Red Hat Enterprise Linux 8

InfiniBand ネットワークおよび RDMA ネットワークの設定

Red Hat Enterprise Linux 8 で InfiniBand ネットワークおよび RDMA ネットワークを設定するためのガイド

Last Updated: 2022-11-30

Red Hat Enterprise Linux 8 InfiniBand ネットワークおよび RDMA ネットワークの設定

Red Hat Enterprise Linux 8 で InfiniBand ネットワークおよび RDMA ネットワークを設定するためのガイド

Enter your first name here. Enter your surname here.
Enter your organisation's name here. Enter your organisational division here.
Enter your email address here.

法律上の通知

概要

本ガイドでは、InfiniBand およびリモートダイレクトメモリーアクセス (RDMA) の概要と、InfiniBand ハードウェアの設定方法を説明します。また、InfiniBand 関連サービスの設定方法も説明します。

目次

オープンソースをより包摂的に

Red Hat では、コード、ドキュメント、Web プロパティーにおける配慮に欠ける用語の置き換えに取り組んでいます。まずは、マスター (master)、スレーブ (slave)、ブラックリスト (blacklist)、ホワイトリスト (whitelist) の 4 つの用語の置き換えから始めます。この取り組みは膨大な作業を要するため、今後の複数のリリースで段階的に用語の置き換えを実施して参ります。詳細は、Red Hat CTO である Chris Wright のメッセージ を参照してください。

RED HAT ドキュメントへのフィードバック

当社のドキュメントに関するご意見やご感想をお寄せください。また、改善点があればお知らせください。

特定の文章に関するコメントの送信

1. **Multi-page HTML** 形式でドキュメントを表示し、ページが完全にロードされてから右上隅に **Feedback** ボタンが表示されていることを確認します。
2. カーソルを使用して、コメントを追加するテキスト部分を強調表示します。
3. 強調表示されたテキストの近くに表示される **Add Feedback** ボタンをクリックします。
4. フィードバックを追加し、**Submit** をクリックします。

Bugzilla からのフィードバック送信 (アカウントが必要)

1. Bugzilla の Web サイトにログインします。
2. **Version** メニューから正しいバージョンを選択します。
3. **Summary** フィールドにわかりやすいタイトルを入力します。
4. **Description** フィールドに、ドキュメントの改善に関するご意見を記入してください。ドキュメントの該当部分へのリンクも追加してください。
5. **Submit Bug** をクリックします。

第1章 INFINIBAND および RDMA について

InfiniBand は、以下の 2 つを指します。

- InfiniBand ネットワーク用の物理リンク層プロトコル
- リモートダイレクトメモリーアクセス (RDMA) テクノロジーの実装である InfiniBand Verbs API

RDMA は、オペレーティングシステム、キャッシュ、またはストレージを使用せずに、2 台のコンピューターのメインメモリー間のアクセスを提供します。RDMA を使用すると、データは、高スループット、低レイテンシー、低 CPU 使用率で転送されます。

通常の IP データ転送では、あるマシンのアプリケーションが別のマシンのアプリケーションにデータを送信すると、受信側で以下のアクションが起こります。

1. カーネルがデータを受信する必要がある。
2. カーネルが、データがアプリケーションに属するかどうかを判別する必要がある。
3. カーネルは、アプリケーションを起動する。
4. カーネルは、アプリケーションがカーネルへのシステムコールを実行するまで待機する。
5. アプリケーションは、データをカーネルの内部メモリー領域から、アプリケーションが提供するバッファーにコピーする。

このプロセスは、ホストアダプターがダイレクトメモリーアクセス (DMA) を使用する場合には、システムのメインメモリーにほとんどのネットワークトラフィックをコピーするか、または少なくとも 2 回コピーされることを意味します。さらに、コンピューターはいくつかのコンテキストスイッチを実行して、カーネルとアプリケーションを切り替えます。これらのコンテキストスイッチは、他のタスクの速度を低下させる一方で、高いトラフィックレートで高い CPU 負荷を引き起こす可能性があります。

従来の IP 通信とは異なり、RDMA 通信は通信プロセスでのカーネルの介入を回避します。これにより、CPU のオーバーヘッドが軽減されます。RDMA プロトコルは、パケットがネットワークに入った後、どのアプリケーションがそれを受信し、そのアプリケーションのメモリー空間のどこに格納するかをホストアダプターが決定することを可能にします。処理のためにパケットをカーネルに送信してユーザーアプリケーションのメモリーにコピーする代わりに、ホストアダプターは、パケットの内容をアプリケーションバッファーに直接配置します。このプロセスには、別個の API である InfiniBand Verbs API が必要であり、アプリケーションは RDMA を使用するために InfiniBand Verbs API を実装する必要があります。

Red Hat Enterprise Linux は、InfiniBand ハードウェアと InfiniBand Verbs API の両方をサポートしています。さらに、InfiniBand 以外のハードウェアで InfiniBand Verbs API を使用するための次のテクノロジーをサポートしています。

- Internet Wide Area RDMA Protocol (iWARP): IP ネットワーク上で RDMA を実装するネットワークプロトコル。
- RDMA over Converged Ethernet (RoCE)、別名 InfiniBand over Ethernet (IBoE): RDMA over Ethernet ネットワークを実装するネットワークプロトコル

関連情報

- RoCE の設定

第2章 ROCE の設定

このセクションでは、RDMA over Converged Ethernet (RoCE) に関する背景情報と、デフォルトの RoCE バージョンを変更する方法について説明します。また、ソフトウェア RoCE アダプターの設定方法についても説明します。

RoCE ハードウェアを提供するベンダー (Mellanox、Broadcom、QLogic など) が異なることに注意してください。

2.1. ROCE プロトコルバージョンの概要

RoCE は、イーサネット経由のリモートダイレクトメモリーアクセス (RDMA) を有効にするネットワークプロトコルです。

以下は、RoCE のさまざまなバージョンです。

RoCE v1

RoCE バージョン 1 プロトコルは、同じイーサネットブロードキャストドメインの任意の 2 つのホスト間の通信を可能にするイーサタイプ **0x8915** を持つイーサネットリンク層プロトコルです。

RoCE v2

RoCE バージョン 2 プロトコルは、UDP over IPv4 または UDP over IPv6 プロトコルのいずれかの上部に存在します。RoCE v2 の場合、UDP の宛先ポート番号は **4791** です。

RDMA_CM は、データを転送するためにクライアントとサーバーとの間に信頼できる接続を設定します。RDMA_CM は、接続を確立するために RDMA トランスポートに依存しないインターフェイスを提供します。通信は、特定の RDMA デバイスとメッセージベースのデータ転送を使用します。

重要

クライアントで RoCE v2 を使用し、サーバーで RoCE v1 を使用するなど、異なるバージョンの使用はサポートされていません。この場合は、サーバーとクライアントの両方が RoCE v1 で通信するように設定します。

関連情報

- デフォルトの RoCE バージョンを一時的に変更

2.2. デフォルトの ROCE バージョンを一時的に変更

クライアントで RoCE v2 プロトコルを使用し、サーバーの RoCE v1 には対応していません。サーバーのハードウェアが RoCE v1 にのみ対応している場合は、RoCE v1 を使用してサーバーと通信するようにクライアントを設定します。本セクションでは、Mellanox ConnectX-5 Infiniband デバイス用の **mlx5_0** ドライバーを使用するクライアントで RoCE v1 を強制する方法を説明します。

本セクションで説明している変更は、ホストを再起動するまでの一時的なものです。

前提条件

- クライアントが、RoCE v2 プロトコルの InfiniBand デバイスを使用している。
- サーバーは、RoCEv1 のみをサポートする InfiniBand デバイスを使用している。

手順

1. **/sys/kernel/config/rdma_cm/mlx5_0/** ディレクトリーを作成します。

```
# mkdir /sys/kernel/config/rdma_cm/mlx5_0/
```

2. デフォルトの RoCE モードを表示します。

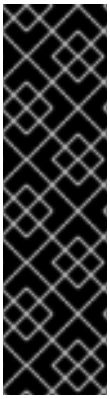
```
# cat /sys/kernel/config/rdma_cm/mlx5_0/ports/1/default_roce_mode

RoCE v2
```

3. デフォルトの RoCE モードをバージョン 1 に変更します。

```
# echo "IB/RoCE v1" > /sys/kernel/config/rdma_cm/mlx5_0/ports/1/default_roce_mode
```

2.3. SOFT-ROCE の設定

Soft-RoCE は、イーサネット経由のリモートダイレクトメモリーアクセス (RDMA) のソフトウェア実装で、RXE とも呼ばれます。RoCE ホストチャンネルアダプター (HCA) のないホストで Soft-RoCE を使用します。



重要

Soft-RoCE 機能はテクノロジープレビューとしてのみ提供されます。テクノロジープレビューの機能は、Red Hat の本番環境のサービスレベルアグリーメント (SLA) ではサポートされず、機能的に完全ではないことがあるため、Red Hat では実稼働環境での使用を推奨していません。これらのプレビューは、近々発表予定の製品機能をリリースに先駆けてご提供します。これにより、お客様は機能性をテストし、開発プロセス中にフィードバックをお寄せいただくことができます。

テクノロジープレビュー機能のサポート範囲については、Red Hat カスタマーポータルの テクノロジープレビュー機能のサポート範囲 を参照してください。

前提条件

- イーサネットアダプターが搭載されている

手順

1. **iproute** パッケージ、**libibverbs** パッケージ、**libibverbs-utils** パッケージ、および **infiniband-diags** パッケージをインストールします。

```
# yum install iproute libibverbs libibverbs-utils infiniband-diags
```

2. RDMA リンクを表示します。

```
# rdma link show
```

3. **rdma_rxe** カーネルモジュールをロードし、**enp0s1** インターフェイスを使用する **rxe0** という名前の新しい **rxe** デバイスを追加します。

```
# rdma link add rxe0 type rxe netdev enp1s0
```

検証

1. すべての RDMA リンクの状態を表示します。

```
# rdma link show

link rxe0/1 state ACTIVE physical_state LINK_UP netdev enp1s0
```

2. 利用可能な RDMA デバイスを一覧表示します。

```
# ibv_devices

    device                 node GUID
    ------              ----------------
    rxe0                505400fffed5e0fb
```

3. **ibstat** ユーティリティーを使用して詳細なステータスを表示することができます。

```
# ibstat rxe0

CA 'rxe0'
 CA type:
 Number of ports: 1
 Firmware version:
 Hardware version:
 Node GUID: 0x505400fffed5e0fb
 System image GUID: 0x0000000000000000
 Port 1:
  State: Active
  Physical state: LinkUp
  Rate: 100
  Base lid: 0
  LMC: 0
  SM lid: 0
  Capability mask: 0x00890000
  Port GUID: 0x505400fffed5e0fb
  Link layer: Ethernet
```

第3章 SOFT-IWARP の設定

このセクションでは、iWARP、Soft-iWARP、および Soft-iWARP の設定に関する背景情報について説明します。

3.1. IWARP と SOFT-IWARP の概要

Remote direct memory access (RDMA) は、イーサネットを介したインターネットワイドエリア RDMA プロトコル (iWARP) を使用して、収束した低レイテンシーのデータを TCP を介して転送します。標準のイーサネットスイッチと TCP/IP スタックを使用して、iWARP は IP サブネット間でトラフィックをルーティングします。これにより、既存のインフラストラクチャーを効率的に使用するための柔軟性が提供されます。Red Hat Enterprise Linux では、複数のプロバイダーがハードウェアネットワークインタフェースカードに iWARP を実装しています。たとえば、**cxgb4**、**irdma**、**qedr** などです。

Soft-iWARP (siw) は、Linux 用のソフトウェアベースの iWARP カーネルドライバーおよびユーザーライブラリーです。これはソフトウェアベースの RDMA デバイスであり、ネットワークインターフェイスカードに接続すると、RDMA ハードウェアにプログラミングインターフェイスを提供します。これは、RDMA 環境をテストおよび検証する簡単な方法を提供します。

3.2. SOFT-IWARP の設定

Soft-iWARP (siw) は、Linux TCP/IP ネットワークスタックを介して Internet Wide-area RDMA Protocol (iWARP) Remote Direct Memory Access (RDMA) トランスポートを実装します。これにより、標準のイーサネットアダプターを備えたシステムが、iWARP アダプター、または Soft-iWARP ドライバーを実行している別のシステム、または iWARP をサポートするハードウェアを備えたホストと相互運用できるようになります。

重要

Soft-iWARP 機能は、テクノロジープレビューとしてのみ提供されます。テクノロジープレビューの機能は、Red Hat の本番環境のサービスレベルアグリーメント (SLA) ではサポートされず、機能的に完全ではないことがあるため、Red Hat では実稼働環境での使用を推奨していません。これらのプレビューは、近々発表予定の製品機能をリリースに先駆けてご提供します。これにより、お客様は機能性をテストし、開発プロセス中にフィードバックをお寄せいただくことができます。

テクノロジープレビュー機能のサポート範囲については、Red Hat カスタマーポータルの テクノロジープレビュー機能のサポート範囲 を参照してください。

Soft-iWARP を設定するには、スクリプトでこの手順を使用して、システムの起動時に自動的に実行することができます。

前提条件

- イーサネットアダプターが搭載されている

手順

1. **iproute** パッケージ、**libibverbs** パッケージ、**libibverbs-utils** パッケージ、および **infiniband-diags** パッケージをインストールします。

```
# yum install iproute libibverbs libibverbs-utils infiniband-diags
```

2. RDMA リンクを表示します。

```
# rdma link show
```

3. **siw** カーネルモジュールをロードします。

```
# modprobe siw
```

4. **enp0s1** インターフェイスを使用する、**siw0** という名前の新しい **siw** デバイスを追加します。

```
# rdma link add siw0 type siw netdev enp0s1
```

検証

1. すべての RDMA リンクの状態を表示します。

```
# rdma link show

link siw0/1 state ACTIVE physical_state LINK_UP netdev enp0s1
```

2. 利用可能な RDMA デバイスを一覧表示します。

```
# ibv_devices

 device                 node GUID
 ------              ----------------
 siw0                0250b6fffea19d61
```

3. **ibv_devinfo** ユーティリティーを使用して、詳細なステータスを表示することができます。

```
# ibv_devinfo siw0

    hca_id:               siw0
    transport:            iWARP (1)
    fw_ver:               0.0.0
    node_guid:            0250:b6ff:fea1:9d61
    sys_image_guid:       0250:b6ff:fea1:9d61
    vendor_id:            0x626d74
    vendor_part_id:       1
    hw_ver:               0x0
    phys_port_cnt:        1
        port:             1
            state:        PORT_ACTIVE (4)
            max_mtu:      1024 (3)
            active_mtu:   1024 (3)
            sm_lid:       0
            port_lid:     0
            port_lmc:     0x00
            link_layer:   Ethernet
```

第4章 コア RDMA サブシステムの設定

本セクションでは、**rdma** サービスを設定し、ユーザーがシステムで固定 (ピン留め) できるメモリーの量を増やす方法を説明します。

4.1. IPOIB デバイスの名前変更

デフォルトでは、カーネルは Internet Protocol over InfiniBand (IPoIB) デバイスに、**ib0**、**ib1** などの名前を付けます。競合を回避するために、Red Hat では、**udev** デバイスマネージャーでルールを作成し、**mlx4_ib0** などの永続的で意味のある名前を作成することを推奨しています。

前提条件

- InfiniBand デバイスがインストールされている。

手順

1. デバイス **ib0** のハードウェアアドレスを表示します。

```
# ip link show ib0
8: ib0: >BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP< mtu 65520 qdisc pfifo_fast state UP
mode DEFAULT qlen 256
    link/infiniband 80:00:02:00:fe:80:00:00:00:00:00:00:00:00:02:c9:03:00:31:78:f2 brd
00:ff:ff:ff:ff:12:40:1b:ff:ff:00:00:00:00:00:00:00:ff:ff:ff:ff
```

   アドレスの最後の 8 バイトは、次のステップで **udev** ルールを作成するために必要です。

2. **00:02:c9:03:00:31:78:f2** のハードウェアアドレスを持つデバイスの名前を **mlx4_ib0** に変更するルールを設定するには、**/etc/udev/rules.d/70-persistent-ipoib.rules** ファイルを編集して **ACTION** ルールを追加してください。

```
ACTION=="add", SUBSYSTEM=="net", DRIVERS=="?*", ATTR{type}=="32",
ATTR{address}=="?*00:02:c9:03:00:31:78:f2", NAME="mlx4_ib0"
```

3. ホストを再起動します。

```
# reboot
```

関連情報

- **udev(7)** man ページ
- IPoIB ハードウェアアドレスについて

4.2. システムの固定 (ピン留め) にユーザーが使用できるメモリー量の増加

Remote direct memory access (RDMA) 操作では、物理メモリーのピン留めが必要です。その結果、カーネルはスワップスペースにメモリーを書き込むことができなくなります。ユーザーがメモリーを過剰にピン留めすると、システムのメモリーが不足するため、カーネルはプロセスを終了してより多くのメモリーを解放します。したがって、メモリーのピン留めは特権付きの操作になります。

root 以外のユーザーが大規模な RDMA アプリケーションを実行する場合は、システムでこれらのユーザーがピン留めできるメモリー容量を増やす必要があります。本セクションでは、**rdma** グループに無制限のメモリー容量を設定する方法について説明します。

手順

- **root** ユーザーで、**/etc/security/limits.conf** ファイルを以下の内容で作成します。

```
@rdma soft memlock unlimited
@rdma hard memlock unlimited
```

検証

1. **/etc/security/limits.conf** ファイルの編集後、**rdma** グループのメンバーとしてログインしてください。
   Red Hat Enterprise Linux は、ユーザーのログイン時に、更新された **ulimit** の設定を適用することに注意してください。

2. **ulimit -l** コマンドを使用して制限を表示します。

```
$ ulimit -l
unlimited
```

   コマンドが **unlimited** を返す場合、ユーザーはメモリーのピン留めを無制限にできます。

関連情報

- **limits.conf(5)** man ページ

4.3. RDMA サービスの設定

rdma サービスは、カーネルのスタックを管理します。Red Hat Enterprise Linux が InfiniBand、iWARP、または RoCE デバイスと同じ設定ファイルが **/etc/rdma/modules/*** に存在することを検出すると、**udev** デバイスマネージャーは **systemd** に **rdma** サービスを開始するように指示します。デフォルトでは、**/etc/rdma/modules/rdma.conf** がこれらのサービスの設定と読み込みを行います。

手順

1. **/etc/rdma/modules/rdma.conf** ファイルを編集し、有効にしたい変数を **yes** に設定します。

```
# Load IPoIB
IPOIB_LOAD=yes
# Load SRP (SCSI Remote Protocol initiator support) module
SRP_LOAD=yes
# Load SRPT (SCSI Remote Protocol target support) module
SRPT_LOAD=yes
# Load iSER (iSCSI over RDMA initiator support) module
ISER_LOAD=yes
# Load iSERT (iSCSI over RDMA target support) module
ISERT_LOAD=yes
# Load RDS (Reliable Datagram Service) network protocol
RDS_LOAD=no
# Load NFSoRDMA client transport module
XPRTRDMA_LOAD=yes
```

```
# Load NFSoRDMA server transport module
SVCRDMA_LOAD=no
# Load Tech Preview device driver modules
TECH_PREVIEW_LOAD=no
```

2. **rdma** サービスを再起動します。

```
# systemctl restart rdma
```

4.4. NFS OVER RDMA の有効化 (NFSORDMA)

リモートダイレクトメモリーアクセス (RDMA) サービスは、Red Hat EnterpriseLinux 8 の RDMA 対応ハードウェアで自動的に機能します。

手順

1. **rdma-core** パッケージをインストールします。

```
# yum install rdma-core
```

2. **xprtrdma** および **svcrdma** の行が **/etc/rdma/modules/rdma.conf** ファイルでコメント化されていることを確認します。

```
# NFS over RDMA client support
xprtrdma
# NFS over RDMA server support
svcrdma
```

3. NFS サーバーで、ディレクトリー **/mnt/nfsordma** を作成し、それを **/etc/exports** にエクスポートします。

```
# mkdir /mnt/nfsordma
# echo "/mnt/nfsordma *(fsid=0,rw,async,insecure,no_root_squash)" >> /etc/exports
```

4. NFS クライアントで、サーバーの IP アドレスを使用して nfs-share をマウントします (例: **172.31.0.186)**\)。

```
# mount -o rdma,port=20049 172.31.0.186:/mnt/nfs-share /mnt/nfs
```

5. **nfs-server** サービスを再起動します。

```
# systemctl restart nfs-server
```

関連情報

- RFC 5667 規格

第5章 INFINIBAND サブネットマネージャーの設定

すべての InfiniBand ネットワークでは、ネットワークが機能するために、サブネットマネージャーが実行している必要があります。これは、2 台のマシンがスイッチなしで直接接続されている場合にも当てはまります。

複数のサブネットマネージャーを使用することもできます。その場合、1 つはマスターとして機能し、もう 1 つのサブネットマネージャーはスレーブとして機能し、マスターサブネットマネージャーに障害が発生した場合に引き継ぎます。

ほとんどの InfiniBand スイッチには、埋め込みサブネットマネージャーが含まれます。ただし、最新のサブネットマネージャーが必要な場合や、制御が必要な場合は、Red Hat Enterprise Linux が提供する **OpenSM** サブネットマネージャーを使用します。

5.1. OPENSM サブネットマネージャーのインストール

本セクションでは、OpenSM サブネットマネージャーをインストールする方法を説明します。

手順

1. **opensm** パッケージをインストールします。

```
# yum install opensm
```

2. デフォルトのインストールがご使用の環境と一致しない場合に備えて、OpenSM を設定します。
InfiniBand ポートが 1 つしかないため、ホストはカスタムの変更を必要としないマスターサブネットマネージャーとして機能します。デフォルト設定は変更せずに動作します。

3. **opensm** サービスを有効にして開始します。

```
# systemctl enable --now opensm
```

関連情報

- **opensm(8)** man ページ

5.2. 簡単な方法での OPENSM の設定

このセクションでは、カスタマイズされた設定なしで OpenSM を設定する方法について説明します。

前提条件

- 1 つ以上の InfiniBand ポートがサーバーにインストールされている。

手順

1. **ibstat** ユーティリティーを使用して、ポートの GUID を取得します。

```
# ibstat -d mlx4_0

CA 'mlx4_0'
   CA type: MT4099
```

```
Number of ports: 2
Firmware version: 2.42.5000
Hardware version: 1
Node GUID: 0xf4521403007be130
System image GUID: 0xf4521403007be133
Port 1:
  State: Active
  Physical state: LinkUp
  Rate: 56
  Base lid: 3
  LMC: 0
  SM lid: 1
  Capability mask: 0x02594868
  Port GUID: 0xf4521403007be131
  Link layer: InfiniBand
Port 2:
  State: Down
  Physical state: Disabled
  Rate: 10
  Base lid: 0
  LMC: 0
  SM lid: 0
  Capability mask: 0x04010000
  Port GUID: 0xf65214fffe7be132
  Link layer: Ethernet
```

注記

一部の InfiniBand アダプターでは、ノード、システム、およびポートに、同じ GUID を使用します。

2. **/etc/sysconfig/opensm** ファイルを編集し、**GUIDS** パラメーターで GUID を設定します。

```
GUIDS="GUID_1 GUID_2"
```

3. サブネットで複数のサブネットマネージャーが使用可能な場合は、**PRIORITY** パラメーターを設定できます。以下に例を示します。

```
PRIORITY=15
```

関連情報

- **/etc/sysconfig/opensm**

5.3. OPENSM.CONF ファイルを編集して OPENSM の設定

このセクションでは、**/etc/rdma/opensm.conf** ファイルを編集して OpenSM を設定する方法について説明します。利用可能な InfiniBand ポートが 1 つだけの場合は、この方法を使用して OpenSM 設定をカスタマイズできます。

前提条件

- サーバーに InfiniBand ポートが 1 つだけインストールされている。

手順

1. **/etc/rdma/opensm.conf** ファイルを編集し、お使いの環境に合わせて設定をカスタマイズします。
   opensm パッケージを更新した後、**yum** ユーティリティーは **/etc/rdma/opensm.conf** をオーバーライドし、新しい OpenSM 設定ファイル **/etc/rdma/opensm.conf.rpmnew** であるコピーを作成します。したがって、以前のファイルと新しいファイルを比較して変更を識別し、それらをファイル **opensm.conf** に手動で組み込むことができます。

2. **opensm** サービスを再起動します。

   ```
   # systemctl restart opensm
   ```

5.4. 複数の OPENSM インスタンスの設定

本セクションでは、OpenSM の複数のインスタンスを設定する方法を説明します。

前提条件

- 1 つ以上の InfiniBand ポートがサーバーにインストールされている。

手順

1. **/etc/rdma/opensm.conf** ファイルを **/etc/rdma/opensm.conf.orig** ファイルにコピーします。

   ```
   # cp /etc/rdma/opensm.conf /etc/rdma/opensm.conf.orig
   ```

   更新した **opensm** パッケージをインストールすると、**yum** ユーティリティーが **/etc/rdma/opensm.conf** をオーバーライドします。この手順で作成したコピーで、以前のファイルと新しいファイルを比較して変更を特定し、インスタンス固有の **opensm.conf** ファイルに手動で取り入れることができます。

2. **/etc/rdma/opensm.conf** ファイルのコピーを作成します。

   ```
   # cp /etc/rdma/opensm.conf /etc/rdma/opensm.conf.1
   ```

   作成するインスタンスごとに、設定ファイルのコピーに一意の連続した番号を追加します。

   opensm パッケージを更新した後、**yum** ユーティリティーは新しい OpenSM 設定ファイルを **/etc/rdma/opensm.conf.rpmnew** として保存します。このファイルを、カスタマイズした **/etc/rdma/opensm.conf.*** ファイルと比較して、手動で変更を加えます。

3. 前の手順で作成したコピーを編集し、お使いの環境に合わせて、インスタンスの設定をカスタマイズします。たとえば、**guid** パラメーター、**subnet_prefix** パラメーター、および **logdir** パラメーターを設定します。

4. 必要に応じて、このサブネット専用の一意の名前で **partitions.conf** ファイルを作成し、**opensm.conf** ファイルの対応するコピーの **partition_config_file** パラメーターでそのファイルを参照します。

5. 作成するインスタンスごとに、前の手順を繰り返します。

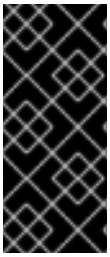
6. **opensm** サービスを開始します。

   ```
   # systemctl start opensm
   ```

- **opensm** サービスは、**/etc/rdma/** ディレクトリー内の **opensm.conf.*** ファイルごとに一意のインスタンスを自動的に開始します。複数の **opensm.conf.*** ファイルが存在する場合、サービスは **/etc/sysconfig/opensm** ファイルおよびベースファイル **/etc/rdma/opensm.conf** の設定を無視します。

5.5. パーティション設定の作成

パーティションを使用すると、管理者はイーサネット VLAN と同じように、InfiniBand にサブネットを作成できます。



重要

40 Gbps などの特定の速度でパーティションを定義する場合は、このパーティション内のすべてのホストがこの最小速度をサポートする必要があります。ホストが速度要件を満たさない場合は、パーティションに参加できません。したがって、パーティションの速度を、パーティションに参加することが許可されているホストが対応する最低速度に設定します。

前提条件

- 1 つ以上の InfiniBand ポートがサーバーにインストールされている。

手順

1. **/etc/rdma/partitions.conf** ファイルを編集し、以下のようにパーティションを設定します。

注記

すべてのファブリックには **0x7fff** パーティションが含まれ、すべてのスイッチとすべてのホストがそのファブリックに属する必要があります。

次のコンテンツをファイルに追加して、**10** Gbps の低速で **0x7fff** のデフォルトパーティションを作成し、**40** Gbps の速度でパーティション **0x0002** を作成します。

```
# For reference:
# IPv4 IANA reserved multicast addresses:
#   http://www.iana.org/assignments/multicast-addresses/multicast-addresses.txt
# IPv6 IANA reserved multicast addresses:
#   http://www.iana.org/assignments/ipv6-multicast-addresses/ipv6-multicast-addresses.xml
#
# mtu =
#   1 = 256
#   2 = 512
#   3 = 1024
#   4 = 2048
#   5 = 4096
#
# rate =
#   2  = 2.5 GBit/s
#   3  = 10   GBit/s
#   4  = 30   GBit/s
#   5  = 5   GBit/s
#   6  = 20   GBit/s
```

```
#   7  = 40   GBit/s
#   8  = 60   GBit/s
#   9  = 80   GBit/s
#   10 = 120   GBit/s

Default=0x7fff, rate=3, mtu=4, scope=2, defmember=full:
   ALL, ALL_SWITCHES=full;
Default=0x7fff, ipoib, rate=3, mtu=4, scope=2:
   mgid=ff12:401b::ffff:ffff   # IPv4 Broadcast address
   mgid=ff12:401b::1           # IPv4 All Hosts group
   mgid=ff12:401b::2           # IPv4 All Routers group
   mgid=ff12:401b::16          # IPv4 IGMP group
   mgid=ff12:401b::fb          # IPv4 mDNS group
   mgid=ff12:401b::fc          # IPv4 Multicast Link Local Name Resolution group
   mgid=ff12:401b::101         # IPv4 NTP group
   mgid=ff12:401b::202         # IPv4 Sun RPC
   mgid=ff12:601b::1           # IPv6 All Hosts group
   mgid=ff12:601b::2           # IPv6 All Routers group
   mgid=ff12:601b::16          # IPv6 MLDv2-capable Routers group
   mgid=ff12:601b::fb          # IPv6 mDNS group
   mgid=ff12:601b::101         # IPv6 NTP group
   mgid=ff12:601b::202         # IPv6 Sun RPC group
   mgid=ff12:601b::1:3         # IPv6 Multicast Link Local Name Resolution group
   ALL=full, ALL_SWITCHES=full;

ib0_2=0x0002, rate=7, mtu=4, scope=2, defmember=full:
      ALL, ALL_SWITCHES=full;
ib0_2=0x0002, ipoib, rate=7, mtu=4, scope=2:
   mgid=ff12:401b::ffff:ffff   # IPv4 Broadcast address
   mgid=ff12:401b::1           # IPv4 All Hosts group
   mgid=ff12:401b::2           # IPv4 All Routers group
   mgid=ff12:401b::16          # IPv4 IGMP group
   mgid=ff12:401b::fb          # IPv4 mDNS group
   mgid=ff12:401b::fc          # IPv4 Multicast Link Local Name Resolution group
   mgid=ff12:401b::101         # IPv4 NTP group
   mgid=ff12:401b::202         # IPv4 Sun RPC
   mgid=ff12:601b::1           # IPv6 All Hosts group
   mgid=ff12:601b::2           # IPv6 All Routers group
   mgid=ff12:601b::16          # IPv6 MLDv2-capable Routers group
   mgid=ff12:601b::fb          # IPv6 mDNS group
   mgid=ff12:601b::101         # IPv6 NTP group
   mgid=ff12:601b::202         # IPv6 Sun RPC group
   mgid=ff12:601b::1:3         # IPv6 Multicast Link Local Name Resolution group
   ALL=full, ALL_SWITCHES=full;
```

第6章 IPOIB の設定

デフォルトでは、InfiniBand は通信にインターネットプロトコル (IP) を使用しません。ただし、IPoIB (IP over InfiniBand) は、InfiniBand リモートダイレクトメモリーアクセス (RDMA) ネットワーク上に IP ネットワークエミュレーション層を提供します。これにより、既存の変更されていないアプリケーションが InfiniBand ネットワーク上でデータを送信できますが、アプリケーションが RDMA をネイティブで使用する場合よりもパフォーマンスが低くなります。

注記

RHEL8 以降の Mellanox デバイス (ConnectX-4 以降) は、デフォルトで Enhanced IPoIB モードを使用しています (データグラムのみ)。これらのデバイスでは、Connected モードはサポートされていません。

6.1. IPOIB 通信モード

IPoIB デバイスは、**Datagram** モードまたは **Connected** モードのいずれかで設定可能です。違いは、通信の反対側で IPoIB 層がマシンで開こうとするキューペアのタイプです。

- **Datagram** モードでは、システムは信頼できない非接続キューのペアを開きます。
  このモードは、InfiniBand リンク層の Maximum Transmission Unit (MTU) を超えるパッケージには対応していません。IPoIB 層は、データ転送時に IP パケットの上に 4 バイトの IPoIB ヘッダーを追加します。その結果、IPoIB MTU は InfiniBand リンク層 MTU より 4 バイト少なくなります。**2048** は一般的な InfiniBand リンク層 MTU であるため、 **Datagram** モードの一般的な IPoIB デバイス MTU は **2044** になります。

- **Connected** モードでは、システムは信頼できる接続されたキューペアを開きます。
  このモードでは、InfiniBand のリンク層の MTU より大きなメッセージを許可します。ホストアダプターは、パケットのセグメンテーションと再構築を処理します。その結果、**Connected** モードでは、Infiniband アダプターから送信されるメッセージのサイズに制限がありません。しかし、**data** フィールドと TCP/IP **header** フィールドにより、IP パケットには制限があります。このため、**Connected** モードの IPoIB MTU は **65520** バイトです。

  Connected モードではパフォーマンスが向上しますが、より多くのカーネルメモリーを消費します。

システムが **Connected** モードを使用するように設定されている場合、InfiniBand スイッチおよびファブリックは **Connected** モードでマルチキャストトラフィックを通過できないため、システムは **Datagram** モードを使用してマルチキャストトラフィックを引き続き送信します。また、ホストが **Connected** モードを使用するように設定されていない場合、システムは **Datagram** モードにフォールバックします。

インターフェイス上で MTU までのマルチキャストデータを送信するアプリケーションを実行しながら、インターフェイスを **Datagram** モードに設定するか、データグラムサイズのパケットに収まるパケットの送信サイズに上限を設けるようにアプリケーションを設定します。

6.2. IPOIB ハードウェアアドレスについて

IPoIB デバイスには、以下の部分で設定される **20** バイトのハードウェアアドレスがあります。

- 最初の 4 バイトはフラグとキューのペア番号です。

- 次の 8 バイトはサブネットの接頭辞です。

デフォルトのサブネットの接頭辞は **0xfe:80:00:00:00:00:00:00** です。デバイスがサブネットマネージャーに接続すると、デバイスはこの接頭辞を変更して、設定されたサブネットマネージャーと一致させます。

- 最後の 8 バイトは、IPoIB デバイスに接続する InfiniBand ポートのグローバル一意識別子 (GUID) です。

注記

最初の 12 バイトは変更できるため、**udev** デバイスマネージャールールでは使用しないでください。

6.3. NMCLI コマンドを使用した IPOIB 接続の設定

nmcli コマンドラインユーティリティーは、CLI を使用して NetworkManager を制御し、ネットワークステータスを報告します。

前提条件

- InfiniBand デバイスがサーバーにインストールされている。
- 対応するカーネルモジュールがロードされている。

手順

1. InfiniBand 接続を作成して、**Connected** トランスポートモードで **mlx4_ib0** インターフェイスを使用し、最大 MTU が **65520** バイトになるようにします。

```
# nmcli connection add type infiniband con-name mlx4_ib0 ifname mlx4_ib0 transport-mode Connected mtu 65520
```

2. また、**mlx4_ib0** 接続の **P_Key** インターフェイスとして **0x8002** 設定することも可能です。

```
# nmcli connection modify mlx4_ib0 infiniband.p-key 0x8002
```

3. IPv4 を設定するには、**mlx4_ib0** 接続の静的 IPv4 アドレス、ネットワークマスク、デフォルトゲートウェイ、および DNS サーバーを設定します。

```
# nmcli connection modify mlx4_ib0 ipv4.addresses 192.0.2.1/24
# nmcli connection modify mlx4_ib0 ipv4.gateway 192.0.2.254
# nmcli connection modify mlx4_ib0 ipv4.dns 192.0.2.253
# nmcli connection modify mlx4_ib0 ipv4.method manual
```

4. IPv6 を設定するには、**mlx4_ib0** 接続の静的 IPv6 アドレス、ネットワークマスク、デフォルトゲートウェイ、および DNS サーバーを設定します。

```
# nmcli connection modify mlx4_ib0 ipv6.addresses 2001:db8:1::1/32
# nmcli connection modify mlx4_ib0 ipv6.gateway 2001:db8:1::fffe
# nmcli connection modify mlx4_ib0 ipv6.dns 2001:db8:1::fffd
# nmcli connection modify mlx4_ib0 ipv6.method manual
```

5. **mlx4_ib0** 接続をアクティブ化するには、以下を実行します。

```
# nmcli connection up mlx4_ib0
```

6.4. NETWORK RHEL システムロールを使用した IPOIB 接続の設定

network RHEL システムロールを使用して、IPoIB (IP over InfiniBand)デバイスの NetworkManager 接続プロファイルをリモートで作成できます。

前提条件

- 制御ノードと管理ノードを準備している
- 管理対象ノードで Playbook を実行できるユーザーとして制御ノードにログインします。
- 管理ノードへの接続に使用するアカウントには、**sudo** パーミッションがあります。
- この Playbook を実行するホストまたはホストグループが Ansible インベントリーファイルに一覧表示されます。
- **mlx4_ib0** という名前の InfiniBand デバイスが管理ノードにインストールされている。
- 管理ノードは、NetworkManager を使用してネットワークを設定します。

手順

1. **~/IPoIB.yml** などの Playbook ファイルを以下の内容で作成します。

```
---
- name: Configure the network
  hosts: managed-node-01.example.com
  tasks:
  - name: Configure IPoIB
    include_role:
      name: rhel-system-roles.network

    vars:
      network_connections:

        # InfiniBand connection mlx4_ib0
        - name: mlx4_ib0
          interface_name: mlx4_ib0
          type: infiniband

        # IPoIB device mlx4_ib0.8002 on top of mlx4_ib0
        - name: mlx4_ib0.8002
          type: infiniband
          autoconnect: yes
          infiniband:
            p_key: 0x8002
            transport_mode: datagram
          parent: mlx4_ib0
          ip:
            address:
              - 192.0.2.1/24
              - 2001:db8:1::1/64
          state: up
```

この例では、**p_key** パラメーターを に設定した場合は、IPoIB デバイスに **interface_name** パラメーターを設定しないでください。

2. Playbook を実行します。

```
# ansible-playbook ~/IPoIB.yml
```

検証

1. **managed-node-01.example.com** ホストで、**mlx4_ib0.8002** デバイスの IP 設定を表示します。

```
# ip address show mlx4_ib0.8002
...
inet 192.0.2.1/24 brd 192.0.2.255 scope global noprefixroute ib0.8002
   valid_lft forever preferred_lft forever
inet6 2001:db8:1::1/64 scope link tentative noprefixroute
   valid_lft forever preferred_lft forever
```

2. **mlx4_ib0.8002** デバイスのパーティションキー(P_Key)を表示します。

```
# cat /sys/class/net/mlx4_ib0.8002/pkey
0x8002
```

3. **mlx4_ib0.8002** デバイスのモードを表示します。

```
# cat /sys/class/net/mlx4_ib0.8002/mode
datagram
```

関連情報

- **/usr/share/ansible/roles/rhel-system-roles.network/README.md**

6.5. NM-CONNECTION-EDITOR を使用した IPOIB 接続の設定

nmcli-connection-editor アプリケーションは、GUI を使用して NetworkManager によって保存されたネットワーク接続を設定および管理します。

前提条件

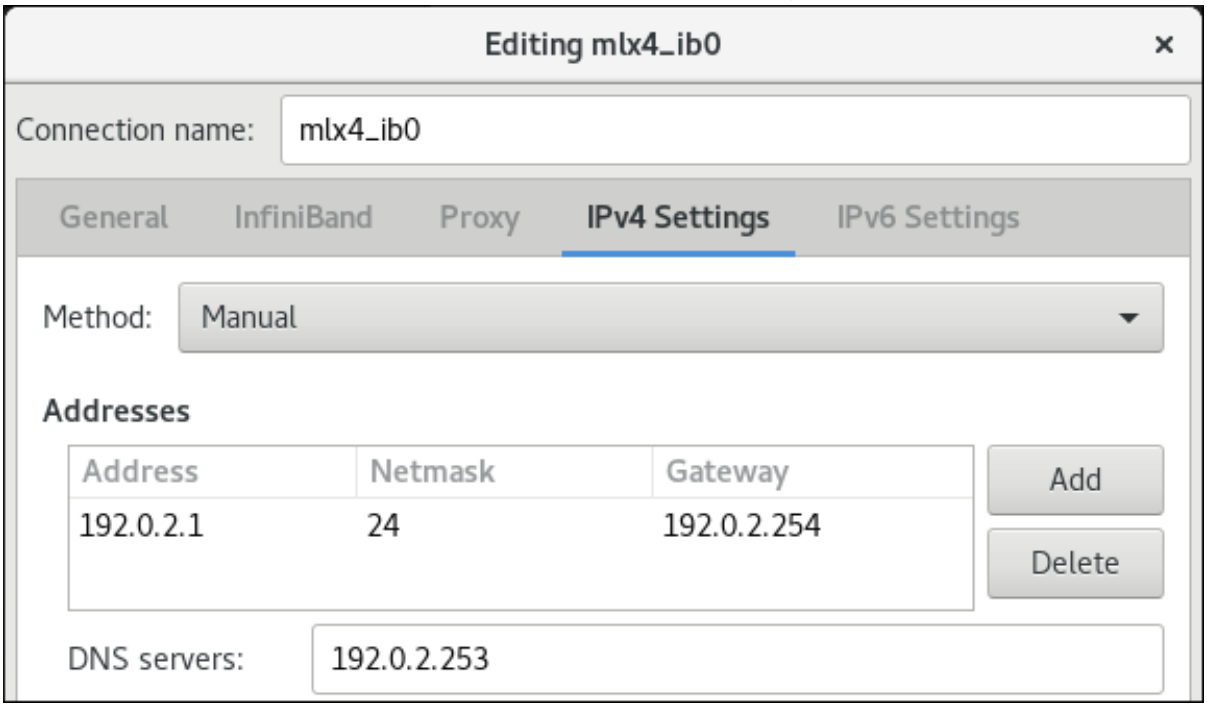
- InfiniBand デバイスがサーバーにインストールされている。
- 対応するカーネルモジュールがロードされている。
- **nm-connection-editor** パッケージがインストールされている。

手順

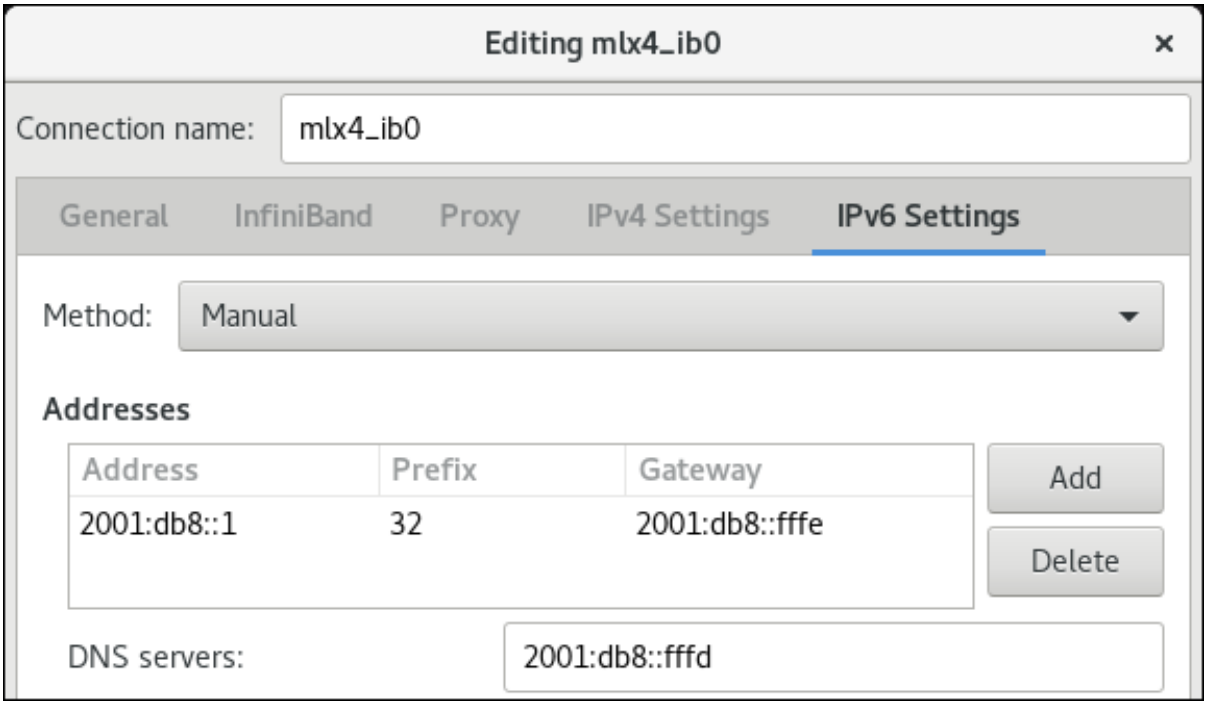
1. コマンドを入力します。

```
$ nm-connection-editor
```

2. **+** ボタンをクリックして、新しい接続を追加します。
3. **InfiniBand** 接続タイプを選択し、**Create** をクリックします。
4. **InfiniBand** タブで以下を行います。
   a. 必要に応じて、接続名を変更してください。
   b. トランスポートモードを選択します。
   c. デバイスを選択します。
   d. 必要に応じて MTU を設定します。
5. **IPv4 Settings** タブで、IPv4 設定を設定します。たとえば、静的な IPv4 アドレス、ネットワークマスク、デフォルトゲートウェイ、および DNS サーバーを設定します。



6. **IPv6 設定** タブで、IPv6 設定を設定します。たとえば、静的な IPv6 アドレス、ネットワークマスク、デフォルトゲートウェイ、および DNS サーバーを設定します。



7. **保存** をクリックして、チーム接続を保存します。

8. **nm-connection-editor** を閉じます。

9. **P_Key** インターフェイスを設定することができます。この設定は **nm-connection-editor** では利用できないため、コマンドラインでこのパラメーターを設定する必要があります。
   たとえば、**mlx4_ib0** 接続の **P_Key** インターフェイスとして **0x8002** を設定するには、以下のコマンドを実行します。

```
# nmcli connection modify mlx4_ib0 infiniband.p-key 0x8002
```

第7章 INFINIBAND ネットワークのテスト

本セクションでは、InfiniBand ネットワークをテストする手順を説明します。

7.1. 初期の INFINIBAND RDMA 操作のテスト

本セクションでは、InfiniBand リモートダイレクトメモリーアクセス (RDMA) 操作をテストする方法を説明します。

注記

このセクションは、InfiniBand デバイスにのみ適用されます。Internet Wide-area Remote Protocol (iWARP)、RDMA over Converged Ethernet (RoCE)、または InfiniBand over Ethernet (IBoE) デバイスなどの IP ベースのデバイスを使用する場合、以下を参照してください。

- ping ユーティリティーを使用した IPoIB のテスト
- IPoIB の設定後に qperf を使用した RDMA ネットワークのテスト

前提条件

- **rdma** サービスが設定されている。
- **libibverbs-utils** パッケージ および **infiniband-diags** パッケージがインストールされている。

手順

1. 利用可能な InfiniBand デバイスの一覧を表示します。

```
# ibv_devices

    device                 node GUID
    ------              ----------------
    mlx4_0              0002c903003178f0
    mlx4_1              f4521403007bcba0
```

2. **mlx4_1** デバイスの情報を表示する場合。

```
# ibv_devinfo -d mlx4_1

hca_id: mlx4_1
        transport:                  InfiniBand (0)
        fw_ver:                     2.30.8000
        node_guid:                  f452:1403:007b:cba0
        sys_image_guid:             f452:1403:007b:cba3
        vendor_id:                  0x02c9
        vendor_part_id:             4099
        hw_ver:                     0x0
        board_id:                   MT_1090120019
        phys_port_cnt:              2
            port:   1
                state:              PORT_ACTIVE (4)
                max_mtu:            4096 (5)
```

```
            active_mtu:         2048 (4)
            sm_lid:             2
            port_lid:           2
            port_lmc:           0x01
            link_layer:         InfiniBand

        port:   2
            state:              PORT_ACTIVE (4)
            max_mtu:            4096 (5)
            active_mtu:         4096 (5)
            sm_lid:             0
            port_lid:           0
            port_lmc:           0x00
            link_layer:         Ethernet
```

3. **mlx4_1** デバイスのステータスを表示する場合。

```
# ibstat mlx4_1

CA 'mlx4_1'
    CA type: MT4099
    Number of ports: 2
    Firmware version: 2.30.8000
    Hardware version: 0
    Node GUID: 0xf4521403007bcba0
    System image GUID: 0xf4521403007bcba3
    Port 1:
        State: Active
        Physical state: LinkUp
        Rate: 56
        Base lid: 2
        LMC: 1
        SM lid: 2
        Capability mask: 0x0251486a
        Port GUID: 0xf4521403007bcba1
        Link layer: InfiniBand
    Port 2:
        State: Active
        Physical state: LinkUp
        Rate: 40
        Base lid: 0
        LMC: 0
        SM lid: 0
        Capability mask: 0x04010000
        Port GUID: 0xf65214fffe7bcba2
        Link layer: Ethernet
```

4. **ibping** ユーティリティーは、InfiniBand アドレスに ping を実行し、クライアント/サーバーとして動作します。

    a. ホストでサーバーモードを開始するには、ポート番号 **-P** の **-S** パラメーターを **-C** InfiniBand 認証局 (CA) 名で使用します。

```
# ibping -S -C mlx4_1 -P 1
```

b. 別のホストでクライアントモードを開始するには、**-C** InfiniBand 認証局 (CA) 名と **-L** ローカル識別子 (LID) を使用して、ポート番号 **-P** でいくつかのパケット **-c** を送信します。

```
# ibping -c 50 -C mlx4_0 -P 1 -L 2
```

関連情報

- **ibping(8)** man ページ

7.2. PING ユーティリティーを使用した IPOIB のテスト

IP over InfiniBand (IPoIB) を設定したら、**ping** ユーティリティーを使用して ICMP パケットを送信し、IPoIB 接続をテストします。

前提条件

- 2 台の RDMA ホストは、同じ InfiniBand ファブリックに RDMA ポートで接続されている。
- 両方のホストの IPoIB インターフェイスは、同じサブネット内の IP アドレスで設定されている。

手順

- **ping** ユーティリティーを使用して、5 つの ICMP パケットをリモートホストの InfiniBand アダプターに送信します。

```
# ping -c5 192.0.2.1
```

7.3. IPOIB の設定後に QPERF を使用した RDMA ネットワークのテスト

qperf ユーティリティーは、2 つのノード間の RDMA と IP のパフォーマンスを、帯域幅、レイテンシー、CPU 使用率の観点から測定します。

前提条件

- **qperf** パッケージが両方のホストにインストールされている。
- IPoIB が両方のホストに設定されている。

手順

1. サーバーとして機能するオプションを指定せずに、いずれかのホストで **qperf** を起動します。

```
# qperf
```

2. クライアントで以下のコマンドを使用します。コマンドは、クライアントの **mlx4_0** ホストチャネルアダプターのポート **1** を使用して、サーバーの InfiniBand アダプターに割り当てられた IP アドレス **192.0.2.1** に接続します。

   a. 設定を表示するには、以下を実行します。

```
# qperf -v -i mlx4_0:1 192.0.2.1 conf
```

```
conf:
    loc_node   =  rdma-dev-01.lab.bos.redhat.com
    loc_cpu    =  12 Cores: Mixed CPUs
    loc_os     =  Linux 4.18.0-187.el8.x86_64
    loc_qperf  =  0.4.11
    rem_node   =  rdma-dev-00.lab.bos.redhat.com
    rem_cpu    =  12 Cores: Mixed CPUs
    rem_os     =  Linux 4.18.0-187.el8.x86_64
    rem_qperf  =  0.4.11
```

b. Reliable Connection (RC) ストリーミングの双方向帯域幅を表示するには、以下を入力します。

```
# qperf -v -i mlx4_0:1 192.0.2.1 rc_bi_bw

rc_bi_bw:
    bw              =  10.7 GB/sec
    msg_rate        =   163 K/sec
    loc_id          =  mlx4_0
    rem_id          =  mlx4_0:1
    loc_cpus_used   =    65 % cpus
    rem_cpus_used   =    62 % cpus
```

c. RC ストリーミングの一方向帯域幅を表示するには、以下を入力します。

```
# qperf -v -i mlx4_0:1 192.0.2.1 rc_bw

rc_bw:
    bw              =  6.19 GB/sec
    msg_rate        =  94.4 K/sec
    loc_id          =  mlx4_0
    rem_id          =  mlx4_0:1
    send_cost       =  63.5 ms/GB
    recv_cost       =    63 ms/GB
    send_cpus_used  =  39.5 % cpus
    recv_cpus_used  =    39 % cpus
```

関連情報

- **qperf(1)** man ページ