

ホワイト・ペーパー

革新的な Oracle Database ストレージ・テクノロジーの解説

Oracle Exadata Database Machine X8M :
他に類を見ないパフォーマンスを提供

Brian Garrett、VP Validation Services

2019 年 12 月

この ESG White Paper はオラクルが委託したもので、ESG のライセンスの下で配布されます。

目次

革新的な Oracle Database ストレージ・テクノロジーの解説.....	3
加速しつつあるデータベース・ストレージ・テクノロジーの進化.....	3
Oracle Database 向けの新しいストレージ・メディア・オプション	3
PMEM と SCM の比較	3
メモリ・モード PMEM とダイレクト・モード PMEM の比較.....	4
Oracle Database 向けの新しいストレージ・アクセス・プロトコル	4
RoCE と NVMe over Fabric (NVMe-oF) の比較.....	5
新しいストレージ・アーキテクチャの Oracle Database のパフォーマンス上の利点を検証.....	5
RoCE with AppDirect PMEM	5
SCM を備えた NVMe-oF ストレージ・システム.....	5
PMEM を備えたサーバー・システム.....	6
Oracle Exadata X8M アーキテクチャの革新的なストレージ・パフォーマンスの利点.....	6
ベンダーからの主張についての詳述	7
全体像	9

革新的な Oracle Database ストレージ・テクノロジーの解説

このレポートでは、Oracle Database アプリケーションに画期的なパフォーマンス上の利点をもたらす、いくつかの新しいストレージ技術について説明します。ここでの目標は、新しいストレージ・アクセス・プロトコル（RoCE や NVMe-oF など）、メディア・オプション（PMEM や SCM など）、およびアーキテクチャの“多数の略語”によって実現可能な桁違いのパフォーマンス上の利点に関する、混乱を招くようなベンダーの主張について説明することです。

加速しつつあるデータベース・ストレージ・テクノロジーの進化

データベース・ストレージのパフォーマンスは、CPU およびサーバー・テクノロジーの急激な改良に遅れをとらないようにしながら、過去 20 年間にわたってゆっくりと進化してきました。ストレージ・アクセス・プロトコルや機械で回転するハード・ディスク・ドライブ技術の進化により、20 年以上かかってデータベース・ストレージ待ち時間が 5 倍～10 倍改良されました（例：1986 年の 5 MB/秒の平行 SCSI や 4,800 RPM ハード・ドライブから 2006 年の 16 Gbps ファイバ・チャネルや 15,000 RPM ハード・ドライブまで）。

データベース・ストレージのパフォーマンス向上におけるビッグバンは、ソリッドステート・ドライブ（SSD）がエンタープライズクラスのストレージ・ソリューションとして浸透し始めた 2008 年頃に始まりました。従来のストレージ・アーキテクチャが進化して新しいボトルネックが排除されたため、その後 10 年間でストレージ待ち時間は 5 倍～10 倍短縮され、新しいアーキテクチャを備えたオールフラッシュ・アレイのおかげで、2018 年には 1 ミリ秒～3 ミリ秒のデータベース・ストレージ待ち時間が当たり前になりました。

2019 年には、画期的な改良の 2 つのビッグバンが始まり、それぞれにデータベース・ストレージのパフォーマンスをさらに 5 倍～10 倍向上させる可能性があります。永続メモリ（PMEM）などの新しいストレージ・メディア・オプションの速度は DRAM の速度に近づいており、RDMA over Converged Ethernet（RoCE）などの Remote Direct Memory Access（RDMA）技術がストレージ・アクセスを加速しています。

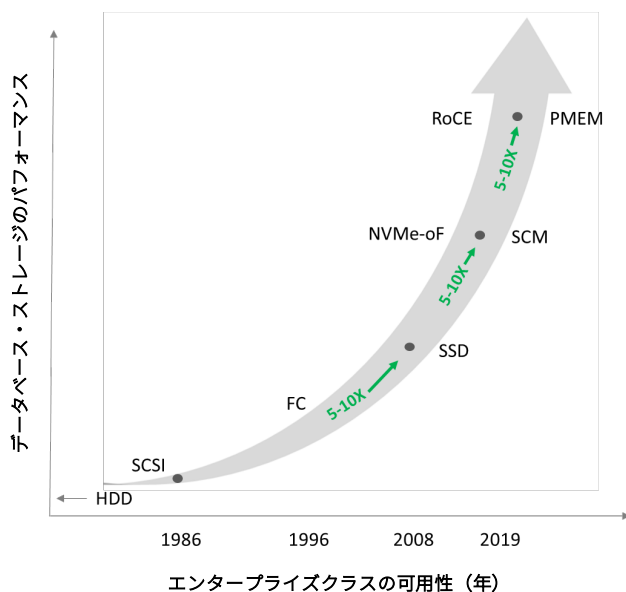
Oracle Database 向けの新しいストレージ・メディア・オプション

PMEM およびストレージ・クラス・メモリ（SCM）は、従来の SSD および HDD 技術の不揮発性の利点を備えた RAM のランダムアクセスの利点を提供するという目標で設計された、新しい不揮発性ストレージ・メディア・オプションの 2 つのバリエーションとして広く受け入れられています。

ストレージ・メディアの階層

	レイテンシ	容量
↑ DRAM & CPU CACHE		
PMEM	1,000x	1x
SCM	100x	1x
SSD	10x	10x
HDD	1x	1,000x

加速するデータベース・ストレージ技術の進化



PMEM と SCM の比較

PMEM は通常、DRAM のようにメモリ・スロットにプラグインする NVDIMM モジュールとしてパッケージ化されます。

SCM は、通常はストレージ・システムへの PCIe 接続を備えた SSD モジュールのようにパッケージ化される PMEM テクノロジーです。この非同期プロトコルは、PMEM より最大 10 倍遅く、最新の NVMe 接続の SSD より最大 10 倍速く、従来の HDD より最大 1,000 倍速くなっています。

メモリ・モード PMEM とダイレクト・モード PMEM の比較

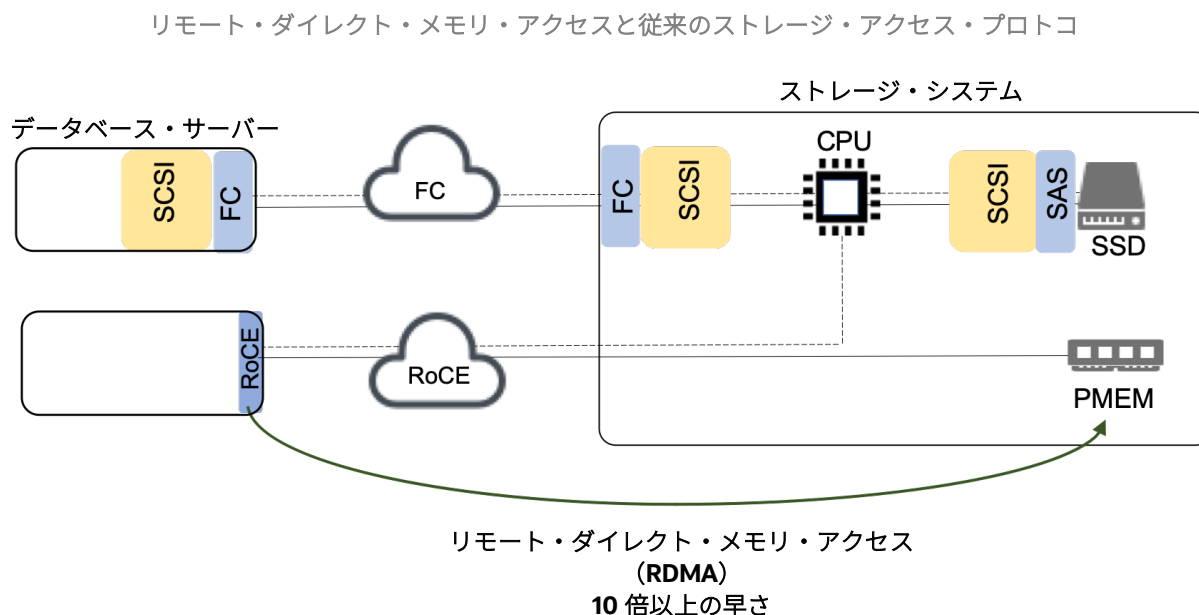
PMEM は、2つのアドレッシング・モードをサポートしています。メモリ・モードは、従来の HDD および SSD と同様のブロックベースのアドレッシング・スキーマを使用します。ダイレクト・モードは、DRAM メモリのバイト・レベルのアドレッシング・スキーマを模倣します。メモリ・モード PMEM は、大容量 PMEM モジュールの前でキャッシュのように働く DRAM を使用します。ダイレクト・モード PMEM は、通常は AppDirect モードと呼ばれ、メモリ・バス上の永続ストレージへの直接アクセスを通じて高速のアクセスを実現します。AppDirect PMEM のバイト・レベルのアドレッシング・スキーマは、従来のブロックベースの I/O よりも小さな不揮発性のアプリケーション・ストレージ・リクエストに理想的に適しています（8 KB の読取り/変更/書込みの代わりに 64 バイトのメタデータ書込み）。従来のデータベースやオペレーティング・システムは、AppDirect PMEM のパフォーマンス上の利点を最大化するように修正する必要がありますが、AppDirect PMEM が組み込まれているデータベース・プラットフォーム（Oracle Exadata X8M など）を使用するアプリケーションは、データベース・プラットフォーム・ベンダーがすでに変換作業を完了しているため、変更せずに実行できます。

Oracle Database 向けの新しいストレージ・アクセス・プロトコル

PMEM および SCM のデータベース・アプリケーション・パフォーマンス上の利点は、ダイレクト・メモリ・アクセス技術を利用する新しいフロントエンドのストレージ・アクセス・プロトコルと組み合わせることで強化されます。

RDMA と従来のデータベース・サーバー・ストレージ・アクセス・プロトコルの比較

RDMA と従来のストレージ・アクセス・プロトコルの利点を説明するために、従来の FC 接続のストレージ・システムと RoCE 接続のデータベース・サーバーとの違いを検証してみましょう。以下に示す従来の例（上部）では、データベース読取りとログ書込みは、I/O がストレージ・システムに転送される前に論理および物理転送 FC 処理（SCSI/FC）を待機する必要があります。そして、ストレージ・システム内の CPU は、データベース・アプリケーションの継続を可能にするために、事前にフロントエンド処理（FC/SCSI）およびバックエンド処理（SCSI/SAS）を設定して待機する必要があります。この従来型のアクセス方法は、不揮発性の AppDirect PMEM ストレージを使用したデータベース・アプリケーションをローカル・メモリとほぼ同じ速さで提供する RDMA over Converged Ethernet（RoCE）方法よりも最大 100 倍速度が低下します。



RoCE と NVMe over Fabric (NVMe-oF) の比較

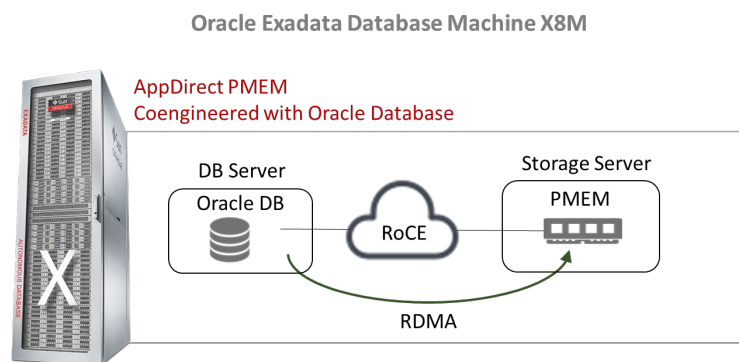
RoCE および NVMe-oF は、DMA テクノロジーを利用してデータベース・アプリケーションのパフォーマンスを向上させる、新しいフロントエンドのストレージ・アクセス・プロトコルのうちの2つのオプションです。RoCE は、40 Gbps または 100 Gbps のイーサネット・ネットワークと RoCE アダプタを利用します。NVMe-oF は、40 Gbps または 100 Gbps のイーサネット・ネットワークおよびホスト・アダプタと同じ方法でデプロイが可能で、従来型の FC ネットワーキング (FC-NVMe) を使用するように構成することもできます。RoCE および NVMe-oF は、フロントエンドのデータベース I/O リクエストに対して同様のネットワーキング・パフォーマンス上の利点を提供しますが、それらがエンド・ツー・エンドのストレージ・アーキテクチャで使用される方法が、最大で 10 倍またはそれ以上のデータベースおよびアプリケーションのパフォーマンスの違いにつながる可能性があります。

新しいストレージ・アーキテクチャの Oracle Database のパフォーマンス上の利点を検証

ここまで、いくつかの新しいフロントエンドおよびバックエンドのストレージ・テクノロジーがパフォーマンスに与え得る影響について見てきましたが、これらのテクノロジーを組み合わせることで Oracle Database のアプリケーション・パフォーマンスを加速化させるアーキテクチャのアプローチ間の、パフォーマンス上の相違点に目を向けてみましょう。

RoCE with AppDirect PMEM

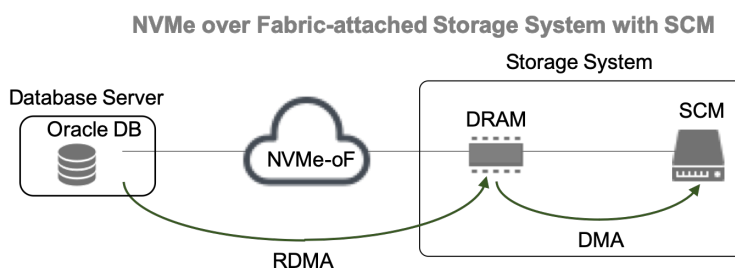
Oracle Exadata Database Machine X8M の RoCE with AppDirect PMEM アーキテクチャについて、以下の図にまとめます。Oracle Database アプリケーションは、1つの RDMA 転送を使用してストレージ・サーバーの PMEM にアクセスします。Oracle Database アプリケーションに最近追加されたネイティブの AppDirect PMEM サポートにより、RDMA PMEM I/O リクエストは、ローカル・メモリと同様に CPU オーバーヘッドなくバイト・レベルでアクセスされます。1 台の Exadata ラックで最大 18 のストレージ・サーバーがサポートされることで、スケールアウトが実現します。おのののストレージ・サーバーには 1.5 TB の PMEM が保持され、顧客の選択により、パフォーマンスを最大限に発揮する SSD 永続ストレージ、またはコスト効率に優れた HDD 永続ストレージが備わります。RoCE スイッチを追加してさらに最大 17 台のラックに接続することにより、Oracle Exadata X8M システムを拡張できます。このアプローチによって、Oracle Database



と共同開発された RDMA および AppDirect PMEM を備えた専用のプラットフォームを利用することに関連するあらゆる複雑さは、Oracle Exadata X8M の中では認識されません。

SCM を備えた NVMe-oF ストレージ・システム

市場をリードするベンダーのエンタープライズクラスのストレージ・ソリューションは、NVMe-oF および PMEM のサポートを追加しているところで、これはストレージ・フォーム・ファクタにパッケージ化されており、SCM として一般に知られています。最初のソリューションは 2019 年に入手可能になり、他のソリューションは事前告知はされていますが、本レポートの執筆時点では一般販売されていません。さまざまなストレージ・システムごとにフロントエンドとバックエンド間のアーキテクチャは異なりますが、以下の 2 つの DMA 転送を使用したアプローチを共有しています。1) NVMe-oF でのバッテリ・バックアップによるデータベース・サーバーと DRAM キャッシュ・バッファ間の RDMA 転送、およ

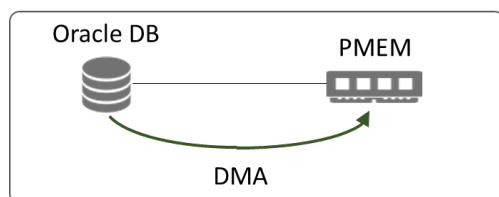


び 2) DRAM と SCM メディア間の DMA 転送このアプローチは、メモリマップされた DMA を使用しているために前世代の FC フロントエンドおよび NVMe バックエンドのアーキテクチャよりもはるかに高速ですが、RDMA 読取りリクエストの処理方法に関連してパフォーマンスが低下するために、**Oracle Exadata X8M のアプローチよりも最大で 10 倍速度が低下します**。Oracle Exadata X8M の読取りが高速なのは、PMEM キャッシュでデータをパブリッシュする特別なアルゴリズムのためです。これにより、RDMA が開始される前にリモート・メモリ・アドレスを検索するためにメッセージング・ハンドシェイクを行う必要のある、NVMe-oF SCM ソリューションのパフォーマンス・オーバーヘッドが排除されます。このアプローチでは、ネイティブの NVMe-oF オペレーティング・システム・サポート（Windows Server など）がなく、本レポートの執筆時点では NVMe-oF サポートを備えたエンタープライズクラスのストレージ・システムが一般販売されていないために、相互運用性も課題になり得ます。

PMEM を備えたサーバー・システム

DMA のパフォーマンスによる PMEM への利点を利用したサーバー・システムが現れ始めています。これらのソリューションのほとんどは、まだ AppDirect PMEM をサポートしていません。サーバー・システムには、サーバー DIMM スロットの制限（本レポートの執筆時点では 12 スロット）のために

Server System



スケラビリティと高可用性に関する課題があり、PMEM がサーバー間で共有されていないという事実によって従来の単一サーバーの高可用性に関する課題が生じています。ハイパーコンバージド・インフラストラクチャ（HCI）では、サーバー・ノード間の RDMA を利用するスケールアウトアプローチによってこれらの制限が克服される可能性があります。それにはストレージ（およびクラスタのメタデータ通信量）を複数のサーバー間で注意深く管理し、1 つのデバイスまたは HCI ノードの障害によってデータが使用不可能にならないようにする必要があります。

Oracle Exadata X8M アーキテクチャの革新的なストレージ・パフォーマンスの利点

Oracle Exadata X8M の RoCE および AppDirect PMEM アーキテクチャは、8K OLTP データベース・リクエストに対して 19 マイクロ秒未満という超高速のデータベース I/O 応答時間を実現し、単一ラックから最大 1600 万件の OLTP 読取り IOPS および 560 GB/秒の非圧縮の分析スループットを提供します。¹単一プラットフォームは、RoCE ケーブルおよび内部スイッチを使用して 18 ラックまで拡張でき、外部 RoCE スイッチを使用して 18 を超えるラックに拡張できます。

表 1 は、Oracle Database の新しいストレージ・アーキテクチャに関連するエンド・ツー・エンドのパフォーマンス上の利点と考慮事項をまとめたものです。

表 1 Oracle Database ストレージ・テクノロジーの考慮事項

	ストレージ・システム	サーバー・システム	Oracle Exadata X8M
I/O 待機時間	高速	より高速	最高速
考慮事項	NVMe-oF および SCM のサポート	スケラビリティと DIMM スロット制限	短い待機時間、高いスループット
	5 倍～10 倍速度が低下	HA の複雑性	Oracle Database と共同開発の HA

I/O 待機時間：

- NVMe-oF および SCM を備えたストレージ・システムは高速（前世代の SSD より最大 10 倍高速）。
- PMEM を備えたサーバー・システムはより高速。

¹ <https://blogs.oracle.com/exadata/exadata-x8m>

- RoCE および AppDirect PMEM を備えた Oracle Exadata X8M は Oracle Database の最高速のアーキテクチャ：NVMe-oF および SCM を備えたストレージ・システムより 5 倍～10 倍高速、SSD を備えた前世代のオールフラッシュ・ストレージ・システムより最大 100 倍高速、HDD より 1,000 倍高速。

NVMe-oF および SCM のサポート：ネイティブの NVMe-oF および SCM のサポートを備えたストレージ・システムおよびオペレーティング・システムの可用性は、本レポートの執筆時点では制限されています。このため、現在のところ RDMA アーキテクチャと最新のストレージ・メディアのパフォーマンス上の利点が得られる選択肢は限られています。また、業界が今後数年間にわたって相互運用性とサポートに関する課題を解決しようとする際のリスクが生じます。

スケーラビリティと DIMM スロットの制限：業界標準のサーバーの DIMM スロットの制限（本レポートの執筆時点では 12）により、新しい PMEM サーバー・システム・アーキテクチャの容量スケーラビリティが制限されます。この容量スケーラビリティの制限を破るためにクラスタリングおよびハイパーコンバージド・サーバー・システムのアーキテクチャを使用できますが、これによってノード間の移動に関連してパフォーマンスが低下するため、待機時間が発生して PMEM によって得られる可能性のあるパフォーマンスが抑制されます。

HA の複雑性：Oracle Exadata X8M およびエンタープライズクラスのストレージ・システムは、ミッションクリティカルなレベルの高可用性を念頭に置き、その目的に合わせて構築されました。たとえば、Oracle Exadata X8M はハードウェアレベルのミラー化を使用することで、データベース書き込みのコミットが必ず 2 セットの PMEM デバイスに同時に書き込まれるようにします。本レポートの執筆時点で出荷されている業界標準のサーバーを使用して、同様のレベルの高可用性とパフォーマンスを実装することは不可能です。

短い待機時間、高いスループット：Oracle Exadata X8M は、Intel Optane DC 永続メモリと 100 ギガビットの RDMA over Converged Ethernet を組み合わせることで、ストレージ・ボトルネックを排除し、OLTP、分析、IoT、不正、ネットワーク侵入検知、高頻度の取引などのもっとも要求の厳しいワークロードに対するパフォーマンスを劇的に向上させます。

Oracle Database と共同開発の HA：Oracle Exadata X8M アーキテクチャのパフォーマンス上の利点は、シンプルさと、Oracle Database と共同開発されていることによる将来性というメリットによって強化されます。

ベンダーからの主張についての詳述

革新的なストレージ・テクノロジーを利用して Oracle Database のパフォーマンスを実現している新しいアーキテクチャについていくつか説明してきました。次に、増え始めているベンダーの主張について明らかにしていきましょう。

"当社の NVMe-oF（または RoCE）を備えたストレージ・システムは、RDMA を使用して Oracle Exadata X8M と同じパフォーマンス上の利点を実現しています。"

NVMe-oF は、データベース・ストレージへのフロントエンドのアクセスを加速させますが、これには RDMA が開始される前にリモート・メモリ・アドレスを取得するためのメッセージング・ハンドシェイクが必要です。ストレージ・システムの RDMA フロントエンドとバックエンド間のアーキテクチャによっても、待機時間が発生することがしばしばあります。お客様のストレージ・ベンダーに 8KB OLTP ワークロードでの待機時間を尋ね、それを Oracle Exadata X8M（19 マイクロ秒未満）と比較してみてください。

"当社のストレージ・システムは、最新の SCM テクノロジーを使用して Oracle PMEM と同じパフォーマンス上の利点を実現しています。"
SCM および PMEM は、ストレージ・メディアへ DMA アクセスを提供する類似のテクノロジーを使用して Oracle Database のワークロードを加速させますが、SCM は PCI バスを介してアクセスする不揮発性メモリにデータを保存するため、DIMM スロット内のメモリのようにアクセスできる Oracle Exadata X8M PMEM よりも 5 倍～10 倍速度が低下します。

"当社の'NVMe 対応の'ストレージ・アーキテクチャは、Oracle Exadata X8M と同じパフォーマンス上の利点を実現できます。"
エンタープライズクラスのストレージ・システム・アーキテクチャは、過去数年にわたってバックエンド（NVMe 接続のフラッシュなど）の、より最近ではフロントエンド（NVMe-oF など）の NVMe DMA のパフォーマンス上の利点を利用するように進化してきました。このレポートで説明したように、新しい SCM および PMEM のテクノロジーを利用したい場合、少なくともフロントエンドとバックエンド間のアーキテクチャが関係します。ストレージ・ベンダーに"NVMe 対応"がフロントエンド、バックエンド、それともその両方のどれを意味するのか、そしてそれがいつ市販されてサポートされるのかを明らかにするよう尋ねてください。

“当社のサーバー・システム（またはハイパーバイザや HCI プラットフォーム）は PMEM をサポートしており、これによって Oracle Exadata X8M PMEM と同じパフォーマンス上の利点を実現しています。”

サーバー・システムの DIMM スロット内の永続メモリによって Oracle Database アプリケーションのパフォーマンスは向上しますが、Oracle Exadata X8M の 20 マイクロ秒未満の待機時間を実現できるかどうかを知るために以下の質問をする必要があります：AppDirect モードはサポートされていますか？PMEM を用いて REDO ログを加速させ、Oracle Exadata X8M で実行できるのと同じように数秒以内にデータベースを再起動できますか？DIMM スロット制限により、Oracle Database アプリケーションの容量およびパフォーマンス要件の充足が妨げられますか？PMEM モジュールに障害が発生した場合、何が起きますか？ソリューションの高可用性は Oracle Exadata X8M と同程度ですか？

“アプリケーションが AppDirect PMEM に対応していません。”

確かに AppDirect PMEM のパフォーマンス上の利点を利用するには、汎用のアプリケーション、オペレーティング・システム、およびハイパーバイザに変更を加える必要がありますが、ほとんどはまだ実行されていません。ただし、オラクルは必要な変更を Oracle Exadata X8M 内で行ったため、そこで Oracle Database を実行することで恩恵を受けるアプリケーションを変更する必要がありません。オラクルは、顧客が PMEM および RoCE の利点を享受するのに必要な“手間のかかる部分”をすべて、顧客側で変更を行うことなく実行しました。

“当社のソリューションではより高い IOPS を実現できるため、Oracle Exadata X8M より高速です。”

IOPS は理想的な条件下での I/O の最大値を測定したのですが、2 つのストレージ・ソリューションの速度を比較する際にもっとも重要なのは、データベース・アプリケーションが I/O リクエストを完了するまでにかかる時間を示す待機時間です。待機時間が、アプリケーション・ユーザーに影響するメトリックです。これは、スポーツ・カーにおける 0-60mph 加速の評価に似ています。各 I/O が早く完了するほど、より早くゴールに到達します。IOPS のような理想的な条件下のエンジンの出力（動力計で計ったものなど）は役に立ちますが、待機時間と同じように、0-60mph 加速の評価によって、実際の条件下で運転した場合にどれだけ早くゴールに到達するかがよりの確に示されます。競合するパフォーマンスに関する主張について使用された実際の条件に関して、以下の質問をしてください：各 I/O リクエストのサイズは、通常の実際のデータベース I/O リクエストよりも小さかったですか（512 バイトの読取りと 4KB OLTP の比較など）？待機時間は実際のストレージ・メディア自体から測定したものです（Oracle Exadata X8M PMEM と DRAM キャッシュ・バッファの比較など）？IOPS の多さと帯域幅に関する主張は、ストレージ・アーキテクチャの向上した待機時間によるものですか、または揃えられる以上の大量の機器によるものですか？

全体像

テクノロジー・ソリューションを選択する際に、技術面の詳細を掘り下げる必要がない場合もあります。しかし、少し深く掘り下げるにより、ソリューション間のパフォーマンスの相違の根底にある理由が明らかになります。そのために、ここではストレージ・メディア、アクセス・プロトコル、およびアーキテクチャの新しいイノベーションがなぜ他のストレージ・ソリューションおよびサーバー・ソリューションよりも Oracle Exadata X8M でより高いパフォーマンスを促進しているのかを見てきました。

データベース・ストレージ・パフォーマンスの改良は加速しながら進んでおり、2019 年には主要な 2 つの画期的な改良点が登場しました。1) DRAM の速度に匹敵する新しいストレージ・メディア（PMEM や SCM など）、および 2) ストレージ・アクセスを加速するダイレクト・メモリ・アクセス・テクノロジー（RoCE や NVMe-oF など）。

Oracle Exadata X8M は、これらのテクノロジーの進歩を組み合わせることで、スケーラビリティ、高可用性、およびコスト効率に優れた階層化を可能にしながら卓越したパフォーマンスを実現します。Oracle Database と共同開発された Oracle Exadata X8M と比較すると、PMEM または SCM を利用する他のストレージ・ソリューションおよびサーバー・ソリューションは、さまざまなパフォーマンスの低下やトレードオフの影響を受けています。

中には、同様の新しいテクノロジーを使用しているのだから Oracle Exadata X8M と同じパフォーマンスを実現できると主張するベンダーもいます。それは事実ではありません。ウサイン・ボルトと同じランニング・シューズを履いていると想像してみてください…。これは、あなたが彼ほど速く走れることを意味するわけではありません！ Oracle Database アプリケーションのパフォーマンス、スケーラビリティ、可用性、および相互運用性の要件に基づいて、真に情報に基づいた意思決定ができるように少し深く掘り下げて、いくつかの鋭い質問を投げかけてください。現在の評価で Oracle Exadata X8M が優れているのは、Oracle Database と共同開発され、目的に合わせて構築されたソリューションで最新のストレージ・メディアおよびアクセス・テクノロジーの力を利用する、とても洗練されたアーキテクチャによるものです。

ウサイン・ボルトの例を拡張すると、結論は、“データベース・パフォーマンス・レース”におけるオラクルと競合他社との間の距離は、見解上の問題ではなく、事実在即しているということです。Oracle Database アプリケーションの読取りおよび書き込みの加速化に関していえば、この“優先スタート”は、他の現行のストレージ・アレイ、サーバー、または HCl 製品の中には Exadata X8M への真の挑戦者が存在しないことを意味します。他社も確かに同じランニング・シューズを購入することはできますが、ESG の見解では、レースに勝てるのはオラクルだけです。

すべての商標は、該当する各社が所有しています。この発行物に含まれている情報は、The Enterprise Strategy Group (ESG) が信頼できると見なした情報源から入手されたものですが、ESG によって保証されるものではありません。この発行物には ESG の見解が含まれますが、随時変更される場合があります。この発行物の著作権は、The Enterprise Strategy Group, Inc. が保有しています。The Enterprise Strategy Group, Inc. の明確な同意なく、本発行物の全部または一部をハードコピー形式、電子的、または他の形で、受領の権限がない者に複製または再分散することは、米国著作権法に違反し、民事訴訟、および該当する場合は刑事訴追の対象となる場合があります。ご不明な点などありましたら、ESG クライアント・リレーション、508.482.0188 へお問い合わせください。



Enterprise Strategy Group は、ITアナリスト、調査、検証、および戦略を対象とし、グローバルなITコミュニティに実用的なインサイトとインテリジェンスを提供する企業です。

© 2019 by The Enterprise Strategy Group, Inc. All Rights Reserved.

