

九州工業大学学術機関リポジトリ



Title	Representation of Classification Functions by Head-Tail Expressions
Author(s)	Infall, Syafalni
Issue Date	2014-03-25
URL	http://hdl.handle.net/10228/5218
Rights	

氏名	Infall Syafalni(インドネシア)
学位の種類	博士(情報工学)
学位記記号	情工博甲第291号
学位授与の日付	平成26年3月25日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Representation of Classification Functions by Head-Tail Expressions (ヘッド・テイル式を用いた分類関数の表現法)
論文審査委員	主査 教授 梶原 誠司 教授 温 暁青 教授 中村 和之 教授 藤原 暁宏 教授 笹尾 勤

学位論文内容の要旨

パケット分類は、ファイアーウォール、アクセス制御リスト、およびネットワークアドレス変換器等で用いる。パケット分類を高速に実行するため、三値連想メモリ(TCAM)を用いることが多いが、TCAMは、消費電力が大きく価格も高い。従って、TCAMの大きさの削減が重要である。パケット分類では、区間関数を表現する必要があるが、区間関数を率直に表現すると大きなTCAMが必要である。

本論文は、パケット分類のための分類関数の表現法および、そのTCAMでの構成法に関して纏めたものであり、7章から構成されている。本論文の主たる成果は以下の通りである。

第1の成果：区間関数を表現する第1の方法として、まず、プレフィックス論理和形(PreSOP)を提案し、区間の表現に必要なPreSOP中の積項数を導いている。次に、与えられた積項数で表現可能な n 変数区間関数の個数を導いている。最後に、 n が十分大きいとき、99.9%以上の n 変数区間関数は、 $(3/2)^{n-1}$ 個の積項を用いて表現可能なことを示している。

第2の成果：区間関数を表現する第2の方法としてヘッドテイル式(HT)を提案している。ヘッドテイル式は、GT(X:A)関数、LT(X:B)関数、区間関数 $IN_0(X:A,B)$ をPreSOPや論理和形(SOP)よりも効率よく表現する。

本論文では、ヘッドテイル式を用いると区間関数を n 語のTCAMで表現可能であることを示している。また、区間関数を表現する際に必要な因子の個数の平均値を $n=16$ まで計算機シミュレーションで求めている。ここで、 n は、区間の最大値を2進数で表現するために必要なビット数である。また、 n の値が十分大きいとき、 n 変数の区間関数を表現するためには、 $(2/3)^{n-5/9}$ 因子のヘッドテイル式で表現可能であると推測している。また、実験の結果、 $n \geq 10$ のとき、HTを用いると、最小論理和形(MSOP)に比べ、区間関数の表現に必要な因子数を少なくとも20%削減できることを示している。

第3の成果：単一フィールド分類関数に対してヘッドテイル式を生成する方法を示している。最初

に、高速のPreSOP生成プログラム (FP)を示している。FPは区間の終端点のビット パターンからPreSOPを直接生成する。次に、ヘッドテイル式直接生成プログラム (DHT)を示している。実験の結果、DHTは、FPに比べ、はるかに小型のTCAMを生成することを示している。

第4の成果： 複数フィールド分類関数に対してパケット分類用のTCAMのルールを簡単化する方法を示している。まず、最初に、発信元アドレス、宛先アドレスおよびプロトコルが等しいルール同士を一つのグループにまとめる、次に、各グループで冗長なルールを除去して、ルール数を削減する。このアルゴリズムを実行する計算機プログラムを開発した。実験の結果、ACL5ルールでは、元のルール数の57%まで、ACL3ルールでは、元のルール数の73%まで、ルール全体では、元のルール数の87%まで削減できた。次に、複数フィールド分類関数に対してヘッドテイル式を用いてTCAMの語数を削減する方法を示している。

更に、フィールド数が2の分類関数に対して、簡単化TCAMを生成する、 $O(r^2)$ アルゴリズムMFHTを示している、ここで、 r はルール数である。実験の結果、MFHTは、ランダムなルール集合に対しては、ルール数を58%削減し、ACLやFWルールに対してはルール数を52%削減している。また MFHTは高速である。

以上、本論文の結果は、パケット分類用のTCAMの簡単化に有用である。

学位論文審査の結果の要旨

本論文は、パケット分類のための分類関数の表現法および、そのTCAMでの構成法に関して纏めたものである。特に、区間関数をCAMで能率よく表現する方法について述べており、パケット分類用のTCAMの簡単化に有用であり、TCAMの設計法の発展に貢献するところが大きい。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（情報工学）の学位に十分値するものであると判断した。