



## IP NETWORK

# Brocade MLX シリーズのアーキテクチャ

Brocade MLX シリーズ・ルータは、Clos ネットワークに基づいた革新的なファブリック・アーキテクチャを使用した、高水準の拡張性・冗長性・パフォーマンスを提供します。

# BROCADE

Brocade® MLX シリーズ・ルータは、業界最高の IPv4/IPv6/MPLS/ マルチ VRF スイッチング・ルータです。Brocade MLX シリーズはもっとも要求の高い用途に対応できるように作られた、ノンブロッキングのワイヤスピード性能を備えたコスト効率性の高いソリューションです。その堅牢なシステムアーキテクチャと、多種多様な機能、豊富なフォームファクタによって、エッジからコアまでの拡張性を実現します。

### はじめに

Brocade MLX シリーズは、最先端のネットワーク・プロセッシング技術を利用して設計され、ノンブロッキング・スイッチング容量 15.36 Tbps、データ転送容量 6.4 Tbps、ルーティング性能 96 億バケット/秒 (9.6 Bpps) の性能を備えています。その高度な分散ハードウェア・アーキテクチャは、きめ細かい QoS をサポートし、全二重のワイヤスピード性能を、IPv4、IPv6、MPLS (Multi-Protocol Label Switching) サービスのあらゆる組み合わせに対して実現します。これらは、次のような卓越した特徴をもった革新的なシステムによって可能となります。

- Clos ネットワークに基づき、セルフルーティング、分散型、ノンブロッキングのアーキテクチャにより、堅牢性および拡張性の高いプラットフォームの基盤を提供
- 豊富な機能をワイヤスピードの性能で実装する、システム全体にわたる分散型のパケット処理と高度な QoS 機能
- 制御プレーンとデータプレーンが明確に分離された高可用性アーキテクチャ
- 電源、マネジメント・モジュール、ファントレー、スイッチ・ファブリック・モジュールを冗長化して単一障害点を回避する完全冗長アーキテクチャ

シリーズには、Brocade MLXe ルータおよび Brocade MLX ルータの 2 つの製品ラインがあります。詳細は、次のとおりです。

Brocade MLXe ルータ :

- Brocade MLXe-32、32 スロットシャーシ
- Brocade MLXe-16、16 スロットシャーシ
- Brocade MLXe-8、8 スロットシャーシ
- Brocade MLXe-4、4 スロットシャーシ

Brocade MLX ルータ :

- Brocade MLX-32、32 スロットシャーシ
- Brocade MLX-16、16 スロットシャーシ
- Brocade MLX-8、8 スロットシャーシ
- Brocade MLX-4、4 スロットシャーシ

マネジメント・モジュールおよびインタフェース・モジュールは、これらいずれのシステムでも相互に使用することができるため、ネットワーク全体で在庫とメンテナンスのコストを低減することができます。モジュールは、すべてホットプラグ対応です。

## 業界トップクラスの高密度

Brocade MLX シリーズは、1 台のシャーシで 32 x 100 ギガビット・イーサネット (GbE) ポート、または 256 x 10 GbE ポート、1536 x 1 GbE ポートという、業界トップクラスのポート密度の拡張性を備えています。Brocade MLXe は、標準の 7 フィート telco ラックに最大 384 x 10 GbE ポート、または 230 x 4 GbE (mRJ-21)、960 x 1 GbE (RJ-45, SFP) ポートを収容します。さらに、Brocade MLX シリーズは、1 台のシャーシで最大 256 x OC-12/48 ポートまたは 64 x OC-192 ポートまで対応します。

## 拡張性の高い Clos ファブリック・アーキテクチャ

Brocade MLX シリーズは、高水準の拡張性、冗長性、パフォーマンスを提供する Clos ファブリック・アーキテクチャを使用しています。図 1 に示すように、システムの中には複数台のスイッチ・ファブリック・モジュール (hSFM) があります。1 台の hSFM には複数個のファブリック・エレメントがあり、そのそれぞれがすべてのインタフェース・スロットに複数の接続を持ちます。

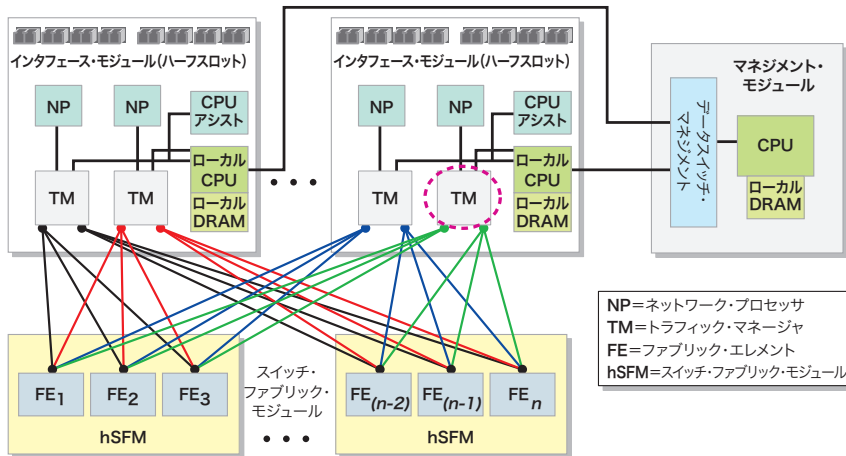


図 1. 拡張性の高い Clos ファブリック・アーキテクチャ

この Clos アーキテクチャでは、データ・ストライピングを使用することにより、ファブリック・インターコネクトを常に最適に利用することができます。このメカニズムによって、入力側と出力側のインタフェース・モジュール間の負荷が、利用可能なリンクの間で常に均等に分散されます。Brocade MLX シリーズのスイッチング・アーキテクチャでは、スイッチ・ファブリック内のパケット伝送に固定サイズのセルが使用され、どんなパケットサイズに対しても、レイテンシとジッタが非常に低くかつ確定的であるため、予測可能なパフォーマンスが確保されます。また、Brocade MLX シリーズでは、可変サイズのセルをパケットの伝送に使用して、スイッチ・ファブリックの効率を向上させるターボモードも用意されています。また、入力側と出力側のインタフェース・モジュールの間に複数のスイッチングパスがあることにより、冗長性がもう 1 段階向上します。

Clos アーキテクチャには、従来のアーキテクチャより優れた次のメリットがあります。

- 製品ファミリー全体で共通のアーキテクチャ。Brocade MLX シリーズのすべてのシャーシで、同じファブリック・エレメントが使用されています。これにより、小型の 4 スロット・シャーシから大型の 32 スロット・シャーシまで、優れた拡張性を実現します。
- トラフィック・パターン、パケットサイズ、トラフィックの種類にかかわらず、どのポイントでもヘッドオブライン・ブロッキングを排除します。
- スwitch・ファブリックにおいて、つねに最適リソース利用率を保持します。データ・ストライピング機能により、特定のスイッチ・ファブリック・エレメントに負荷をかけ過ぎることなく、スイッチ・ファブリック・エレメントが常に均等に使用されます。
- “Intra-SFM” の冗長性。hSFM には、複数のファブリック・エレメントに対して耐障害性があり、障害が発生しても残りのファブリック・エレメントで運用を継続することができます。この独自の機能により、hSFM 内部に非常に高い水準の冗長性を実現します。
- 優れた高可用性。Brocade MLX シリーズは、hSFM の冗長化をサポートしています。Brocade MLX シリーズは、複数のスイッチ・ファブリック・エレメントに障害があっても、適切に対処することができます。さらに、hSFM の内部に複数のファブリック・エレメントがあるため、ファブリック・エレメントの障害によって、hSFM 全体が停止してしまことはありません。

## Clos アーキテクチャ

研究者 Charles Clos の画期的な研究から名付けられた Clos アーキテクチャは、長年にわたって活発な研究の対象になっています。マルチステージの Clos アーキテクチャは、ノンブロッキングであることが数学的に証明されています。このアーキテクチャは、耐障害性を備え、高い可用性と性能のシステムを設計する際の理想的なビルディング・ブロックになっています。

### 分散転送処理

Brocade MLX シリーズは、分散転送処理アーキテクチャを実装しており、最新のネットワーク・プロセッシング技術と、非常に高速なスイッチ・ファブリックを組み合わせ、どのようなパケットサイズでも、妥協のない全二重のワイヤスピード性能を実現します。それぞれのインタフェース・モジュール上の高速ネットワーク・プロセッサにより、利用する機能に影響を受けることなく、ワイヤスピード性能が保持されます。カスタム ASIC と比較しても、高速ネットワーク・プロセッサは、今後新しい標準や要件が現れてきた場合に機能をハードウェアに追加できるという柔軟性を備えています。

マルチサービス Brocade IronWare® オペレーティングシステム・ソフトウェアには、分散化されたパケット転送処理とセキュリティを補助する機能がいくつか組み込まれています。

- **各インタフェース・モジュールに分散されたレイヤ 2 MAC アドレステーブル**

マネジメント・モジュールが、学習された MAC アドレスをすべて管理するとともに、インタフェース・モジュールに情報を配布してローカルで管理します。各インタフェース・モジュールでは、ローカルの MAC アドレスのエージングを処理するとともに、マネジメント・モジュールに更新情報を同期して MAC テーブルをシステム全体で整合させます。

- **Brocade ダイレクト・ルーティング (BDR) テクノロジー**

転送テーブル全体を各インタフェース・モジュールに格納して、トラフィックをハードウェア転送します。

- **分散 ACL (アクセス制御リスト)**

インタフェース・モジュールごとに、ローカルのインタフェースに適用する ACL ルールとして、最大で 224,000 個の入力 ACL エントリと 128,000 個の出力 ACL エントリを使用することができます。

### 高可用性

Brocade MLX シリーズのアーキテクチャは、ハードウェア、ソフトウェアともに、非常に高い MTBF (平均故障間隔) と低い MTTR (平均復旧時間) を確保するように設計されています。ケーブル管理とモジュール抜き差しはシャーシの同じ方向から実行可能で、故障モジュールの交換が必要な場合や、新しいモジュールの取り付けが必要な場合には作業が容易となります。

故障に対しては、hSFM/SFM 本体だけでなく、SFM 内部の各ファブリック・エレメントごとに対処することが可能で、高可用性運用に理想的な、堅牢性かつ冗長性の高いシステムです。さらに、電源、ファン、マネジメント・モジュールなど、システムのその他のアクティブ・コンポーネントの冗長性によって、システム全体の冗長性が強化されています。Brocade MLX シャーシシリーズのパッシブなバックプレーンにより、システムの信頼性が向上します。

このシステムは、温度センサーを使用してファン回転数を自動的に調節し、最適な運用温度が保持されています。幾つかの設定した温度しきい値の最大値を超えると、自動的にモジュールの電源を切る機能も装備されています。

Brocade MLX シリーズは、計画メンテナンスの際に、ゼロパケットロスでスイッチ・ファブリック・モジュールを適切にシャットダウンするグレースフル・シャット・ダウン機能もサポートしています。このシステムにより、取り外す hSFM/SFM とインタフェース・モジュールとの間のリンクがシステムで使用されなくなります。

マルチサービス IronWare オペレーティング・システムは、モジュール式アーキテクチャを備え、ルータの従来からのオペレーティング・システムとは異なる、次のような優れた特長があります。

- 業界トップクラスの 1 分未満のコールド・リスタート時間
- ヒットレスのレイヤ 2 ソフトウェア・アップグレードのサポート
- ヒットレスのレイヤ 2、レイヤ 3 フェイルオーバー
- アクティブとスタンバイのマネジメント・モジュールの間の通信に障害が発生した際、スタンバイのマネジメント・モジュールへの切り替えが 1 秒未満

## 分散キューイングときめ細かい QoS

Brocade MLX シリーズ独自の特長は、分散キューイング方式を使用し、輻輳中のバッファ使用率をシステム全体で最大化していることです。この方式は、入力側バッファリング（バーチャル・アウトプット・キューイング：仮想出力キューイング）の効果と、出力ポート主導のスケジューリング・メカニズムの効果とを組み合わせたものです。バーチャル・アウトプット・キューを使用した入力側キューイングは、1つのポートからのバースト状トラフィックが、出力ポートのバッファを過剰に消費しないようにします。出力ポート主導のスケジューリング処理によって、出力ポートがパケットを送信する準備ができた場合のみ、入力バッファから出力ポートへパケットを送信します。

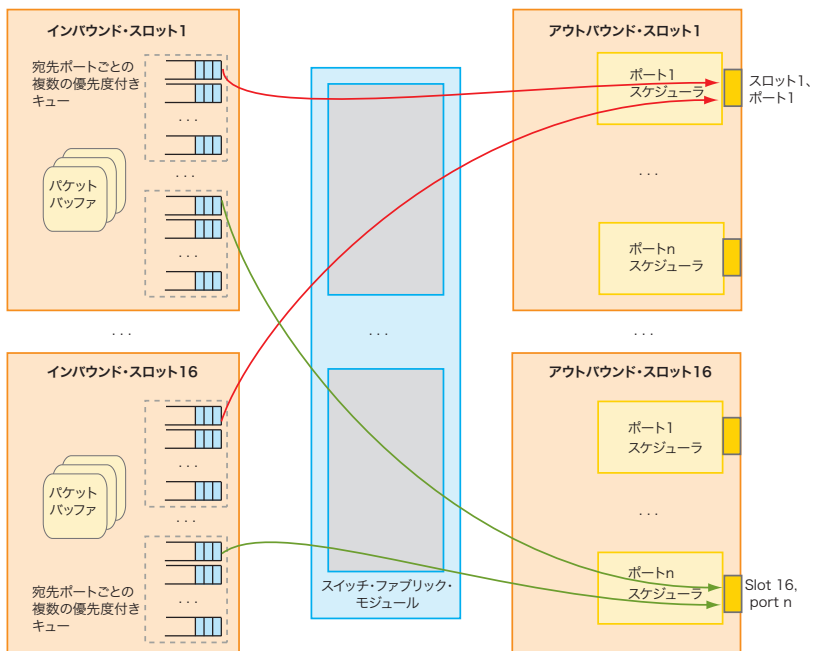


図 2.  
分散キューイング

各インタフェース・モジュールは、システムの全ての出力ポートごとに、複数の優先順位付きキューを別々に管理しています。パケットは、出力ポートでパケットを送信する準備ができると、出力側のインタフェース・モジュールが、入力側インターフェースのバーチャル・アウトプット・キューから引き抜くようにパケットが内部で転送されます。入力ステージと出力ステージの間は、スイッチ・ファブリック・メッセージングを使用して緊密に連携しています。これらの2つのステージ間はクローズド・ループのプロセスのフィードバックによって、2つのステージの間で情報が消失しないようにしています。“バーチャル・アウトプット・キュー”の利用は、出力ポートがパケットを伝送する準備ができるまで、入力モジュールにパケットを置いておくことで、システムの効率性を最大化します。Brocade MLX シリーズのシャーシ全体では、最大で 100 万個の仮想出力キューがあります。

輻輳回避は、WRED (Weighted Random Early Discard) またはテールドロップ・ポリシーを適用して処理されます。出力ポートでのスケジューリング・メカニズムには、SP (Strict Priority) や、WFQ (Weighted Fair Queuing)、あるいはこれらの組み合わせなどを適用して、複数のアプリケーションに対して階層化された QoS 保証を提供することができます。

Brocade MLX シリーズの QoS サブシステムは、幅広いクラス分類とパケットマーキングの機能を備え、それらをいくつかの方法で構成することができます。

- レイヤ 2 ベースの優先順位付け (802.1p)、入力パケットの TOS、DSCP、MPLS EXP ビット
- 入力パケット/フレームから出力パケット/フレームへの優先順位のマッピング
- 2 レート 3 カラー・ポリサーの結果によるパケットの優先順位のリマーキング

### トラフィックポリサーと ACL

すべてのインタフェース・モジュールは、多数の入側・出側のトラフィック・ポリサーをハードウェアでサポートしています。システムで最大 256K 個のトラフィック・ポリサーを同時に設定することができます。2 レート 3 カラー・ポリサーによって、加入者やユーザーのトラフィック・フローが、コンプライアント・レート (CIR) と超過レート (EIR) に分類して計測されます。この機能は、異なる特性をもったトラフィック・フローが、同じポート上に混在する場合に特に有益です。

セキュリティ面については、システムでは入力 ACL (アクセス制御リスト) と出力 ACL とともに、すべてのインタフェース・モジュールの上で同時にサポートされています。どのインタフェース・モジュールも、ローカルのインタフェースに対して、最大で 224,000 個の入力 ACL エントリと 128,000 個の出力 ACL エントリの ACL ルールを適用できます。

### DoS に対する防御

VPLS などのレイヤ 2 サービスには、パケットをブロードキャスト・ドメイン全域に効率よく複製する能力が要求されます。例えば、従来のアーキテクチャは、アンノウン・ユニキャストのイーサネット・フレームの場合、それらを CPU プロセッサに送信してブロードキャスト・ドメインにパケットを複製します。CPU が関与することは、DoS (Denial-of-Service) 攻撃のおそれがある場合にシステムの弱点となります。これに対して Brocade MLX シリーズは、フラッディングをハードウェアで実行し、このような状況でも非常に効率のいい処理を実行します。

NetIron MLX シリーズは、各インタフェース・モジュールとマネジメント・モジュールとの間に、コントロール・プレーン専用の管理リンクを持ち、制御トラフィックがデータ・トラフィックから分離されています。マネジメント・モジュールに対する複数のキューにより、異なった種類の制御トラフィックを優先順位付けします。これらの機能が、セキュアな管理や ACL と組み合わせると、ネットワークにおける DoS 攻撃の危険からシステムを防御する上で極めて有効に機能します。

### マルチキャストの複製

Brocade MLX シリーズのアーキテクチャは、ネットワークでビデオサービスを提供する際に重要な要件となる、スペーシャル・マルチキャストがネイティブでサポートされています。入力側インタフェース・モジュールは、届いたマルチキャスト・パケットを、そのままスイッチ・ファブリックにコピーを送信します。次にスイッチ・ファブリックは、マルチキャスト・グループに関わるシステム内の複数の出力側インタフェース・モジュールに対して、スイッチ・ファブリック自身でパケットを複製、それを受けてさらにインタフェース・モジュールでも、宛先ポートや VLAN に対してマルチキャスト・パケットを複製します。

### 業界先端のマルチサービス機能セット

Brocade は、10 年を超えるエンタープライズ向けネットワークの開発を通して培い、積み重ねた経験を基盤にして、Brocade MLX シリーズ上で稼働する Brocade IronWare ソフトウェアを構築しました。このソフトウェアは、Brocade MLX シリーズのアーキテクチャを補完する、次のような機能を提供しています。

- IPv4 ネットワークでの BGPv4、OSPF、IS-IS、RIP 経路制御プロトコルのサポート
- IPv6 ネットワークでの MP-BGP-4、OSPFv3、IS-IS、RIPng 経路制御プロトコルなど
- MPLS ネットワークにおけるシグナリングプロトコルの RSVP-TE、LDP など
- MPLS でのトラフィック・エンジニアリングの広範なサポート
- MPLS ファスト・リルートのサポート
- VPLS、VLL を使用したレイヤ 2 VPN
- RFC 2547bis、マルチ VRF を使用したレイヤ 3 VPN
- IPv4、IPv6 のマルチキャスト・アプリケーションを強化する IGMP、MLD、PIM-SM/-DM、PIM-SSM、DVMRP などのサポート
- ヒットレス・レイヤ 2、レイヤ 3 フェイルオーバー、およびヒットレス・ソフトウェア・アップグレードのサポート
- VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol) や VRRPv3、VRRP-E (Virtual Router Redundancy Protocol- Extended)、VRRP-E for IPv6 などの IPv4/IPv6 におけるレイヤ 3 冗長性プロトコル

- VSRP (Virtual Switch Redundancy Protocol) などのレイヤ 2 冗長性プロトコル
- MRP (Metro Ring Protocol)、RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) などの MAC レイヤのサービス保護プロトコルのサポート
- SSH (v1、v2)、SCP (v1、v2)、SNMPv3 によるセキュアな管理のサポート
- 信頼性の高いパケット・サンプリング技術である sFlow をハードウェアで対応し、レイヤ 2 からレイヤ 7 のトラフィックを監視

Brocade MLX シリーズのアーキテクチャでは、機能の同時使用に制限のある一部のシステムとは異なり、レイヤ 2 とレイヤ 3 のサービスを同一機器の同一ポートで同時に提供することができ、エンドユーザのニーズに対応した構成のシステムを提供するうえで、これまでにない柔軟性を実現しています。

### 拡張性

Brocade MLX シリーズは、高い拡張性のあるルータで、次のような業界トップクラスの拡張性を実現します。

- 最大 16,000 の VPLS インスタンスと最大 100 万件の VPLS MAC アドレス
- システムあたり 32,000 の VLL
- 4,094 の VLAN と最大 200 万件の MAC アドレスのサポート
- 100 万ルートの IPv4 経路をハードウェアで対応
- 240,000 ルートの IPv6 経路をハードウェアで対応
- 1,000 万ルートの BGP 経路を収容
- 2,000 個の BGP/MPLS VPN と最大 100 万個の VPN 経路

### 投資保護

Brocade MLX シリーズのシャーシは、インタフェース・モジュールにハーフスロット設計が採用されています。隣接する 2 つのハーフスロットの仕切りを取り除けば、将来はフルスロットにすることもできます。最上位の MLXe シリーズのシャーシはすべて、フルスロットあたり最大 480 ギガビット / 秒の全二重帯域幅を発揮します。さらに、Brocade MLX シリーズは、デュアルスタックの IPv4/IPv6、MPLS サービスなど、複数サービスをハードウェア提供でき、優れた投資保護を実現します。

### まとめ

Brocade MLX シリーズは、業界でもっとも革新的なサービス・デリバリ・プラットフォームとして、IPv4/IPv6/MPLS/ マルチ VRF サービスを提供します。その堅牢で、拡張性の高いアーキテクチャにより、マルチサービス IronWare ソフトウェアに備わる豊富な機能セットと組み合わせると、Brocade MLX シリーズは業界でこのクラスの先端を行くルータとなります。業界でトップクラスにある 1 ラックあたりのイーサネット・ポート密度は、将来に向けて統合化されたマルチ・サービス・ネットワークの構築を計画する企業にとって優れた投資となります。

詳細については、Web サイトをご覧ください。

[www.brocadejapan.com](http://www.brocadejapan.com)



## BROCADE

ブロケード コミュニケーションズ システムズ株式会社  
〒100-0013 東京都千代田区霞ヶ関1-4-2 大同生命霞ヶ関ビル  
TEL.03-6203-9100 FAX.03-6203-9101 Email:japan-info@brocade.com

**BROCADE**に関するより詳しい情報は、以下のWebサイトをご覧ください。  
<http://www.brocadejapan.com>

©2011 Brocade Communications Systems, Inc. All Rights Reserved. 02/11 GA-WP-1370-00-J

Brocade、B-wing シンボル、BigIron、DCFM、DCX、Fabric OS、FastIron、IronView、NetIron、SAN Health、ServerIron、TurboIron、および Wingspanは、登録商標であり、Brocade Assurance、Brocade NET Health、Brocade One、Extraordinary Networks、MyBrocade、VCS、およびVDXは、米国またはその他の国におけるBrocade Communications Systems Inc. の商標です。その他のブランド、製品名、サービス名は各所有者の製品またはサービスを示す商標またはサービスマークである場合があります。

注意：本ドキュメントは情報提供のみを目的としており、Brocade が提供しているか、今後提供する機器、機器の機能、サービスに関する明示的、暗示的な保証を行うものではありません。Brocade は、本ドキュメントをいつでも予告なく変更する権利を留保します。また、本ドキュメントの使用に関しては一切責任を負いません。本ドキュメントには、現在利用することのできない機能についての説明が含まれている可能性があります。機能や製品の販売/サポート状況については、Brocade までお問い合わせください。