

APEX CAM を使用したスイッチおよびルータの設計法

イントロダクション

CAM (Content-Addressable Memory) を使用することによって、テーブル内にある特定のアイテムを短時間でサーチする機能を実現することができます。この場合、データはユーザまたはシステムからCAMに供給され、CAMは与えられた情報から要求されているデータのアドレスを出力します。

CAMは、スイッチやルータにおけるサーチ動作を高速化するとき特に便利な機能となります。このWhite Paperは、下記に示す各アプリケーションにおけるAPEX™ CAMの使用方法を解説したものです。

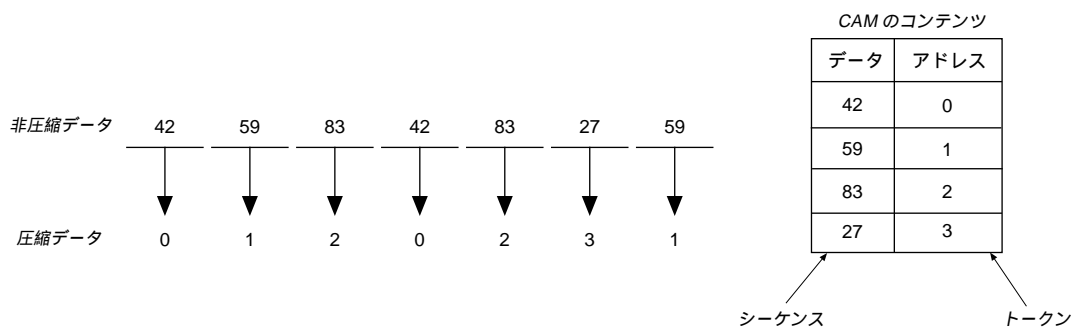
- データ圧縮
- ネットワーク・スイッチ
- インターネット・プロトコルのフィルタリング
- インターネット・プロトコルのアドレス・リゾリューション
- マルチ・プロトコル・ラベル・スイッチング

データ圧縮

データ圧縮によって冗長な情報が除去されると、システムの帯域幅が増加し、トラフィック・フローが高速化されます。データ圧縮のアルゴリズムでは、ほとんどの時間がデータ構造のサーチと維持に消費されますが、データ構造をハードウェアのサーチ・エンジンで置換することによって、アルゴリズムのスループットを向上させることができます。

データ圧縮では、長いビット数のデータが短いビット数のデータに置換されます。例えば、8ビットの数値を2ビットの数値で表現することができます。これらの変換はCAMを使用して実行することが可能です。8ビットの数値はCAM内のデータと比較され、CAMブロック内のアドレスが2ビットに圧縮された数値になっています。図1では、CAMが42の数値を受信すると、この数値がCAMブロック内のすべてのデータと比較され、圧縮された数値がCAMから出力されています。

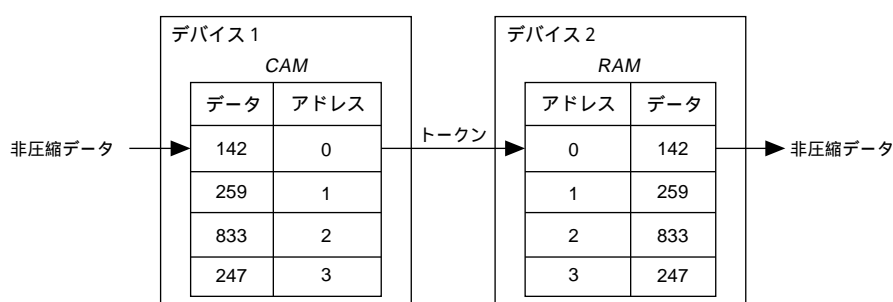
図1 CAMを使用したデータ圧縮



圧縮アルゴリズムでは、頻繁に発生するシーケンスがトークンに置換されます。トークンはシーケンスよりも短いビット数になるため、データのストリームが圧縮されます。あるワードをデータとしてCAMブロックに与えると、CAMがこのワードと一致するアドレスを出力します。ここで、このアドレスがシーケンスに対応したトークンとなります。CAMが入力レジスタに与えられたワードのビット・パターンに一致するコードを発見すると、対応するシンボルまたはトークンを出力し、入力レジスタをクリアします。CAM内に一致するコードが発見されなかった場合は、別のワードがシフト・インされます。一致するデータが発見されなかったワードはエスケープ・コードをストアしておき、データが圧縮されなかったことがわかります。CAMはテーブルのサイズやサーチ・リストの長さに関係なく、単独の動作で結果を生成します。このため、アルゴリズムの一部分に希薄なデータで構成されるテーブルを使用するデータ圧縮の方法にはCAMを使用するのが最適です。

最初のデバイスである、CAMブロックから供給された圧縮データまたはトークンを解凍するときは、もう一方のデバイスとしてRAMが使用できます。RAMの内部では、圧縮データまたはトークンが非圧縮データのストアされているアドレスに対応しています。図2は、データの圧縮と解凍がCAMとRAMの2つのデバイスで実行される様子を示しています。

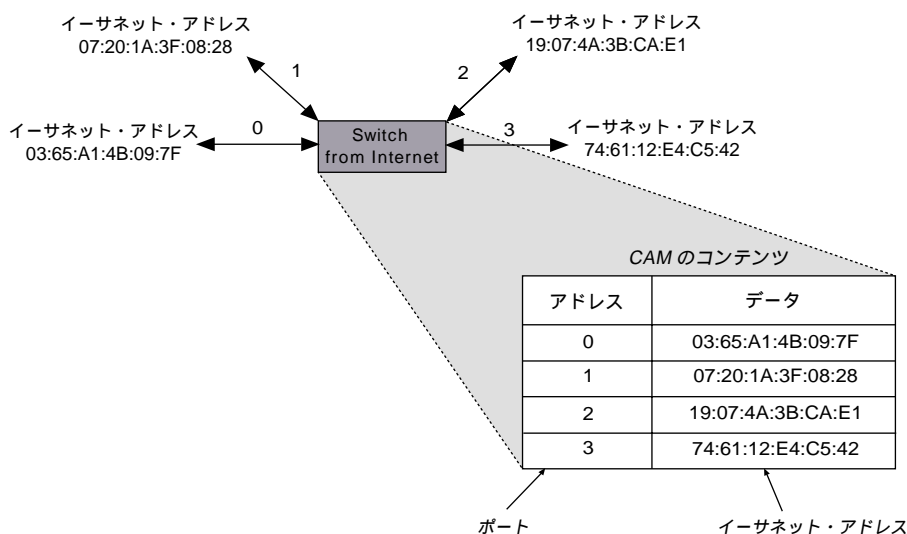
図2 CAMとRAMの2つのデバイスを使用した圧縮と解凍



ネットワーク・スイッチ

CAMは、入力されたデータ・パケットからアドレス情報を抽出、処理するスイッチのアプリケーションにも使用することができます。CAMは、ストアされている転送先のアドレスとの比較を行い、パケットを正しい出力ポートにスイッチングします。図3では、ネットワーク・スイッチがCAMにストアされているイーサネット・アドレスとスイッチ・ポート番号をベースにして、入力されたパケットを4種類の転送先のいずれかひとつに接続します。この場合、CAMは受信したパケットのアドレスとストアされているアドレス・ポート番号を比較します。比較動作で一致したデータが発見されたときは、ルーティング・コントロール機能によりパケットが適切な転送先ポートに送信されます。

図3 ネットワーク・スイッチにCAMを使用する方法

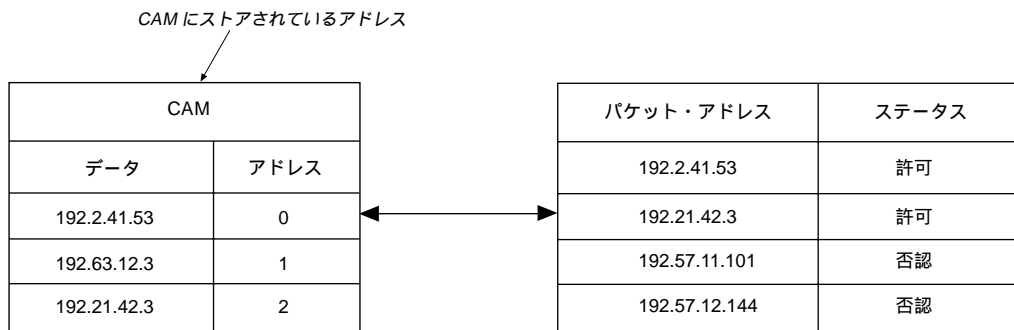


IP フィルタ

IPフィルタは、許可されていないローカル・エリア・ネットワーク (LAN) へのアクセスやワイド・エリア・ネットワーク (WAN) 上のトラフィックを制限します。LAN 上でのインターネット・トラフィックを制限することによって、管理者は LAN に接続された各ワークステーションに電子メール (e-mail) などの特定のインターネット・アプリケーションを使用する許可を与えることができます。フィルタはソフトウェアで実現することができ、またハードウェアで実現して性能とセキュリティをコントロールすることもできます。

ネットワーク上で転送が許可されているパケットの送信元 (ソ - ス) アドレスまたは転送先 (ディスティネーション) アドレスを CAM にストアしておくことによって、IP フィルタの性能を改善することができます。CAM はアドレス情報を受信すると、このアドレスとストアされているアドレスのリストを比較します。一致するアドレスが発見された場合は、パケットが転送先に送信されます。一致するアドレスが発見されなかったときは、パケットは転送されません。図 4 はこのプロセスの例を示したものです。

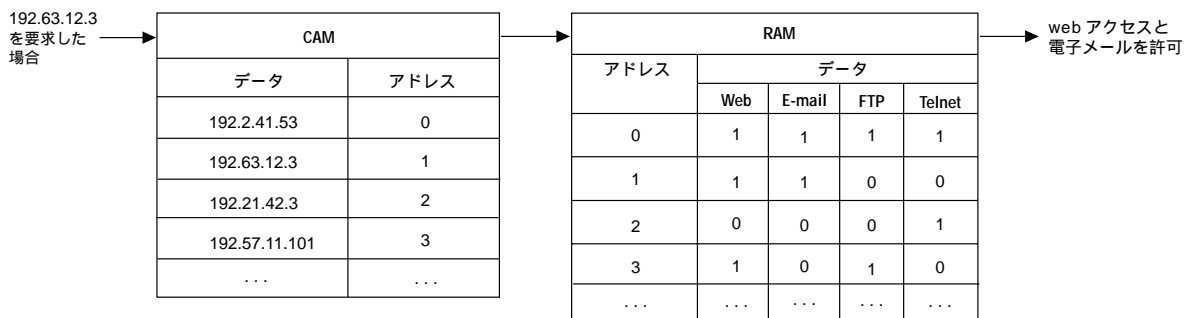
図 4 IP フィルタとして CAM を使用する方法



複数のアプリケーションによる LAN のアクセスが要求される場合は、CAM と RAM を組み合わせることによって、複数のアプリケーション・フィルタを構成することができます。この場合、CAM にはパケットの送信元または転送先アドレスをストアしておき、RAM に許可を示すコードをストアしておきます。ここで、RAM の各ビットで特定のアプリケーションを許可するかどうかを表します。

図 5 の例は、要求されたパケットのアドレスには web サイトと電子メールのアクセスが許可されていることを示しています。

図 5 複数のアプリケーションを許可する IP フィルタ



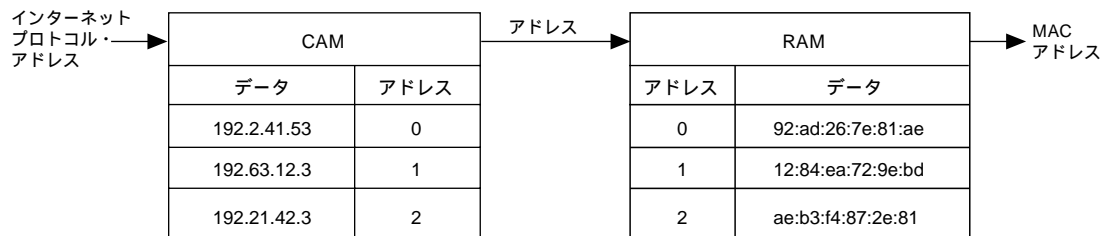
インターネット・プロトコル・アドレス・リゾリューション

インターネット・プロトコル・アドレス・リゾリューションは、レイヤ-3のスイッチでインターネット・プロトコル・アドレスからイーサネット・アドレスまたはMAC (Media Access Control) アドレスへの変換、およびその逆の変換を行うときに使用されます。インターネット・プロトコル・アドレスは32ビットの値でデータを送信または受信できるネットワーク上の各デバイスを特定します。インターネットを通じたデータ送信を行うとき、TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) のインターネット・プロトコル部によって送信側のインターネット・プロトコル・アドレスと受信側のインターネット・プロトコル・アドレスがパケット内に入れられます。パケット内に送信に必要なすべての情報が含まれていれば、TCP/IP のスタックがインターネットを通じてパケット全体を要求される転送先に送信します。転送先ではデータを受信して、受信したインターネット・プロトコル・アドレスを用いてソース (送信者) 側へレスポンスを返すことができます。

MAC アドレスまたはイーサネット・アドレスは、ハードウェア・デバイス (PC など) が製造されたときに割り当てられる個別の物理アドレスです。コンピュータが LAN に接続されると、関連テーブルによってインターネット・プロトコル・アドレスがデバイスの MAC アドレスに対応付けられます。CAM と RAM を組み合わせてこのテーブルを構成し、各 MAC アドレスとこれに対応したインターネット・プロトコル・アドレスをストアしておくことによって、双方向でのアドレス変換を実行することができます。CAM の内部にはインターネット・プロトコル・アドレスをストアしておき、これに対応する MAC アドレスまたはイーサネット・アドレスがストアされている RAM のアドレスが出力されるようにします。

アドレス・リゾリューション・プロトコル (ARP) は、インターネット・プロトコル・アドレスをローカル・ネットワークで認識される MAC アドレスにマッピングする目的で使用されます。ホスト・マシンがパケットを受信すると、ARP によってパケットの転送先のアドレスがそのネットワーク上にあることを検証するサーチ動作が実行されます。CAM と RAM を組み合わせて実現される ARP は、インターネット・プロトコル・アドレスを CAM のテーブル内にストアされている内容と比較し、RAM 内にある対応する MAC アドレスを探し出す動作を行います。CAM 内に一致するインターネット・プロトコル・アドレスが含まれていれば、パケットを適切な長さフォーマットに変換して転送先のデバイスに送信することができます。一致するアドレスが発見されなかったときは、ARP がリクエストされたパケットを LAN 上のすべてのデバイスに送信し、対応するアドレスをサーチします。そして、特定のデバイスによってそのインターネット・プロトコル・アドレスが認識されたときは、そのデバイスが ARP に対してメッセージを送信して、そのインターネット・プロトコル・アドレスに対応していることを伝えます。この場合、ARP は将来の変換動作に対応できるように CAM と RAM の内容を更新し、パケットを転送先のマシンに送信します。図 6 はこのインターネット・プロトコル・アドレス・リゾリューションのプロセスを示しています。このプロセスはソフトウェアでも実現できますが、サーチ動作をハードウェアで実現することでシステム性能が改善されます。

図 6 インターネット・プロトコル・アドレス・リゾリューション

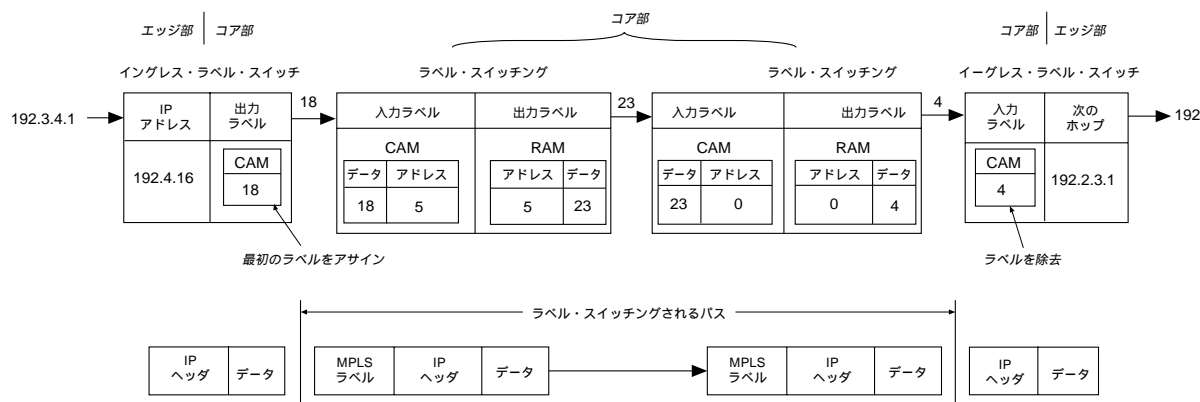


マルチ・プロトコル・ラベル・スイッチング

マルチ・プロトコル・ラベル・スイッチングは、インターネット・プロトコル・ルーティングのコントロールとレイヤ - 1 のスイッチングを簡略化するソリューションです。図 7 は、レイヤ - 1 のスイッチングの例を示しています。マルチ・プロトコル・ラベル・スイッチングは、インターネットのコア部分となるルーティング (接続) とフォワーディング (転送) のテクノロジーを変革した新しいテクニックで、これによって最新の接続サービスがサポートされています。このテクニックは、サービスの品質や新しい接続機能の提供などの困難な課題を解決しています。図 7 と図 8 は、複数の機能を備えたネットワークのエッジ部、およびコア部分に配置されたルータ群によって、マルチ・プロトコル・ラベル・スイッチングが実現される様子を示しています。

テーブルはCAMとRAMを組み合わせて実現することができ、このテーブルによってラベルが付加されている入力パケットを次のホップに転送して、新しいラベルを見つけることができます。標準的なマルチ・プロトコル・ラベル・スイッチには1回で最大1,024ラベルがストアされるため、 $1,024 \times 32$ のCAMブロックが必要となります。この構成のCAMは32個のエンベデッド・システム・ブロック(ESB)で構成することができ、APEXデバイスに効率的に実装可能です。出力されるラベルは別の異なるラベルとなるため、16個のESBで実現される $1,024 \times 32$ ビットのRAMにより、入力されたラベルに対して適切な新しいラベルを設定することができます。このように、計48個のESBを使用することによって、マルチ・プロトコル・ラベル・スイッチングの動作が実行可能となります(図8を参照)。

図8 マルチ・プロトコル・ラベル・スイッチングの基本動作



まとめ

多くのネットワーク・アプリケーションには、高速のサーチ動作が必要です。APEX CAMは、データ圧縮、ネットワーク・スイッチング、インターネット・プロトコル・フィルタリング、インターネット・プロトコル・アドレス・リゾリューション、マルチ・プロトコル・ラベル・スイッチングのような重要なアプリケーションにおけるサーチ動作を高速で実現することができます。CAMを採用することによって、テーブル・ルック・アップの性能やアドレス変換動作の性能が向上し、これらの機能やアプリケーションの簡略化、高速化が達成されます。

ALTERA®
日本アルテラ株式会社

〒163-1332 東京都新宿区西新宿 6-5-1
新宿アイランドタワー 32F 私書箱 1594 号
TEL. 03-3340-9480 FAX. 03-3340-9487
http://www.altera.com/japan
E-mail: japan@altera.com

Copyright © 2000 Altera Corporation. Altera, APEX は Altera Corporation の米国および該当各国における商標またはサービス・マークです。他のブランド名および製品名は該当各社が保有する商標です。この資料に記載されている内容は予告なく変更されることがあります。最新の情報をアルテラの web サイト、<http://www.altera.com> で確認してください。Altera assumes no responsibility or liability arising out of the application or use of any information, product, or service described herein except as expressly agreed to in writing by Altera Corporation. Altera customers are advised to obtain the latest version of device specifications before relying on any published information and before placing orders for products or services. All rights reserved.