xsigo systems

# Internt Week 2011
# InfiniBand

2011年12月

# はじめに

xsigo systems

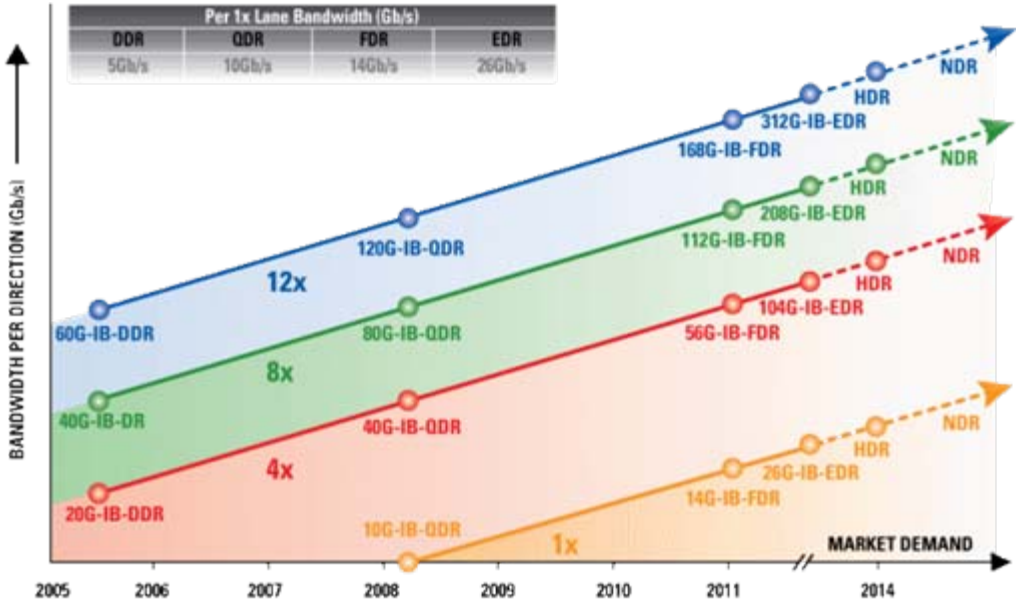
- InfiniBand基礎の理解
- EthernetでいうところのXXXは、InfiniBandではどうなっているの？
- データセンタでのInfiniBandの利用

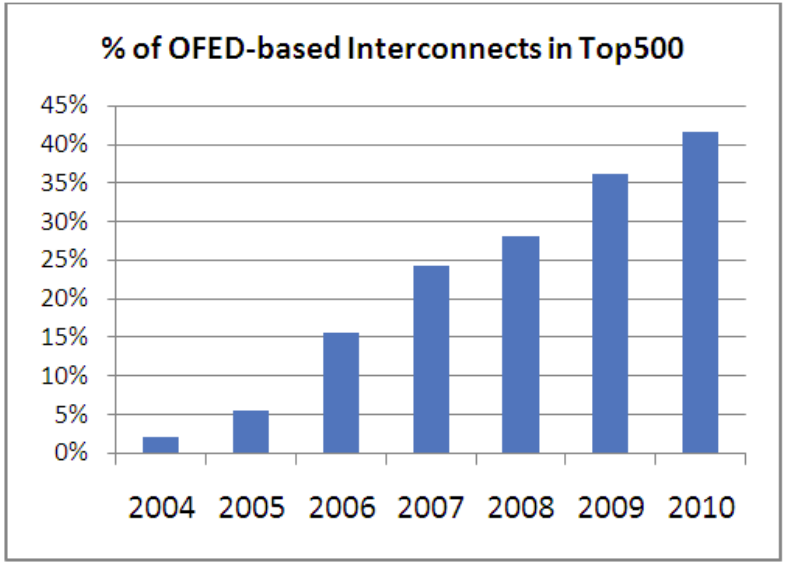
# アジェンダ

- InfiniBand概要
- Ethernetとの機能比較
- データセンタへの適用

# InfiniBand

- InfiniBand® Trade Association (IBTA)により、策定されたサーバ・ストレージなどインフラを接続するファブリック技術。
- 広帯域・低遅延・低消費電力・コストパフォーマンスのアドバンテージ
- スーパーコンピュータ/HPC、金融分野で普及
- ストレージ・バックエンド、データベースクラスタで実装



# 用語

- データレート
  - Single Data Rate (SDR), 10Gbps (実レートは 8Gbps)
  - Double Data Rate (DDR), 20Gbps (実レートは16Gbps)
  - Quad Data Rate (QDR), 40Gbps (実レートは32Gbps)

  エンコードに8B/10Bが使われるため、実効レートが80%

  今後登場する規格ではエンコードが64B/66B
  - Fourteen Data Rate（FDR）, 56Gbps（実レートは54Gbps)
  - 2012年以降に予定されているEDR 100Gbps（実効レート96Gbps）

- InfiniBand デバイス
  - ホスト・チャネル・アダプタ (HCA)
    - ホスト側の接続デバイス
  - ターゲット・チャネル・アダプタ (TCA)
    - I/O ターゲット側のデバイス
  - スイッチ

# 実際の性能

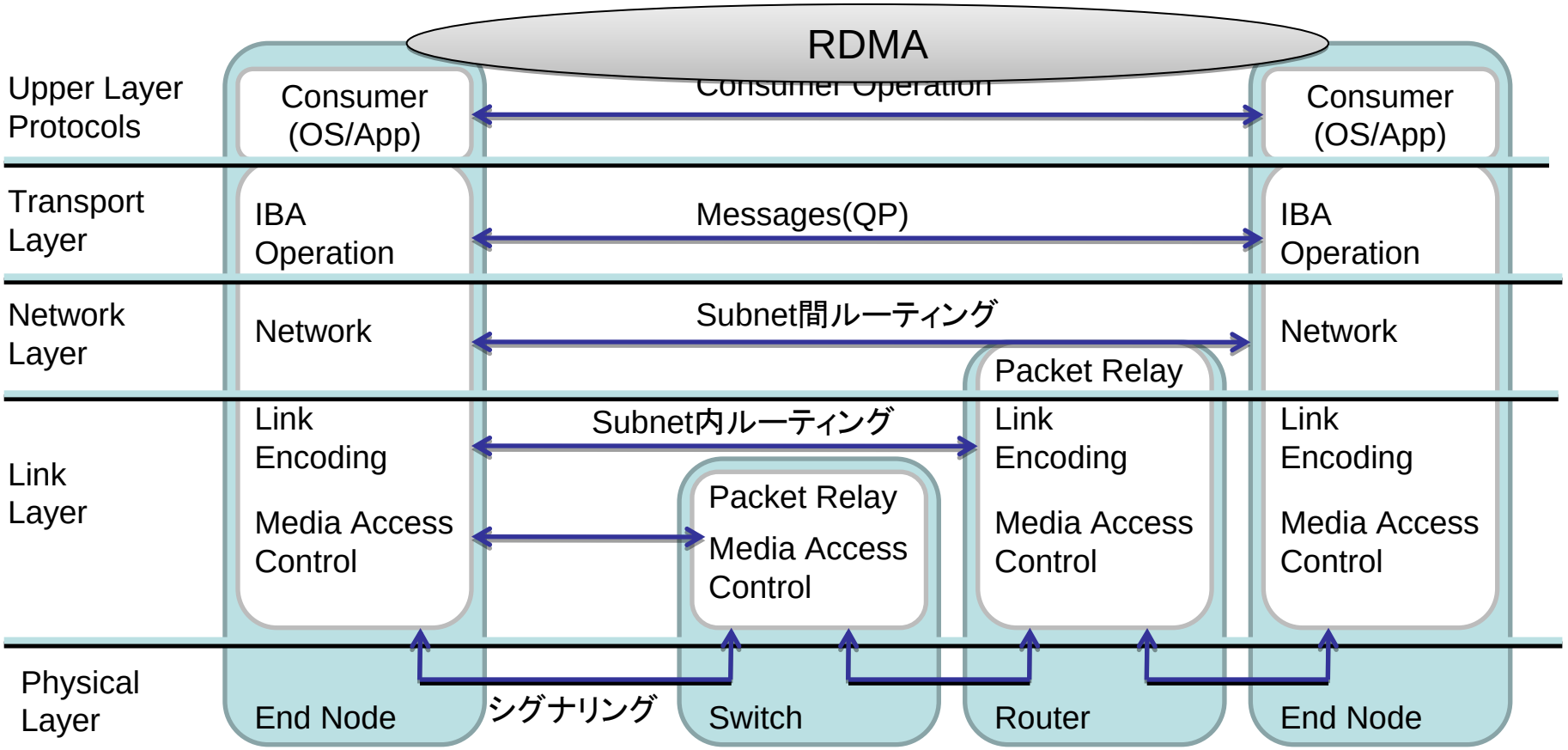
- DDR(20G)の場合：
  - IPoIBで、ほぼワイヤーレート(16Gbps)

```
# iperf -c 7.7.7.2 -P 8
------------------------------------------------------------
Client connecting to 7.7.7.2, TCP port 5001
...
[SUM]  0.0-10.0 sec  18.2 GBytes  15.7 Gbits/sec
```

- QDR(40G)の場合では、26-27Gbps
  - PCIe Gen2の帯域が上限
- FDR(56G)には、PCIe Gen3が必要

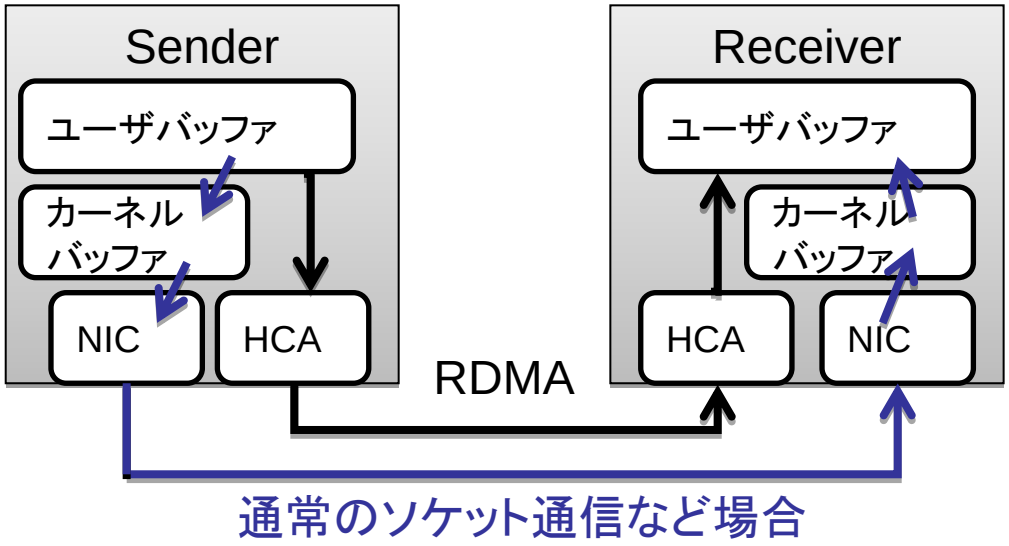
# レイヤー・アーキテクチャ

- 詳細は、”*InfiniBand Architecture Specification*”をご参照ください。



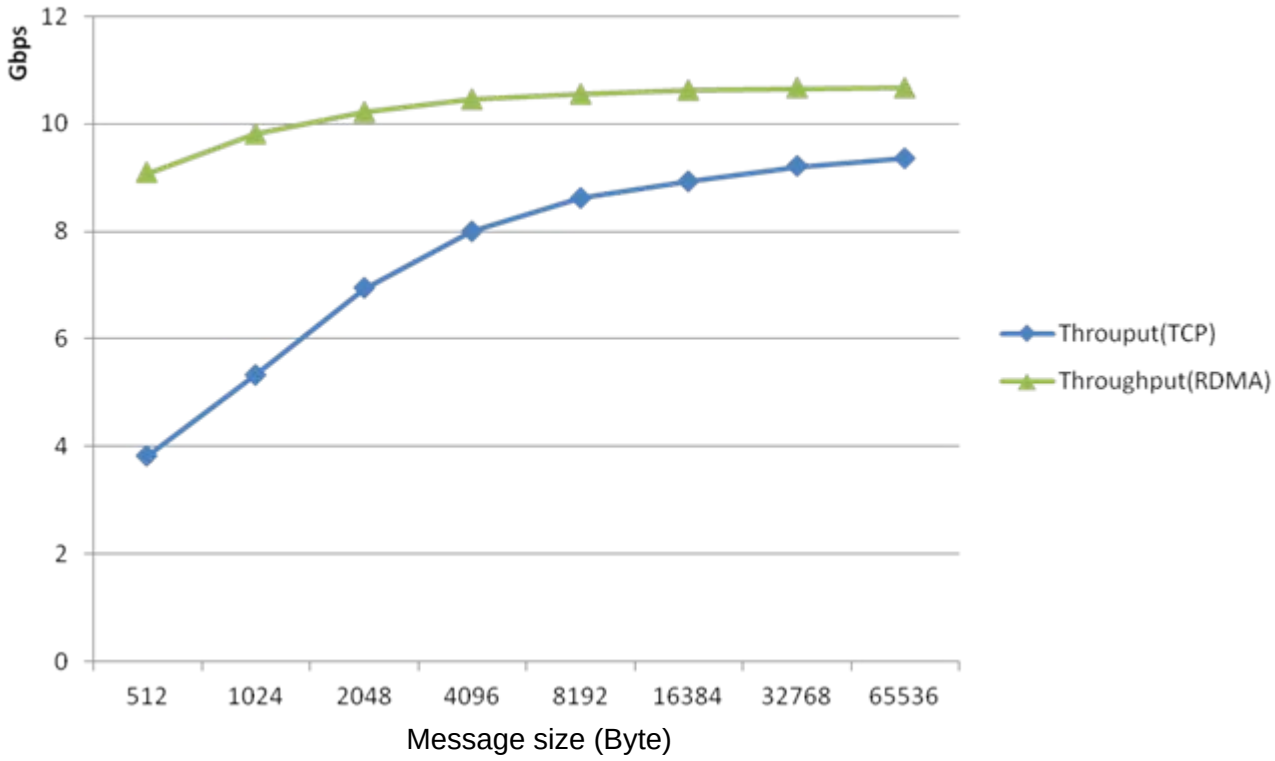
# RDMA技術とは？

- Remote Direct Memory Access(RDMA)
  - アプリケーションは直接リモートノードと通信できる
  - システムバス、CPUの負荷も低く抑えられる



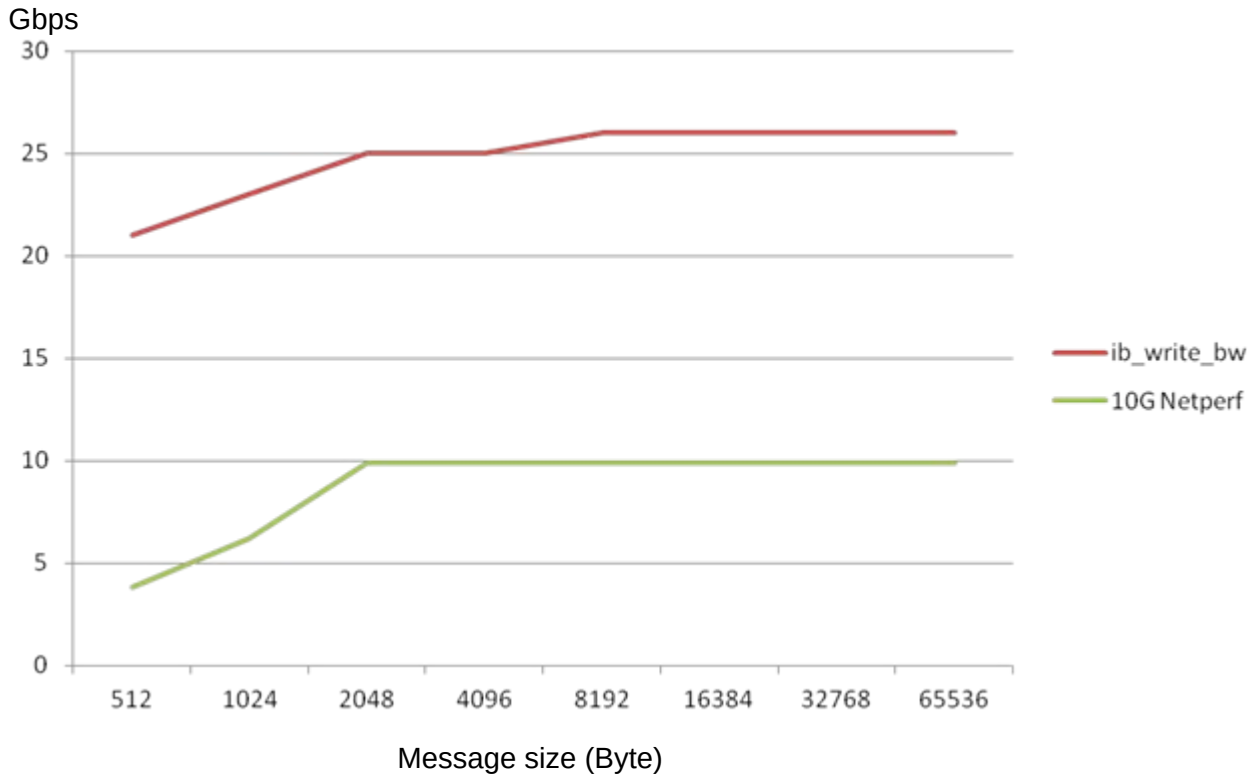
# TCP vs RDMA

少し古いサーバでのNetperf（TCP) vs ib_write_bw(RDMA)



# TCP vs RDMA

10GE Netperf（TCP) vs QDR ib_write_bw(RDMA)

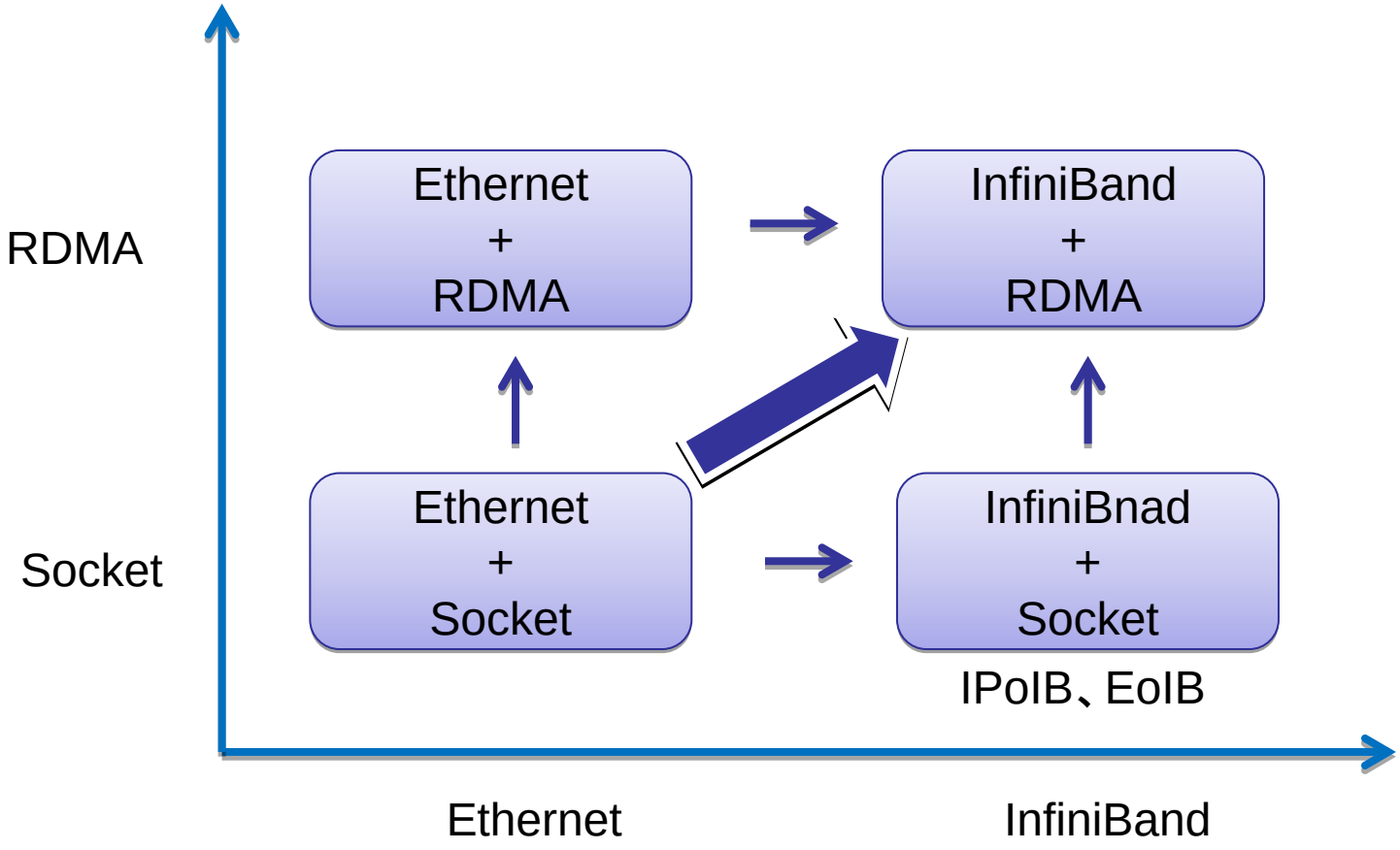


# RDMA over Converged Ethernet

xsigo systems

- RoCE(ロッキー）
  - Ethernet上でRDMAを実装
  - Soft HCA
    - Software（ドライバ）でRDMAを実装
    - IntelやBroadcomの標準NICでも動作可能（CNAでも動作可）
    - IBのHCA(Host Channel Adaptor）では通常HWでRDMA処理
    - Mellanox社の10GE NICではHWでRDMA処理
  - OFED1.5（2010年）より実装

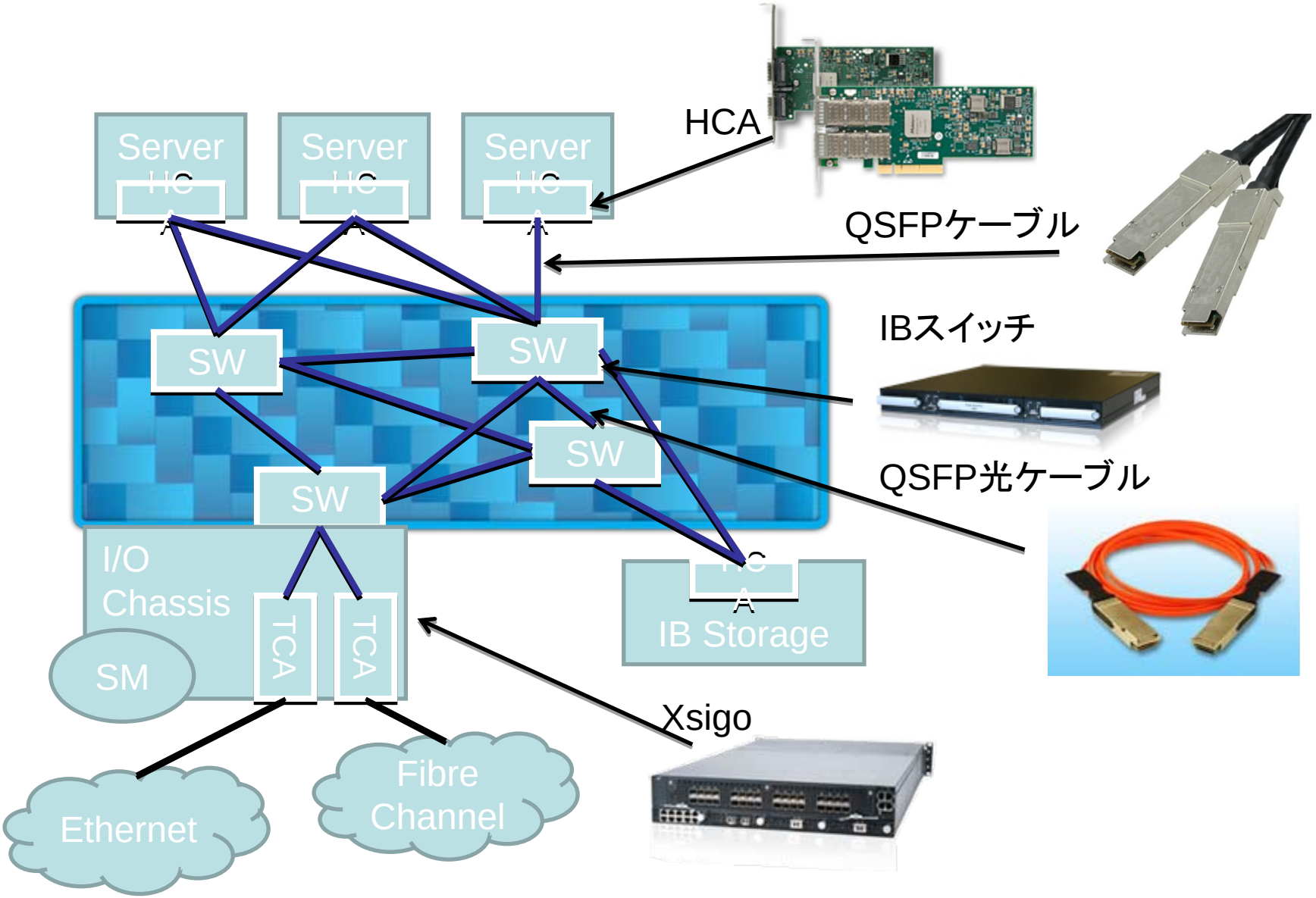
# InfiniBandとRDMA



# アジェンダ

- InfiniBand概要
- Ethernetとの機能比較
- データセンタへの適用

# InfiniBand ファブリック



# IBパケット・フォーマット


- Local Routing Header(LRH): 宛先LID、送信元LID、サービスレベル（VL）を指定。
- Transport Header(TH): 宛先QP番号、パケットシーケンス、オペレーションコード（Opcode）を指定など。
- Invariant CRC(ICRC): ファブリック内で不変のCRC（GRH以外を対象）
- Variant CRC(VCRC):　GRHも含め対象
- 最大パケット長は2Kバイト。（オプションで最大4Kバイトまで拡張）

Global Packet:


- Global Routing Header(GRH): 異なるサブネット間でのルーティング。RouterはVCRCを再計算。

# ノードアドレス≒MACアドレス

- すべてのデバイスおよびポートは、*Globally Unique Identifiers (GUID)* というグローバルでユニークなIDが割り付けられる
  - 64-bit アドレス
    - 例 GUID: *0x0013970102000157*
  - GUIDの前半部分は、ハードウェアベンダーの情報となる
- 各ポートは、*Local Identifier (LID)*がダイナミックにアサインされる
  - 16-bit長
    - Unicast LID  0x0001-0xBFFF = 48K アドレス
    - Multicast LID  0xC000-0xFFFE = 16K アドレス
    - Permissive LID  0xFFFF ディスカバリプロセスで使用
  - サブネットマネージャ（SM）から動的にアサインされる
  - エンドポイントのアドレスとして使用される (スイッチもHCAもLIDを持つ)
  - 通常は、サブネット内で1から順にアサインされる
  - 通常リブート後にはSMがキャッシュしているリブート前のアドレスをアサイン

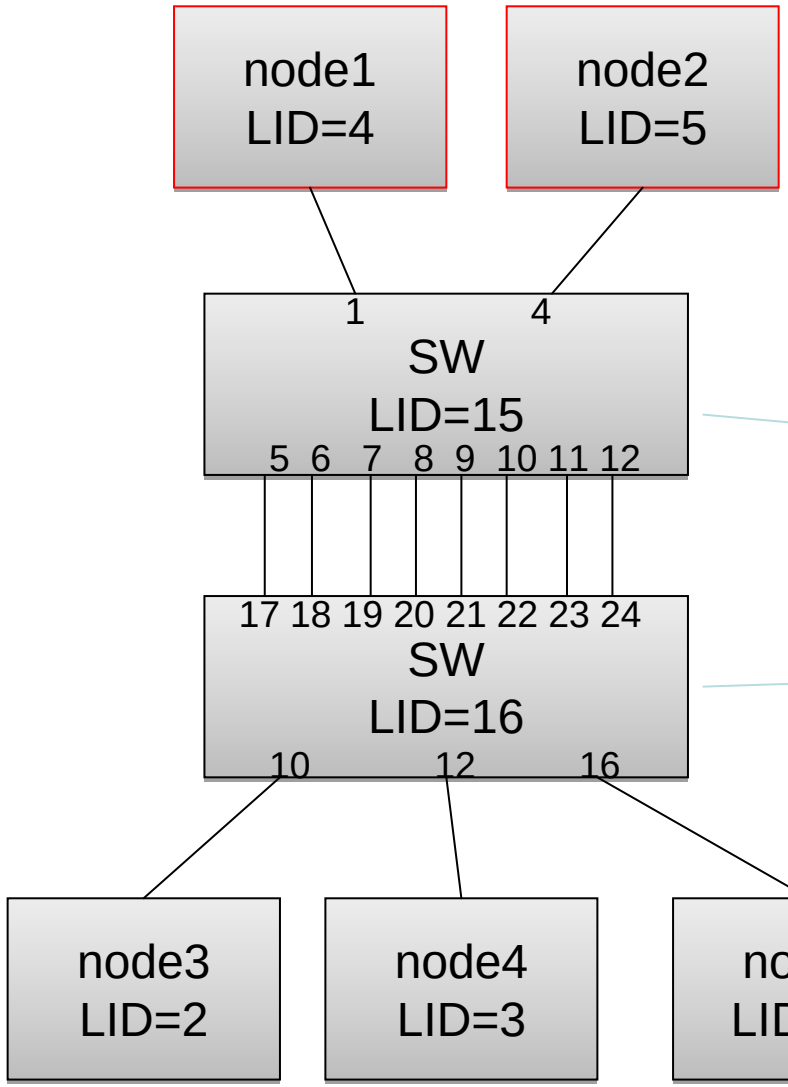
# サブネット・マネージャ (SM)

- Infinibandファブリックは最低ひとつのSM
- 網内に複数のSMが存在する場合
  - ひとつのSMが「Master」、ほかのSMは「Standby」となる
- ファブリック内のどこでもSMを配置できる
- ノード、スイッチ、スペシャルデバイスなど、SMの場所はどこでもよい
- SM とSMA (サブネット・マネージャ・エージェント)
  - すべてのIBデバイスはサブネット・マネージャ・エージェントを持つ
  - SMはマネージメント・データグラム・パケット（MAD）をSMAへ送信する
- SMAは、ローカルのステータスの変更を通知する際に、TrapをSMへ送信する
- SM がサブネット・トポロジーを管理
  - NodeInfo、portInfo、switchInfo、GUIDInfo、ForwardingTable、LinkInfoなど
- サブネットのトポロジーとPathInfoを作成

# パケット・フォワーディング

| Ethernetスイッチ | InfiniBnadスイッチ |
| --- | --- |
| パケットが到着した時点で、送信元MACアドレスをフォワーディング・テーブルに登録 | ノードが起動した時点で、SMから全スイッチにLIDを登録。<br>SMではMin-Hopアルゴリズムで最短経路が計算。 |
| Unknownユニキャストはフラッディング | SMからLIDを取得するので、Unknownユニキャストは無 |
| ブロードキャストはフラッディング | FFFFはPLIDで予約のため、無 |
| Multicastは、IGMP-Snoopingでは必要なポートのみ転送 | MLIDで必要なポートのみ転送。SMにより管理 |
| ストア・アンド・フォワーディングの場合、パケット長に応じて転送遅延増大 | カットスルー方式 |

# ユニキャスト・フォワーディング・テーブル

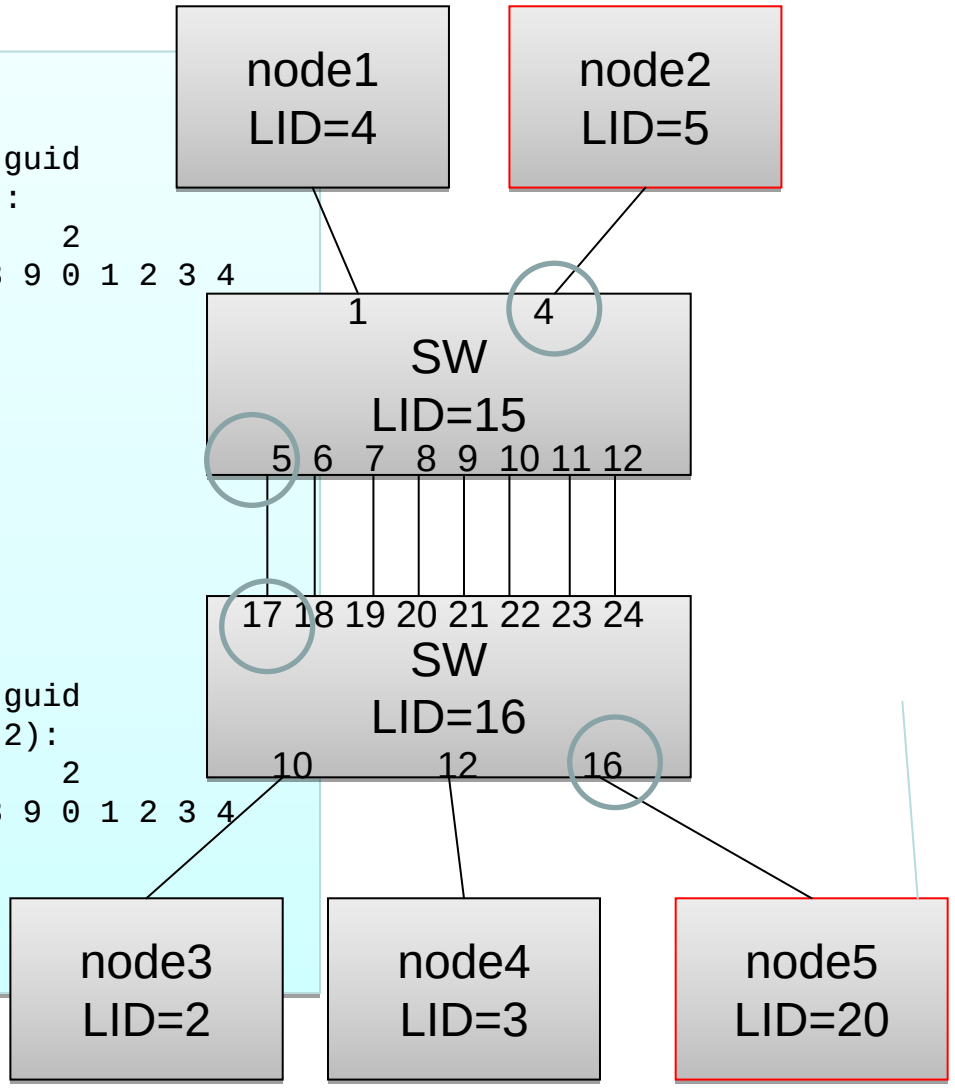



```
~# ibroute 15 -n
Unicast lids [0x0-0x14] of
switch Lid 15..:
  Lid  Out   Destination
       Port     Info
-----------------------
0x0002 006
0x0003 005
0x0004 001
0x0005 004
0x000f 000
0x0010 008
0x0011 013
0x0014 007
8 valid lids d
```

```
~# ibroute 16 -n
Unicast lids [0x0-0x14] of
switch Lid 16:
  Lid  Out   Destination
       Port     Info
---------------------------
0x0002 012
0x0003 010
0x0004 017
0x0005 018
0x000f 019
0x0010 000
0x0011 019
0x0014 016
8 valid lids dumped
```

# マルチキャスト・フォワーディング・テーブル

```
vp780p:~# ibroute -M 15
Multicast mlids [0xc000-0xc3ff] of switch Lid 15 guid
0x0013970101000175 (Xsigo Core: INI Ver: 1.0.0.2):
           0                   1                   2
     Ports: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4
 MLid
0xc000              x x
0xc001              x x
0xc002              x
0xc003              x
0xc004              x
0xc005              x
0xc006              x
7 valid mlids dumped
vp780p:~# ibroute -M 16
Multicast mlids [0xc000-0xc3ff] of switch Lid 16 guid
0x0013970102000175 (Xsigo Leaf 1: INI Ver: 1.0.0.2):
           0                   1                   2
     Ports: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4
 MLid
0xc000                                        x x
0xc001                                        x x
2 valid mlids dumped
```

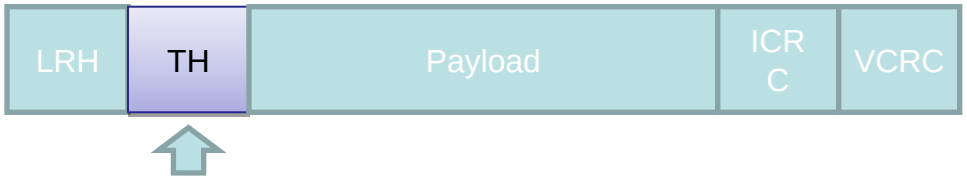


# 冗長化

- Ethernetで使われるスパニングツリーのような仕組みは不要
  - SMで最短経路が計算され、SWに渡される
  - 障害時には、TrapがSMへ送られて、即時に経路情報が再計算
- LAG、LACPなどの設定不要
  - トポロジーは、SMで管理されており、設定不要
  - 同一HopのMultipathは、ランダムに割り当て

# フロー制御

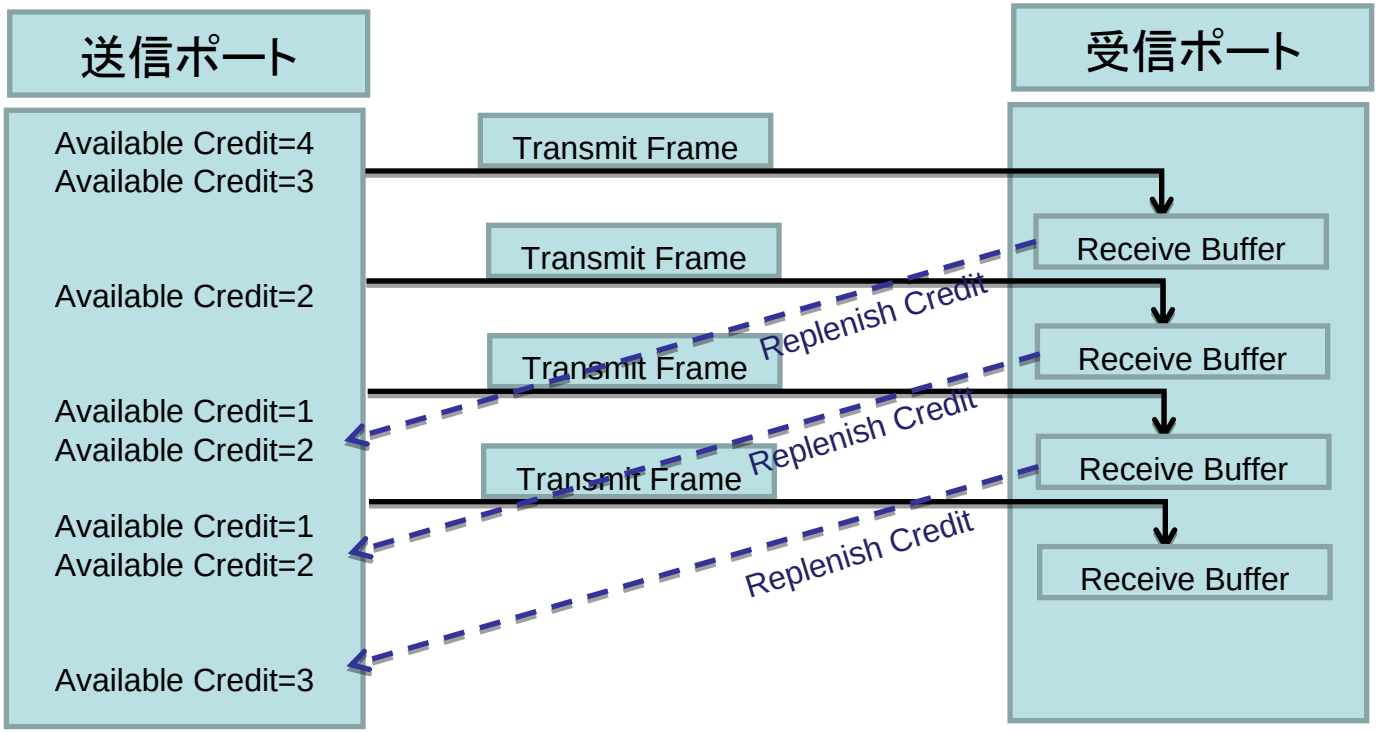
- トランスポートサービス




  - Reliable Connection(RC)
  - Unreliable Connection(UC)
  - Reliable Datagram (RD)
  - Unreliable Datagram (UD)
- Reliebleサービスでは、データは保証される。=ロス・レス

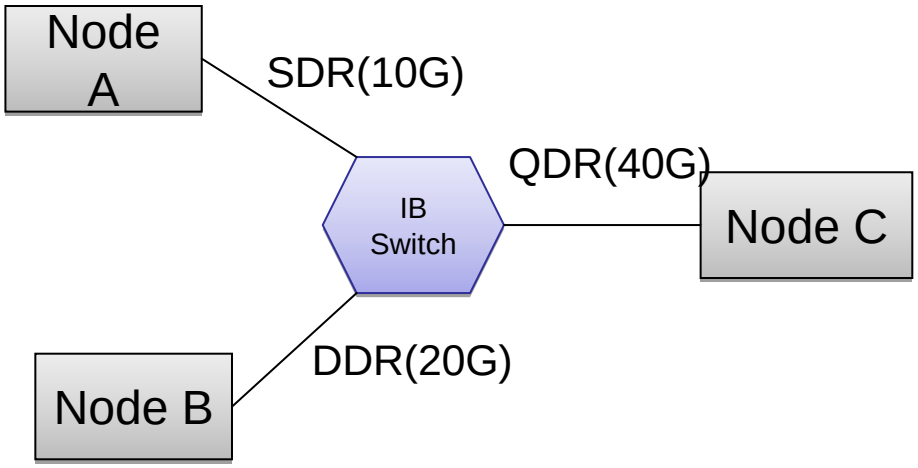
# フロー制御 続き

- クレジットベースのフロー制御
  - FCで使われている信頼性の高いフロー制御
  - EthernetではPause Frameによる制御



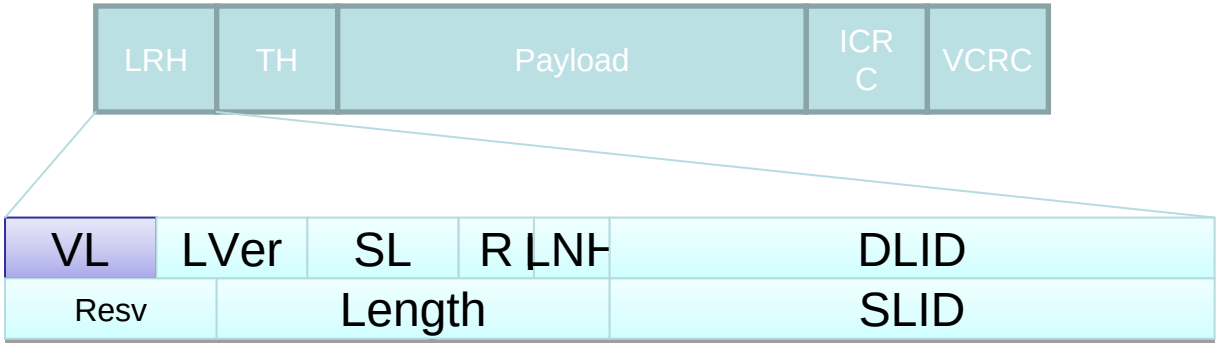
# フロー制御 続き

- Inter Packet Delay (IPD)
  - 異なるリンクスピードとの通信においては、送信パケット間に適当なDelayが指定され、バッファのオーバフローを防ぎます。



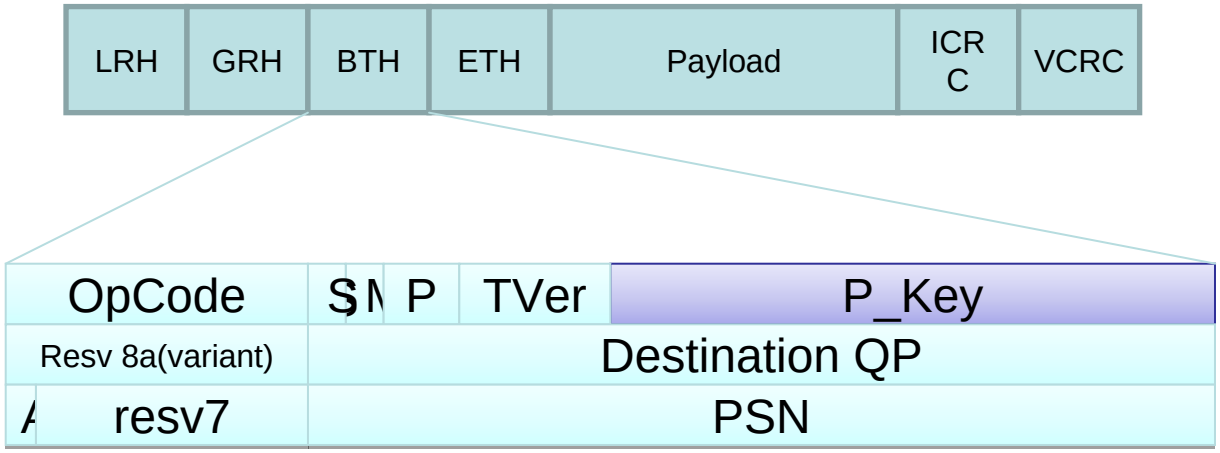

| IPD | rate | Comment |
|---|---|---|
| 0 | 100% | Suited for matched links |
| 1 | 50% | |
| 2 | 33% | Suited for 30 Gbps to 10 Gbps conversion |
| 3 | 25% | Suited for 10 Gbps to 2.5 Gbps conversion |
| 11 | 8% | Suited for a 30 Gbps to 2.5 Gbps conversion |

# QoS、CoS



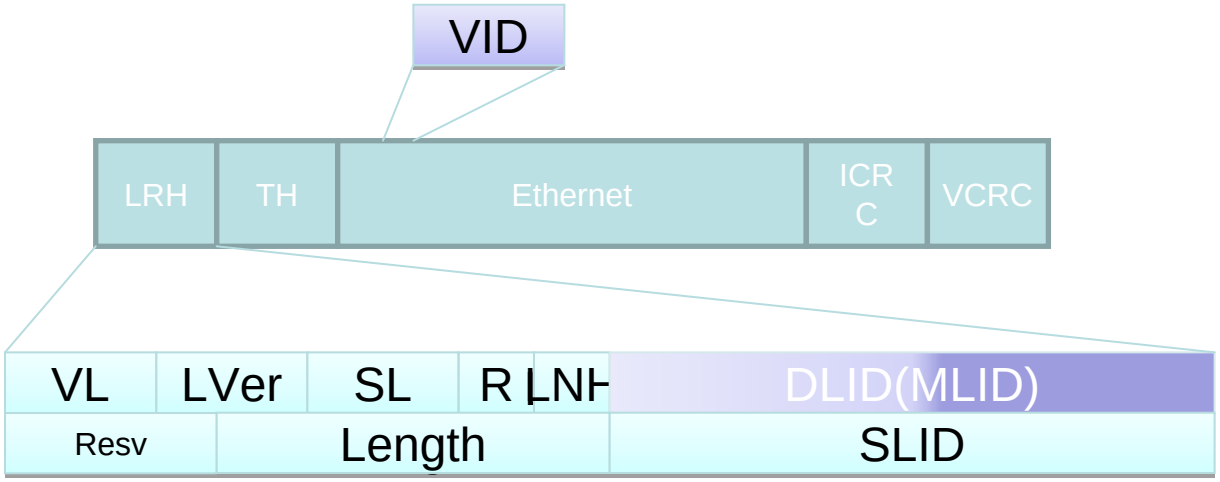

- バーチャル・レーン（4ビット）
  - 物理リンク毎に、最大16バーチャル・レーン（VL)を持ち、キューイングが行われ、Head-of-Line Blockingを防ぐ。各VLでそれぞれのバッファスペースを持つ。VL15はSMP専用となる。
  - ≒802.1p（3ビット）

# VLAN的なもの～パーティショニング




- Partition Key(P_Key): 16ビット
  - 最上位ビットはメンバーシップ・タイプに使用。InfiniBandファブリック内を分割。P_Keyがマッチしたパケットのみを受信。P_KeyテーブルはPartition Managerによりコントロール。

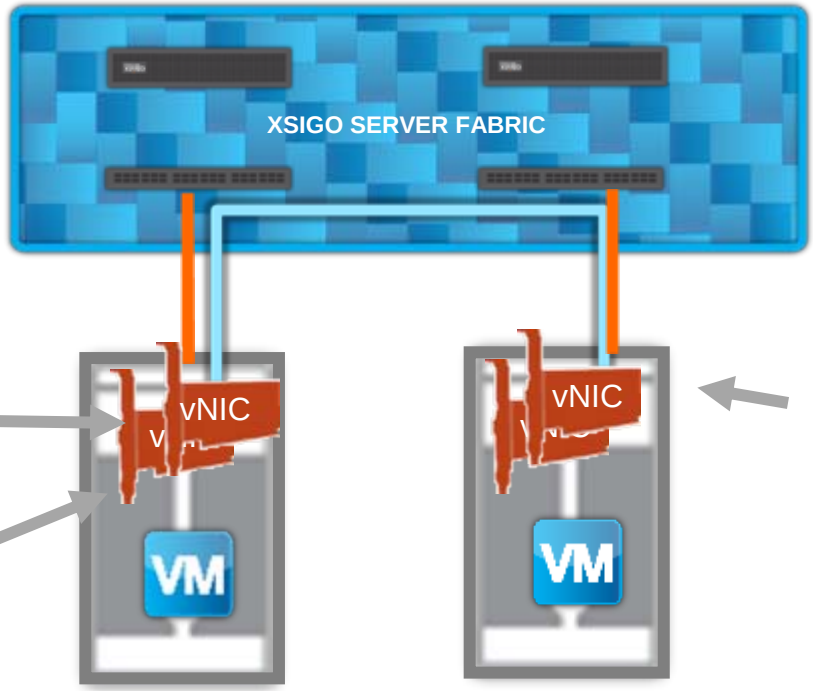
# Xsigo Server Fabric (XSF)




- Multicast LID(MLID): 16K アドレス
  - MLID単位でEthernetブロードキャストドメインを分割
- EthernetのVLAN ID(4K VLAN)も併用可能

# Xsigo Server Fabric

InfiniBand上でEthernet フレームをトンネリング

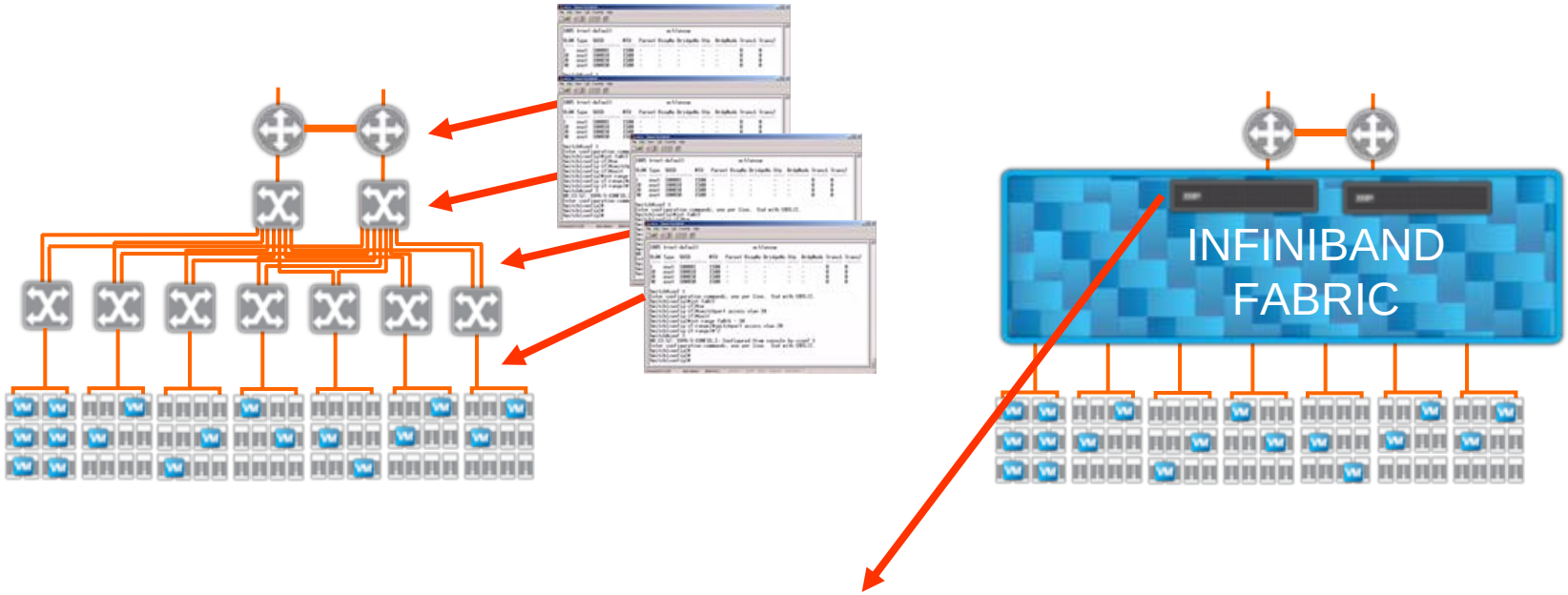



サーバ上では標準のEthernet NICとして見える

複数作成可能

サーバにはIB HCAと、Xsigoドライバをインストール

# Diagnostic




```
admin@vp780p[xsigo] show diagnostics ib-path hpesx40.shibuya.xsigo.com 10


name                      lid/port  width/speed  SymErrs  LnkRcov  LnkDwnd  RxErrs  RxSwErr  TxDisc  TxPkts  RxPkts  XmtWait
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
hpesx40 InfiniHostEx HCA  1/1       4X/2.5 Gbps  0        0        0        0       0        0       473958  476090  0
Xsigo Core Switch         15/2      4X/2.5 Gbps  0        0        0        0       0        0       476092  473961  0
Xsigo Core Switch         15/5      4X/5.0 Gbps  0        0        0        0       1        0       741245  515937  0
Xsigo Leaf 1 Switch       16/17     4X/5.0 Gbps  0        0        0        0       0        0       515939  741249  0
Xsigo Leaf 1 Switch       16/10     4X/5.0 Gbps  0        0        0        0       0        0       701435  701423  0
slot=10 vn10x1gcard       6/1       4X/5.0 Gbps  0        0        0        0       0        0       513412  209259  0
6 records displayed

admin@vp780p[xsigo]
```

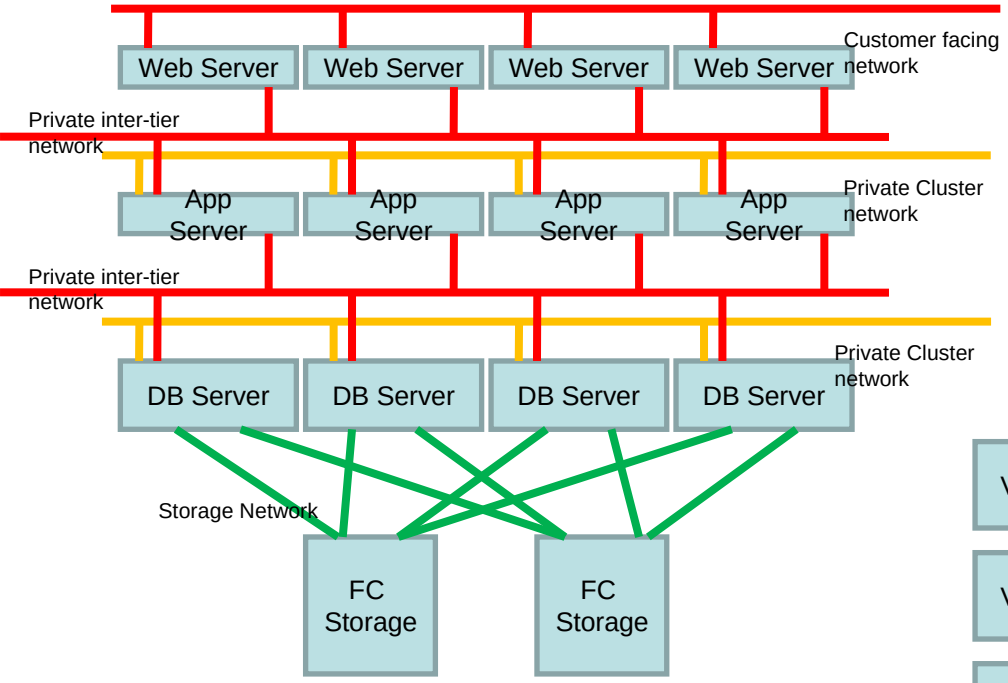
# アジェンダ

- InfiniBand概要
- Ethernetとの機能比較
- データセンタへの適用

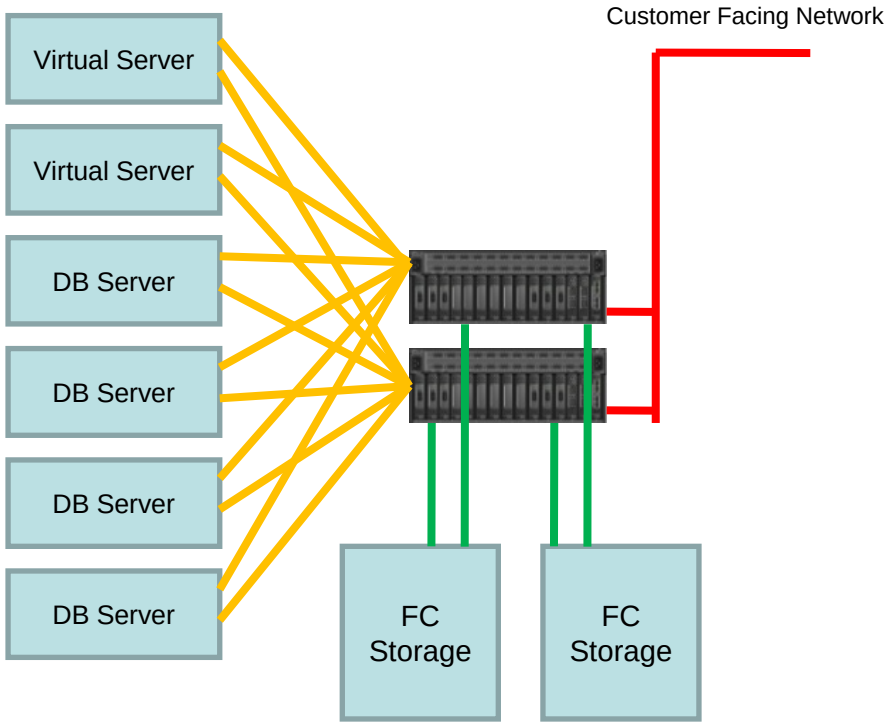
# 既存インフラとの混在

- IPoIB
  - OFEDで標準で提供
  - Bonding (=NIC Teaming)サポート
  - IPoIBルータは・・・・1GEくらいまで？
- EoIB、FCoIB
  - サーバとIO Chassis間をInfiniBandでトンネリング
  - GE、10GE、4G FC、8G FCへの接続可能

# I/O統合

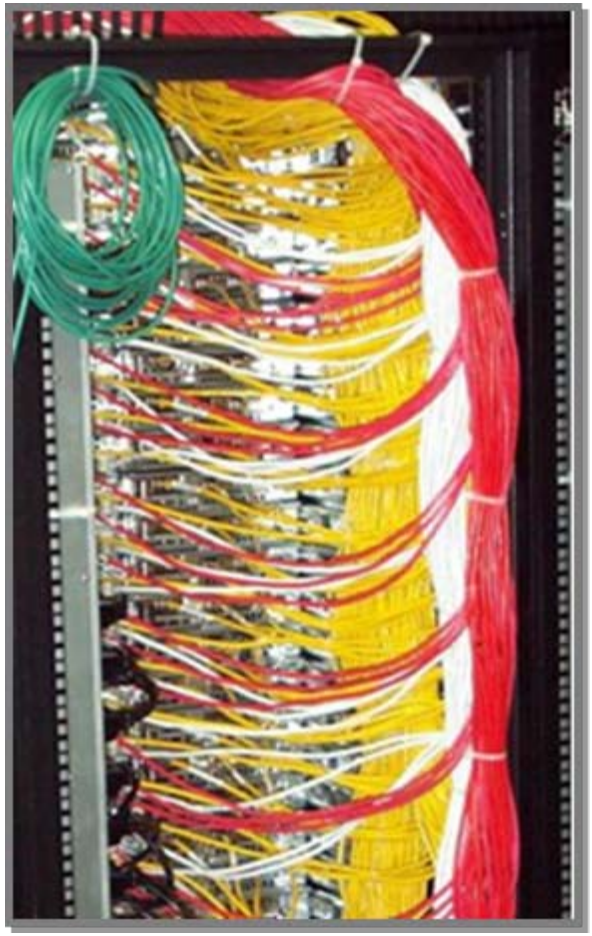



3 tier application stack



# ケーブル数の削減

統合前

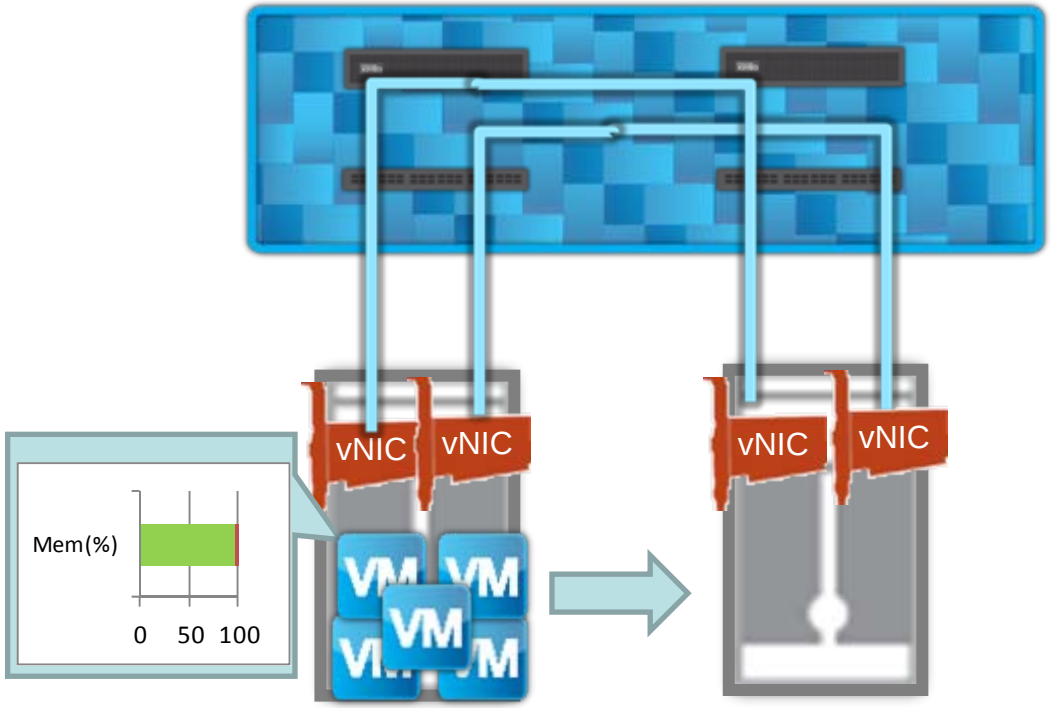


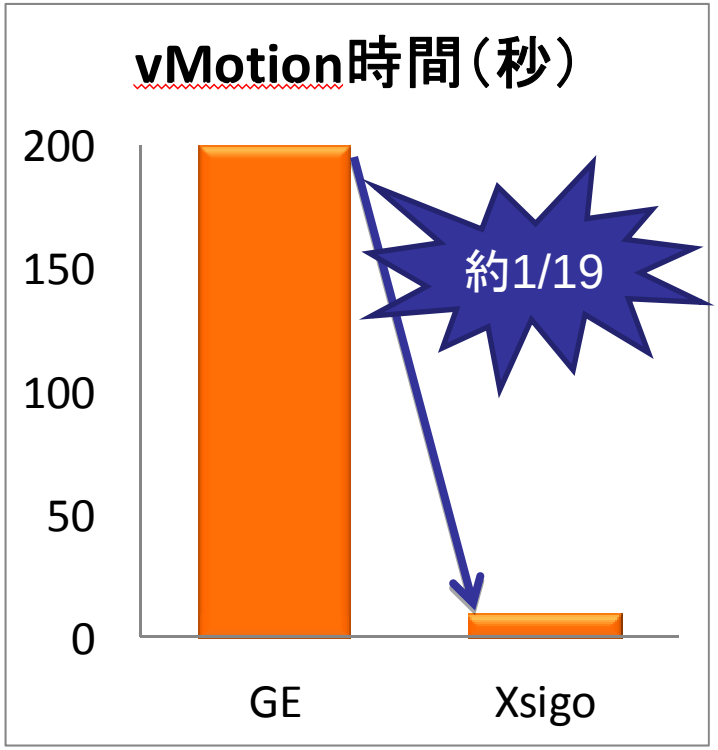
統合後

# ライブ・マイグレーション

- ５台のVMへメモリ負荷をかけた状態で、ライブマイグレーションに要する時間を測定
- 1GE接続に比べて、XSFでは19倍高速に

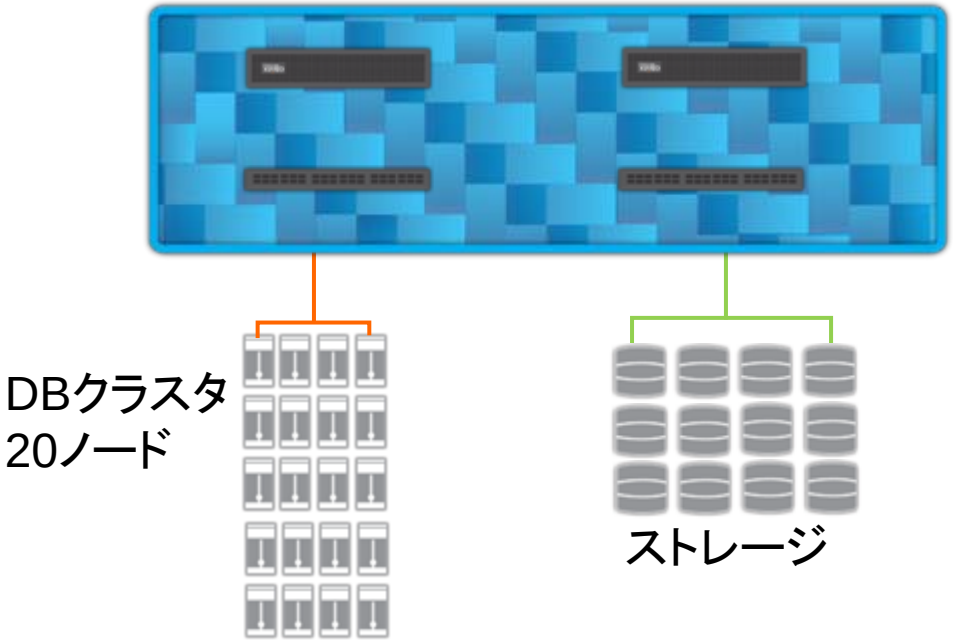
※ESX5より、複数vmknicでのvMotionが可能



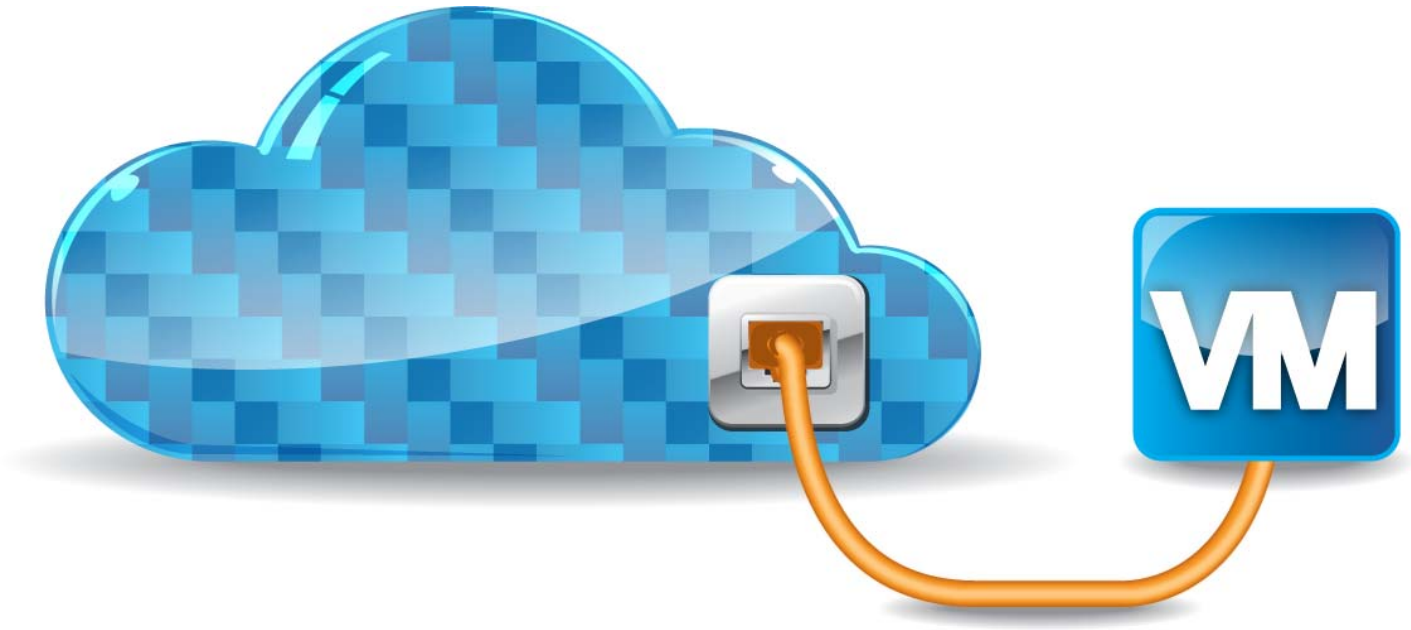
# DBクエリ時間の短縮

- 20ノードのDBクラスタをXsigoへIB接続
- 監査クエリに対して、1GEで50秒→ Xsigoで3秒へ短縮
- クエリ処理速度は平均でも2倍以上向上




# まとめ

- InfiniBandは、下位レイヤと上位のRDMAレイヤで構成されている
- 下位レイヤは、非常にシンプルかつ高速
- データセンタでは、I/O統合が可能


VM