

SDNにおける一貫性を保持した TCAM ルール分割

日大生産工(学部) ○菅 立弥

日大生産工 新井 雅之

1 はじめに

近年, SDN (Software Defined Network)が, ネットワーク制御の容易化と新しいネットワークプロトコルやポリシーの開発容易化の面から注目を集めている[1].

SDNのスイッチは, TCAM (Ternary Content Addressable Memory) によって実装されている. TCAMはすべてのルールエントリに対して同時に並列処理を行うため, 処理速度向上に貢献している. しかし, 電力消費量が大きいため, サイズに上限が存在する[2]. Kanizoらは, この課題を改善するため, ネットワークにテーブルを分散させるフレームワーク Palette を提案した[3]. しかし, Paletteでは事前にルール間の依存性を調査し, 互いに依存性の無いサブテーブルに分割する必要がある.

本稿では, チェックビットに基づく, 一貫性を保持したTCAMルール分割法について提案する. 提案手法では最も優先度の高いルールとマッチングしたパケットに対して以降の照合を行わないため, 依存性を考慮せずにルール分割が可能になる. 提案手法の概要と動作例について示す.

2 関連研究

2-1. SDN (Software Defined Network)

SDNは, ソフトウェアの操作だけで動的にネットワークの構築, 性能の設定・変更が行えるネットワーク, または, それを目指す概念である. SDNでは, 各機器を一元管理することによってネットワークを一括で設定できるため, 運用管理が容易になり, コストや時間を削減できる.

SDNでは, 経路上のスイッチでパケットを受信した際, ルールテーブルに基づいてアクションを実行するかを決める. パケットの情報がルールと一致した場合, 対応するアクションを行う. 複数のルールとマッチした場合は, 優先度の高い方のアクションを実施する. マッチングルールには, 宛先MACアドレスや送信元IPア

ドレス等を設定でき, パケットの破棄や指定したスイッチのポートへの出力等, パケットごとに異なるアクションを指定できる.

2-2. TCAMとサブテーブル分割手法

SDNスイッチでは, 並列処理による検索の高速化のため, TCAM (Ternary Content Addressable Memory)を用いてルールテーブルを保持する. TCAMは0と1に加えて*(Don't Care)の3値を用いるため, 柔軟なルールの記述及びマッチングが可能である. しかし, 回路サイズと消費電力の面から, 保持可能なルールテーブルのサイズに制限が存在する. 文献[2]においては, テーブルサイズの上限は750エントリであると報告されている.

この問題を解決するため, ルールテーブルを分割してネットワーク全体に分散させるサブテーブル分割手法がいくつか提案されている. サブテーブル分割手法の例を図1に示す. 元のルールテーブルをサブテーブルに分割し, 各フローのパケットが全てのサブテーブルを通過するように, フロー上の各スイッチにサブテーブルを配置する. サブテーブル分割手法のひとつであるPaletteでは, サブテーブル分割問題をグラフ彩色問題として定式化し, Greedyアルゴリズムを用いて最大彩色数を探索する[2].

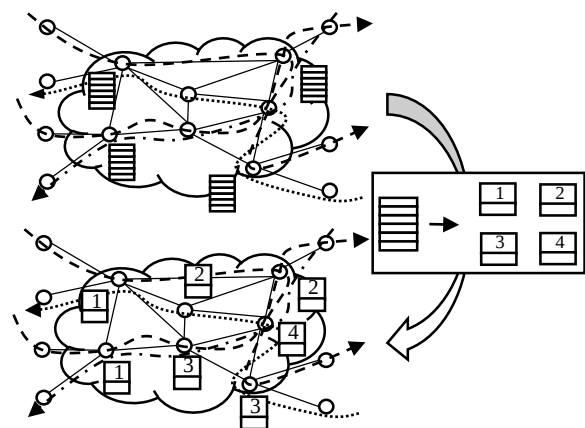


図 1. ネットワーク全体へのテーブル分散

3 提案手法

3-1. 提案手法の概要

本研究ではチェックビットを用いた一貫性のあるサブテーブル分割手法について提案する。

パケットのIPヘッダの中の1ビットをチェックビットとして使用する。各スイッチは、サブテーブルを持ち、受信したパケットのうちチェックビットが0であるようなもののみサブテーブルとの照合を行う。ルールとマッチした場合は対応するアクションを実行し、パケットのチェックビットを1にする。パスの最後のスイッチの出力においてチェックビットが1であった場合は、チェックビットを0に戻す。パケットが全てのルールと一致しなかった場合には、デフォルトルールが適用される。このため、デフォルトルールはパスの最終スイッチに配置される。

提案手法では、ルールのマッチングが最大1回しか行われなため、サブテーブルのルールが元のテーブルの順番通りであれば同一の動作が保証される。すなわち、ルール間に依存性が存在するルールテーブルを自由に分割することが可能である。

図2にIPv4におけるIPヘッダを示す。サービスタイプフィールドには予備領域が2ビットあり、現状では未使用のため、このビットを提案手法のチェックビットとして用いることが可能である。

提案手法の動作を図3を用いて説明する。ネットワーク内のフローP1上にあるパケットが転送される場合を示している。P1は、S1、S2、S4のスイッチを持つ。各スイッチには、ルールR1~R9から構成される元のテーブルを3分割したサブテーブルT1~T3が順番に配置されている。ルール番号が小さいほど優先順位が高いものとする。ここで、このパケットはR5とR8と一致し、優先順位の高いR5がマッチするものとする。

最初にパケットが通過するS1は、チェックビットが0であるため通常の照合を行う。一致するルールがないため、チェックビットを0にしたままパケットをS2へ転送する。S2は、チェックビットが0であるため照合を行う。R5のルールがマッチするため、対応するアクションを実行し、チェックビットを1にしてS4に転送する。S4は、チェックビットが1であるため、パケットの照合を行わない。最後は、チェックビットを0に戻す。

4 まとめ

本研究では、チェックビットを用いた一貫性のあるSDNサブテーブル分割手法を提案した。提案手法では、ルール間に依存性のあるサブテーブル分割が可能である。

今後、評価用シミュレーションを作成し、一貫性について確認する予定である。

参考文献

- [1] N. MaKeown et al., "OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks," ACM SIGCOMM Computer Communication, Vol. 38, No. 2, pp. 69-74, April 2008.
- [2] J. P. Sheu, et al., "Efficient TCAM Rules Distribution Algorithms in Software-Defined Networking," IEEE Transactions on Network and Service Management, Vol. 15, No. 2, pp. 854-865, June 2018.
- [3] Y. Kanizo, et al., "Palette: Distributing Tables in Software-Defined Networks," IEEE INFOCOM, pp. 545-549, April 2013.
- [4] D. E. Comer著, 村井純, 楠本博之訳, TCP/IPによるネットワーク構築, 共立出版, 2002年.

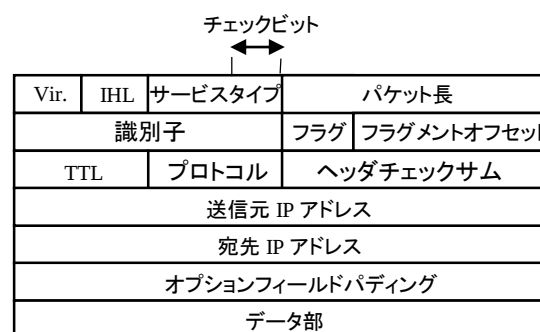


図 2. IPv4 ヘッダとチェックビットの格納場所

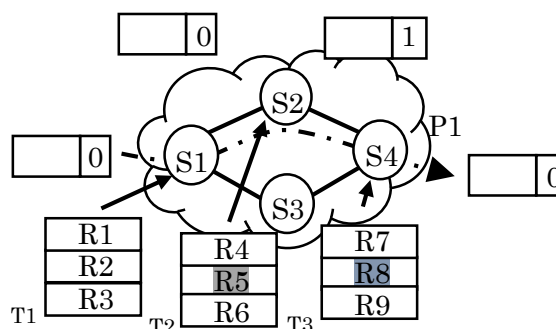


図 3. チェックビットを用いたルール分割