態として、パケット処理部16は、フローキャッシュテーブル28が無効であると判定した際、該当エントリーを逐次削除処理するようにしてもよい。

[0055] また、第1の実施形態では、パケット処理部16がフローキャッシュテーブル28を無効と判定した場合、該当エントリーの無効フラグをONに設定し、実際の削除処理とそれによるフローキャッシュテーブル28の更新処理は別途周期的な処理で実施するものとした。

[0056] 他の実施形態として、別途、フローキャッシュエントリーリストテーブルを実装する方法も可能である。パケット処理部16はフローキャッシュテーブル28にエントリーを追加した際、フローキャッシュエントリーリストテーブルにもエントリーを追加する。パケット処理部16は該当エントリーを無効と判定した際、フローキャッシュテーブル28ではなく、フローキャッ

シュエントリーリストテーブルの該当エントリーに無効フラグを設定する。これにより、周期的な無効エントリーの検索処理時には、フローキャッシュテーブル28を検索する必要がなく、フローキャッシュエントリーリストテーブルを横断的に順次エントリー参照するだけで、検索なしで無効エントリーを特定することが可能になる。

[0057] 本発明は、一例として、NFV(Network Functions Virtualization)やSDN(Software-Defined Networking)のようなパケット処理をソフトウェアで実装する必要がある分野に適用することができる。

[0058] なお、本発明において、下記の形態が可能である。

[形態1]

上記第1の態様に係るパケット処理装置のとおりである。

[形態2]

前記ルール制御部は、前記ルールテーブルに含まれるルールを更新する際、該更新を識別する識別子を前記記憶部に記録し、

前記パケット処理部は、前記ポインターを蓄積する際、前記記憶部に記録された識別子を保持する

形態1に記載のパケット処理装置。

[形態3]

前記パケット処理部は、前記保持した識別子と前記ルール制御部により前記記憶部に記録された識別子を比較することにより、前記ポインターを蓄積した後、前記ルール制御部により前記ルールテーブルが更新されたか否かを判定する

形態2に記載のパケット処理装置。

[形態4]

前記パケット処理部は、前記保持した識別子と前記ルール制御部により前記記憶部に記録された識別子が一致しない場合、前記蓄積したポインターを無効化する

形態2または3に記載のパケット処理装置。

[形態5]

前記パケット処理部は、前記蓄積したポインタのうち無効化されたものを所定のタイミングで特定し、特定したポインタを削除する

形態4に記載のパケット処理装置。

[形態6]

前記パケット処理部は、前記蓄積したポインタのうち無効化されたものを所定の周期で、または、無効化された際に削除する

形態5に記載のパケット処理装置。

[形態7]

前記パケット処理部は、検索したアクションに対するポインタを蓄積するフローキャッシュテーブルと、

前記フローキャッシュテーブルに蓄積したポインタの有効性を示すフラグを蓄積するフラグテーブルと、を有し、

前記蓄積したポインタが無効化されると、無効化されたポインタに対応するフラグを前記フラグテーブルにおいて無効に設定し、前記所定の周期で前記フラグテーブルを参照することにより、無効化されたポインタを特定する

形態6に記載のパケット処理装置。

[形態8]

上記第2の態様に係るパケット処理方法のとおりである。

[形態9]

前記第1のプロセスは、前記ルールテーブルに含まれるルールを更新する際、該更新を識別する識別子を前記記憶部に記録し、

前記第2のプロセスは、前記ポインタを蓄積する際、前記記憶部に記録された識別子を保持する

形態8に記載のパケット処理方法。

[形態10]

前記第2のプロセスは、前記保持した識別子と前記第1のプロセスにより

前記記憶部に記録された識別子を比較することにより、前記ポインタを蓄積した後、前記第 1 のプロセスにより前記ルールテーブルが更新されたか否かを判定する

形態 9 に記載の packets 処理方法。

[形態 1 1]

前記第 2 のプロセスは、前記保持した識別子と前記第 1 のプロセスにより前記記憶部に記録された識別子が一致しない場合、前記蓄積したポインタを無効化する

形態 9 または 1 0 に記載の packets 処理方法。

[形態 1 2]

上記第 3 の態様に係るプログラムのとおりである。

[形態 1 3]

前記第 1 のプロセスは、前記ルールテーブルに含まれるルールを更新する際、該更新を識別する識別子を前記記憶部に記録し、

前記第 2 のプロセスは、前記ポインタを蓄積する際、前記記憶部に記録された識別子を保持する

形態 1 2 に記載のプログラム。

[形態 1 4]

前記第 2 のプロセスは、前記保持した識別子と前記第 1 のプロセスにより前記記憶部に記録された識別子を比較することにより、前記ポインタを蓄積した後、前記第 1 のプロセスにより前記ルールテーブルが更新されたか否かを判定する

形態 1 3 に記載のプログラム。

[形態 1 5]

前記第 2 のプロセスは、前記保持した識別子と前記第 1 のプロセスにより前記記憶部に記録された識別子が一致しない場合、前記蓄積したポインタを無効化する

形態 1 3 または 1 4 に記載のプログラム。

[0059] なお、上記非特許文献の全開示内容は、本書に引用をもって繰り込み記載されているものとする。本発明の全開示（請求の範囲を含む）の枠内において、さらにその基本的技術思想に基づいて、実施形態の変更・調整が可能である。また、本発明の全開示の枠内において種々の開示要素（各請求項の各要素、各実施形態の各要素、各図面の各要素等を含む）の多様な組み合わせ、ないし、選択が可能である。すなわち、本発明は、請求の範囲を含む全開示、技術的思想にしたがって当業者であればなし得るであろう各種変形、修正を含むことは勿論である。特に、本書に記載した数値範囲については、当該範囲内に含まれる任意の数値ないし小範囲が、別段の記載のない場合でも具体的に記載されているものと解釈されるべきである。

符号の説明

- [0060] 10 パケット処理装置
12 ルール制御部
13 記憶部
14 共有メモリ
16 パケット処理部
18 ローカルメモリ
24 ルールテーブル
26 アクションテーブル
28 フローキャッシュテーブル

請求の範囲

- [請求項1] パケットの処理内容を規定するアクションを含むアクションテーブルと、パケットに適用するアクションを検索するためのルールを含むルールテーブルを保持する記憶部と、
- 前記ルールテーブルに含まれるルールを更新するルール制御部と、
- 受信したパケットに適用するアクションを、前記ルールテーブルを用いて前記アクションテーブルから検索し、検索したアクションに従って該パケットを処理するとともに、検索したアクションに対するポインタを蓄積するパケット処理部と、を備え、
- 前記パケット処理部は、前記ポインタを蓄積した後、前記ルール制御部により前記ルールテーブルが更新されたか否かを判定し、更新されていない場合、受信したパケットに適用するアクションを前記蓄積したポインタに従って前記アクションテーブルから抽出することを特徴とするパケット処理装置。
- [請求項2] 前記ルール制御部は、前記ルールテーブルに含まれるルールを更新する際、該更新を識別する識別子を前記記憶部に記録し、
- 前記パケット処理部は、前記ポインタを蓄積する際、前記記憶部に記録された識別子を保持する
- 請求項1に記載のパケット処理装置。
- [請求項3] 前記パケット処理部は、前記保持した識別子と前記ルール制御部により前記記憶部に記録された識別子を比較することにより、前記ポインタを蓄積した後、前記ルール制御部により前記ルールテーブルが更新されたか否かを判定する
- 請求項2に記載のパケット処理装置。
- [請求項4] 前記パケット処理部は、前記保持した識別子と前記ルール制御部により前記記憶部に記録された識別子が一致しない場合、前記蓄積したポインタを無効化する
- 請求項2または3に記載のパケット処理装置。

[請求項5] 前記パケット処理部は、前記蓄積したポインタのうちは無効化されたものを所定のタイミングで特定し、特定したポインタを削除する

請求項4に記載のパケット処理装置。

[請求項6] 前記パケット処理部は、前記蓄積したポインタのうちは無効化されたものを所定の周期で、または、無効化された際に削除する

請求項5に記載のパケット処理装置。

[請求項7] 前記パケット処理部は、検索したアクションに対するポインタを蓄積するフローキャッシュテーブルと、

前記フローキャッシュテーブルに蓄積したポインタの有効性を示すフラグを蓄積するフラグテーブルと、を有し、

前記蓄積したポインタが無効化されると、無効化されたポインタに対応するフラグを前記フラグテーブルにおいて無効に設定し、前記所定の周期で前記フラグテーブルを参照することにより、無効化されたポインタを特定する

請求項6に記載のパケット処理装置。

[請求項8] コンピュータが、パケットの処理内容を規定するアクションを含むアクションテーブルと、パケットに適用するアクションを検索するためのルールを含むルールテーブルを記憶部に保持する工程と、

第1のプロセスが、前記ルールテーブルに含まれるルールを更新する工程と、

第2のプロセスが、受信したパケットに適用するアクションを、前記ルールテーブルを用いて前記アクションテーブルから検索し、検索したアクションに従って該パケットを処理するとともに、検索したアクションに対するポインタを蓄積する工程と、

前記第2のプロセスが、前記ポインタを蓄積した後、前記第1のプロセスにより前記ルールテーブルが更新されたか否かを判定し、更新されていない場合、受信したパケットに適用するアクションを前記

蓄積したポインタに従って前記アクションテーブルから抽出する工程と、を含む

ことを特徴とするパケット処理方法。

[請求項9] 前記第1のプロセスは、前記ルールテーブルに含まれるルールを更新する際、該更新を識別する識別子を前記記憶部に記録し、

前記第2のプロセスは、前記ポインタを蓄積する際、前記記憶部に記録された識別子を保持する

請求項8に記載のパケット処理方法。

[請求項10] パケットの処理内容を規定するアクションを含むアクションテーブルと、パケットに適用するアクションを検索するためのルールを含むルールテーブルを記憶部に保持する処理と、

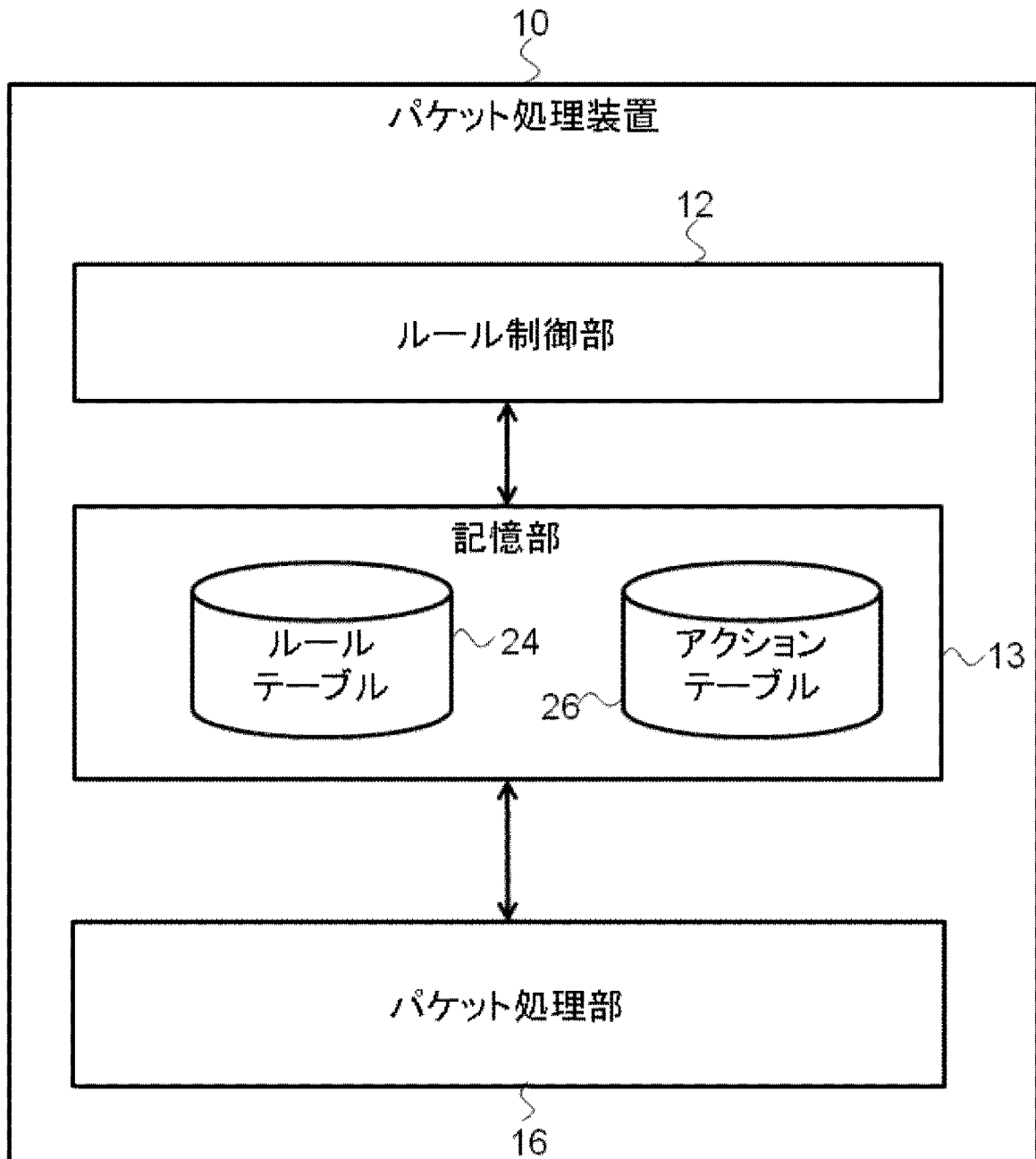
第1のプロセスが、前記ルールテーブルに含まれるルールを更新する処理と、

第2のプロセスが、受信したパケットに適用するアクションを、前記ルールテーブルを用いて前記アクションテーブルから検索し、検索したアクションに従って該パケットを処理するとともに、検索したアクションに対するポインタを蓄積する処理と、

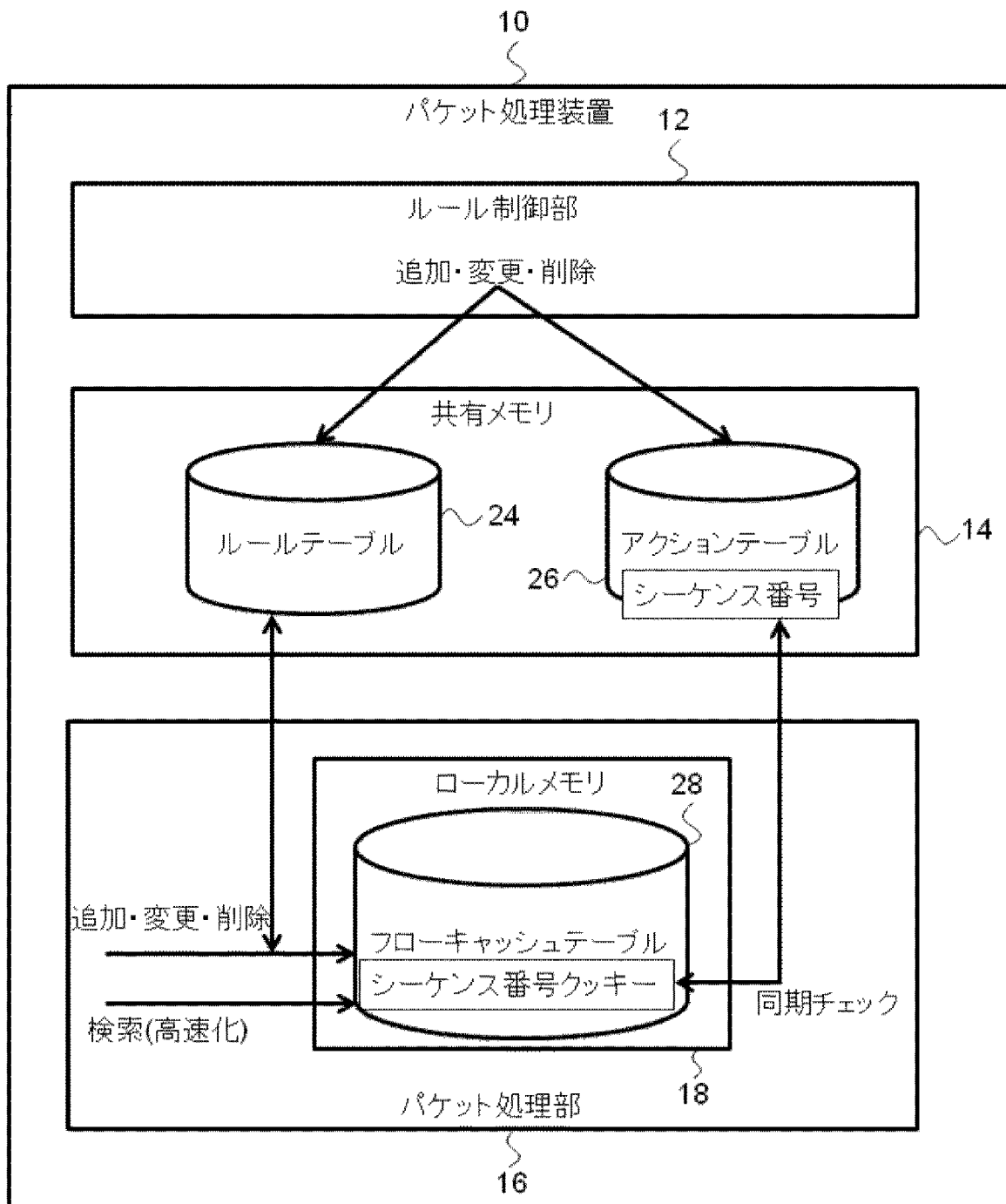
前記第2のプロセスが、前記ポインタを蓄積した後、前記第1のプロセスにより前記ルールテーブルが更新されたか否かを判定し、更新されていない場合、受信したパケットに適用するアクションを前記蓄積したポインタに従って前記アクションテーブルから抽出する処理と、をコンピュータに実行させる

ことを特徴とするプログラム。

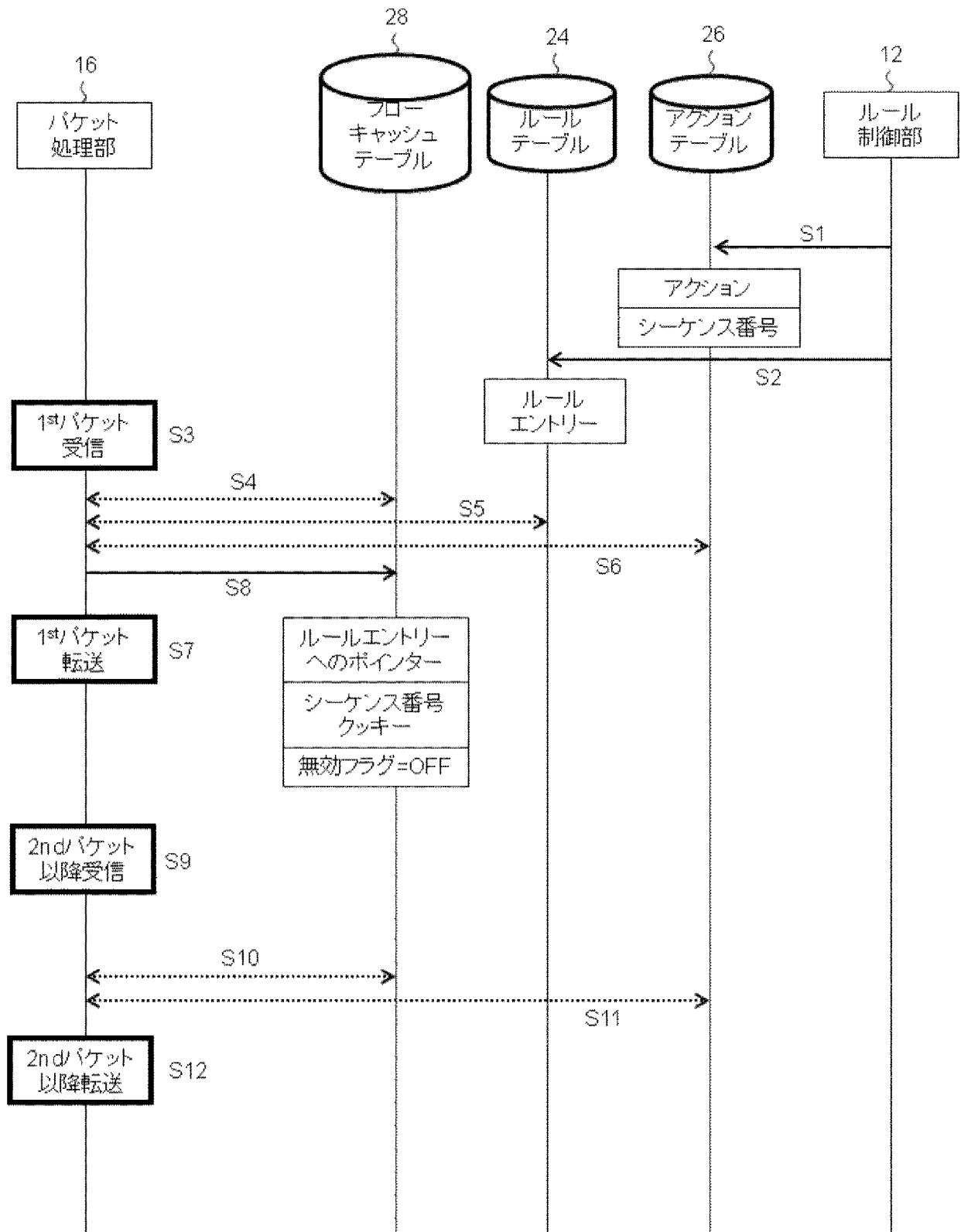
[図1]



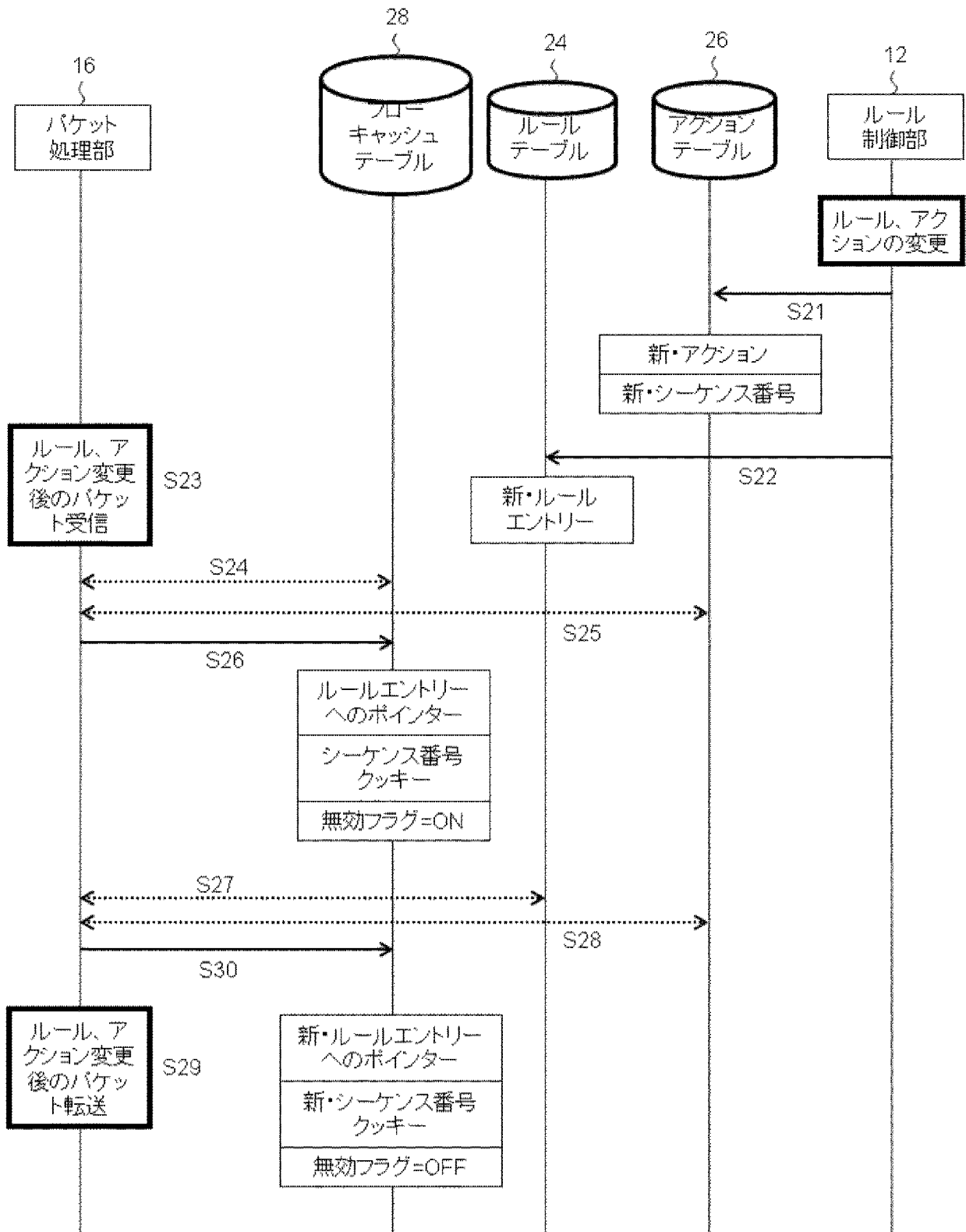
[図2]



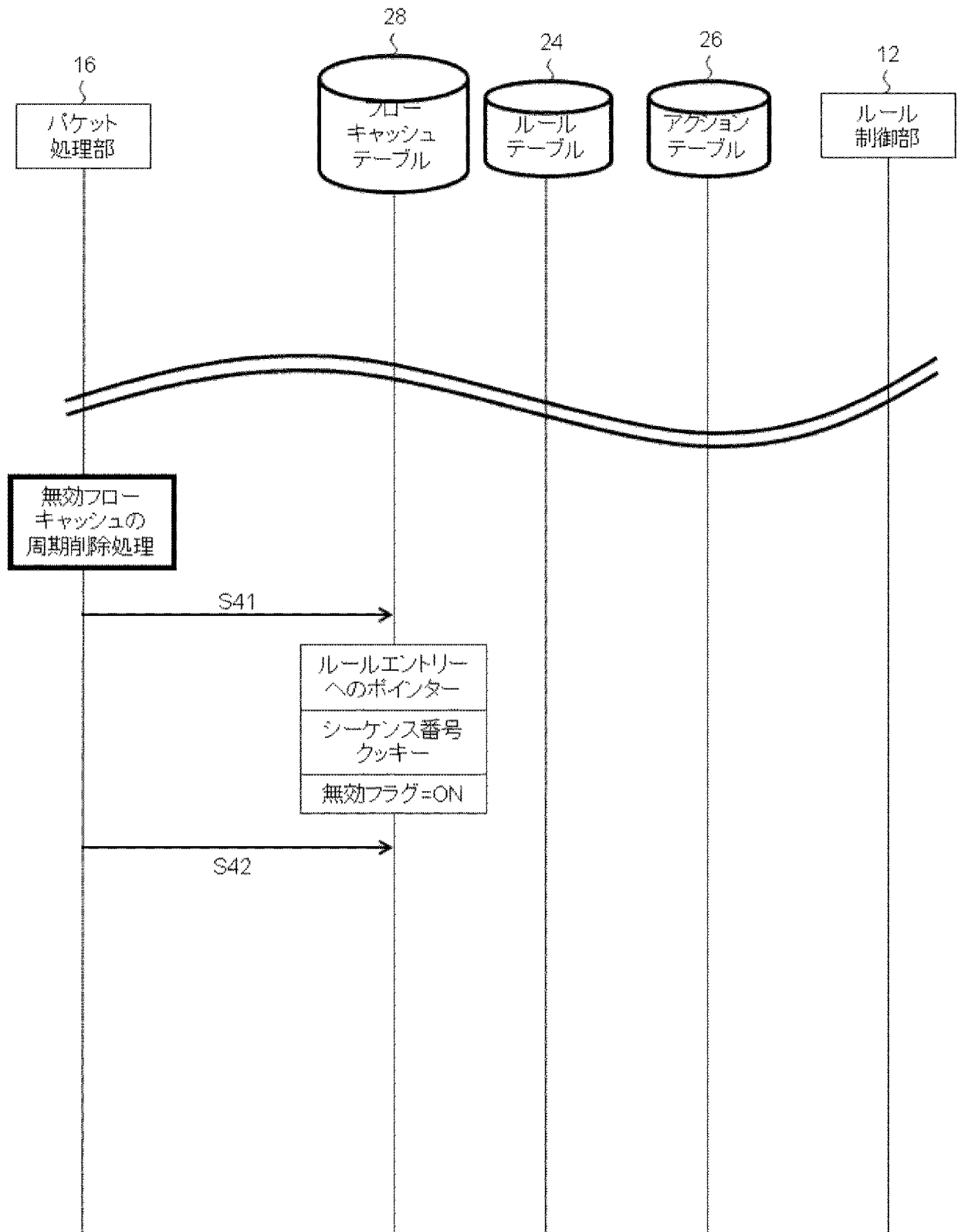
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/056143

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04L12/741(2013.01)i, H04L12/717(2013.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H04L12/741, H04L12/717

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2012/105677 A1 (NEC Corp.), 09 August 2012 (09.08.2012), claims (Family: none)	1-10
A	JP 11-163940 A (Lucent Technologies Inc.), 18 June 1999 (18.06.1999), claims & US 6141749 A & EP 909072 A2	1-10
A	JP 2000-89957 A (Nippon Steel Corp.), 31 March 2000 (31.03.2000), claims (Family: none)	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 20 May 2015 (20.05.15)	Date of mailing of the international search report 02 June 2015 (02.06.15)
---	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H04L12/741(2013.01)i, H04L12/717(2013.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H04L12/741, H04L12/717		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2012/105677 A1（日本電気株式会社）2012.08.09, 請求の範囲（ファミリーなし）	1-10
A	JP 11-163940 A（ルーセント テクノロジーズ インコーポレイテ ッド）1999.06.18, 特許請求の範囲 & US 6141749 A & EP 909072 A2	1-10
A	JP 2000-89957 A（新日本製鐵株式会社）2000.03.31, 特許請求の範囲（ファミリーなし）	1-10
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 20.05.2015	国際調査報告の発送日 02.06.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 衣鳩 文彦 電話番号 03-3581-1101 内線 3596	5 X 9 1 9 9