



業界トレンドおよび技術展望に関するソリューションブリーフ

MAID 2.0：処理能力を維持し、 低消費電力を実現するグリーンストレージ技術

セカンダリおよびニアラインストレージシステムのための低消費電力

Storage IO Group 創業者兼シニアアナリスト

グレッグ・シュルツ Greg Schulz



2008年1月2日

すべてのグリーンストレージが同じわけではありません。異なるデータ要求やアプリケーション要求に対応したエネルギー効率の高いストレージの選択は、ビジネスに利益をもたらします。今や、どこストレージメーカーも、低消費電力や冷却効率の向上、或いは省スペースなど、何らかの形で「グリーン」を謳っています。業界のトレンドと展望に関する本書は、セカンダリ、ニアライン、オフラインのデータ要求に対応したストレージのカテゴリに注目し、パフォーマンスと電力削減効果を比較することにより、最も「グリーン」を実現しているソリューションをユーザー自身に判断していただくためのものです。



はじめに

コンピューティングパワーが安価になるに従い、企業が必要とする情報を提供するためのデータストレージは、驚異的な成長を遂げてきました。これまで、IT企業におけるサーバーやストレージのエネルギー効率への関心はあまり高いものではありませんでした。しかし、電力の需要が供給を大幅に上回る昨今、電力価格が高騰するといった形で環境は急速な変化を見せています。

データセンターの電力需要の増大、1平方フィートあたりの消費電力密度、電力コストの高騰、電力インフラの供給状況などが、2006年に制定されたアメリカ合衆国法109-431と重なり、環境への意識が高まりました。この法律では、米国エネルギー省 (DoE: Department of Energy) の一部である米国環境保護庁 (EPA: Environmental Protection Agency) に、アメリカ合衆国のITデータセンターにおける消費電力についての実状を連邦議会に提出するよう要請しました。

2007年8月、EPAは連邦議会に対し、ITデータセンターでは、2006年に610億キロワット・アワー (kWh¹)、コストにすると約45億ドルもの電力を消費しているとの調査結果²を提出しました。さらに、ITデータセンターにおける1平方フィート当たりの消費電力は、標準的なオフィスビルと比較すると、平均15倍から20倍以上にも上ると報告しました。EPAは、電力消費の変化やエネルギー効率に改善が見られない場合、ITデータセンターの消費電力は2011年までに1000億kWhを超え、電力供給インフラにより一層の負担を強いると同時に、既に高騰している電力価格を更に引き上げる結果となると予測しています。

背景と課題

ITのグリーン化など環境への影響に対する意識が高まる中、Storage IO Groupは、調査やITに携わる人々とのディスカッションにより、およそ85-90%ものITデータセンターが差し迫った問題に直面していることに気づきました。それは、ボトルネックの増大に加え、許容限度を超える消費電力と冷却、そして設置スペースの不足が予測されるということです。ITデータセンターが、電力、冷却、設置スペースの課題に取り組み、効果的にエネルギー効率を向上した場合、主に三つの利点が考えられます。一つは環境負荷の低減、次に電力コストと冷却コストの削減、そして、進化するビジネス上のニーズに対応するアプリケーションの持続的な成長が可能になります。

Storage IOの調査によると、一般的に開発されたストレージシステムは、回転するハードディスクドライブ (HDD) とディスクエンクロージャが平均66-75%の電力を消費し、コントローラが電力消費の残りをしめます。標準的なデータセンターが実際にどれだけの電力をストレージ (サーバー内蔵および外部接続) で消費しているのか、そして、どれだけのアクティブなデータを有しているのか、どれだけのインアクティブなデータを有しているのかについては、議論の余地があるものの、ハードディスクを回転させるには電力を必要とする、という点については見解が一致しています。そして、そのハードディスクの電力消費におけるひとつの異なるアプローチとして、(www.greendatastorage.com 参照) インアクティブ状態のハードディスクを停止するという方法が考えられます。しかし、アプリケーションのレスポンスタイムやデータの可用性に悪影響を与えることなく、いかに実現するかが問題となっています。

MAID (Massive or Monolithic Array of Idle Disks)³ の基本的な前提は、ノートPCやワークステーションと同様に、ハードディスクが使用されていない時には停止するというものです。しかし、ノートPCやデスクトップPCと違って、エンタープライズストレージシステムのハードディスクを停止することは、アプリケーションのパフォーマンスや可用性の低下といったマイナス影響が危惧されると同時に、ハードディスクのスピンアップ時のパワーサージによるハードディスク障害やダメージの可能性といった様々な課題が存在します。

¹ 1 kWhは、1,000ワットの電力もしくは1,000ワットを消費する機器の使用による1時間あたりの電力量のこと。

² 2007年の連邦議会へ提出されたEPA報告書のStorageIO Groupによる分析は以下のURLを参照。
http://www.storageio.com/Reports/StorageIO_WP_EPA_Report_Aug1407.pdf

³ 「The Many Faces of MAID (MAIDの多面性)」についての業界動向および見通しについては、www.storageio.com を参照。



ハードディスクの常時回転を前提に、設計、最適化されたハイパフォーマンスストレージシステムとは異なり、ノートPCは、電力の節約やバッテリー寿命を最大限延ばすために、ハードディスクの起動と停止を切り替えるような設計になっています。ハードディスク停止のメリットについては、常に業界で議論が行われています。

結果として、MAID技術を採用した企業は、MAID搭載の製品が、なぜ安全なのか、ハードディスク停止による影響や早期故障などのリスクの回避方法についての説明に力を注いでいます。

MAID 2.0とインテリジェント・パワー・マネジメント(IPM)の融合

MAID搭載の機器は、ハードディスクが起動中か停止状態のいずれかであり、処理能力の低下を伴う第1世代のMAID 1.0から、IPMを装備したMAID 2.0へと進化しています。MAID 2.0は、適切なサービスレベルを保つために、ストレージのパフォーマンスと電力消費の調整にIPMを活用しています。IPM対応のMAID 2.0は、ハードディスクの起動と停止の切り替えの代わりに、複数レベルの省電力モードを採用することによって、パフォーマンスと可用性に対する電力削減効果のバランスを取ることができます。

例えば、ストレージシステムはアクティブデータにMAID レベル0(電力削減効果はなく、パフォーマンスへの影響もない)を適用しているとします。管理者は、利用頻度の低いデータに対し、MAID レベル1に切り替える設定を選択でき、この設定では、ハードディスクの磁気ヘッドをアンロードすることで電力を削減します。より大きな電力削減効果を実現するためには、ハードディスクやRAIDグループ、或いはストレージユニットの単位でMAID レベル2を選択します。これにより、ディスクドライブのプラッタの回転が下がります。最も大きな電力削減効果を得るには、MAID レベル3を選択します。これは、ハードディスクやRAIDグループが完全に停止状態、もしくは一時停止のスタンバイ/スリープモードとなります。

現在MAID 2.0を採用した製品の例として、Nexsan SATABeast™が挙げられます。Nexsan SATABeast™には、MAID 2.0とインテリジェント・パワー・マネジメントの技術を盛り込んだAutoMAID™機能(省電力モード)が標準で搭載されています。このシステムは、異なるサービスレベルに応じて適切な電力削減効果が得られるように動作するインテリジェントな省電力機能が備わっています。例えば、Nexsan SATABeast™は、ピーク時には、データのリード/ライトに対してハイパフォーマンス(MAID レベル0)で動作し、利用頻度の低い時間帯やグループに対しては、MAID レベル1、レベル2、レベル3で動作するといったオプションを選択することができます。

これは、ユーザーによって設定可能なアクセスのない時間の経過に従い、ストレージシステムが自動的に省電力モードに切り替わることを意味します。最初の段階は、磁気ヘッドをアンロードするMAIDレベル1で、およそ21%もしくはそれ以上の電力削減が実現可能です。しかも、第1世代のMAIDに見られたハードディスクのスピンアップによる電力スパイクの発生もなく、瞬時にI/Oリクエストに対するレスポンスが可能です。また、アクセスのない時間がより長い時には、ハードディスクをMAIDレベル2に切り替え、38%以上もの電力削減が実現できます。このレベルでは、ハードディスクは電力スパイクなしに、数秒でI/Oリクエストに応えることが可能です。さらに、アクセスがない時間がそれ以上続く時には、ハードディスクをMAIDレベル3に切り替えることにより、56%以上もの電力削減が実現できます。第1世代のMAIDに見られたサージ発生の問題についても、IPMの活用と、停止中のハードディスクを復帰する際に、ハードディスクを順にスピンアップすることにより解決しています。

セカンダリストレージシステムの電力およびパフォーマンスの比較

オンラインセカンダリ、ニアライン、オフラインストレージソリューションを比較対照するために、図1では、1.3PByteの物理容量(フォーマットされていない状態)およびネイティブ(圧縮および重複排除機能のない状態)容量を使用しました。図1は、表1に記載されている情報の概要をグラフで表したもので、MAIDレベル0(省電力効果なし)と対応している場合はMAIDレベル3(アイドルもしくはスタンバイ)にて年間の電力コストを比較しました。例えば、EMCのCLARiON™とNetApp R200は、省電力モードには対応していませんが、HDS AMS1000は、MAID 1.0

(RAIDグループ単位でのハードディスクのオン・オフ) に対応、Nexsan SATAbeast™は、MAID 2.0 (複数の省電力モードと処理能力レベル) に対応しています。

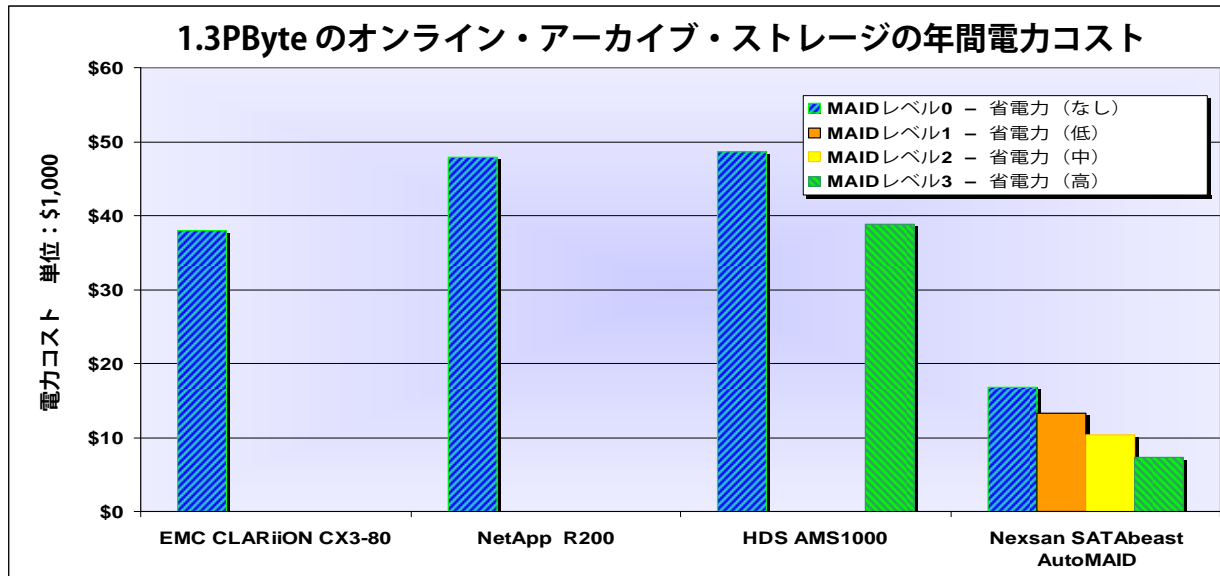


図1: ディスクベースのオンラインセカンダリ、ニアライン、オフラインアーカイブストレージの電力コスト

表1は、ディスクおよびテープベースのソリューションを含むオンラインセカンダリ、ニアライン、オフラインストレージを、物理容量(未フォーマット)1.3PBの構成でそろえ、さまざまな指標でより詳細に比較したものです

想定されるkWhあたりの電力コスト(セント) = ←ここに1kWhあたりのエネルギーコスト(単位:セント)を入力

	Non MAID Capable		MAID 1.0 or 2.0 Capable Storage			Tape Based Storage		CAS Object Storage	
	EMC CLARiiON CX3-80	NetApp R200	HDS AMS1000	Nexsan SATAbeast AutoMAID	Copan Revolution 300 MAID	Sun SL8500 LTO4 Tape	HP ESL 720e LTO4 Tape	EMC Centera 4LP	Nexsan Assureon
Configuration for 1.3PByte raw storage capacity									
Number of storage systems required	4	8	4	32	2	1	2	16	32
Floor space footprint (cabinets or racks)	12	8	8	4	2	1	2	16	4
Total number disk or tape drives	1,800	2,688	1,680	1,344	1,792	32	32	1,792	1,344
Total raw non formatted capacity (Tbytes)	1,350	1,344	1,296	1,344	1,344	1,158	1,072	1,344	1,344
Total hourly bandwidth performance (Tbyte/hr)	16.14	7.20	21.89	80.64	10.41	13.82	13.82		
MAID Level 0 = Normal active disks (no saving) kWh									
MAID Level 0 - Annual Power (no cooling) kWh	474,792	598,764	606,893	210,240	128,299	18,273	20,709	560,640	236,520
MAID Level 0 - Annual energy costs (\$1,000s)	\$38	\$48	\$49	\$17	\$10	\$1	\$2	\$45	\$19
MAID Level 1 = Park disk read/write heads									
MAID Level 1 - Annual Power (no cooling) kWh	-	-	-	165,389	-	-	-	-	191,669
MAID Level 1 - Annual energy costs (\$1,000s)	-	-	-	\$13	-	-	-	-	\$15
MAID Level 2 = Reduce disk RPM speed									
MAID Level 2 - Annual Power (no cooling) kWh	-	-	-	128,667	-	-	-	-	154,947
MAID Level 2 - Annual energy costs (\$1,000s)	-	-	-	\$10	-	-	-	-	\$12
MAID Level 3 = Standby (sleep) power									
MAID Level 3 - Annual Power (no cooling) kWh	-	-	485,514	91,384	62,652	12,264	9,496	-	117,664
MAID Level 3 - Annual energy costs (\$1,000s)	-	-	\$39	\$7	\$5	\$1	\$1	-	\$9
MAID Level-0 - kWh per Tbyte capacity (raw space)	0.040	0.051	0.053	0.018	0.011	0.002	0.002	0.048	0.020
MAID Level-1 - kWh per Tbyte capacity (raw space)	-	-	-	0.014	-	-	-	-	0.016
MAID Level-2 - kWh per Tbyte capacity (raw space)	-	-	-	0.011	-	-	-	-	0.013
MAID Level-3 - kWh per Tbyte capacity (raw space)	-	-	0.043	0.008	0.005	0.001	0.001	-	0.010
MAID Level-0 kWh used per Tbyte/hr bandwidth	3.358	9.493	3.165	0.298	1.406	0.151	0.171	-	-

表1: ストレージ容量1.3PByteのオンラインセカンダリ、ニアライン、オフラインアーカイブストレージ⁴

⁴ 年換算のエネルギーコストは、公表されているメーカー仕様に基づき、kWhにつき8セントで算出

下の図2は、オンラインセカンダリ、ニアラインストレージシステムのバンド幅をテラバイトあたりの時間で表しています。MAID 2.0搭載のシステム(AutoMAID™機能搭載のNexsan SATABeast™)は、ストレージおよびアプリケーションのパフォーマンスに全くと言っていいほど影響を及ぼすことなく、より優れた低消費電力を実現しています。

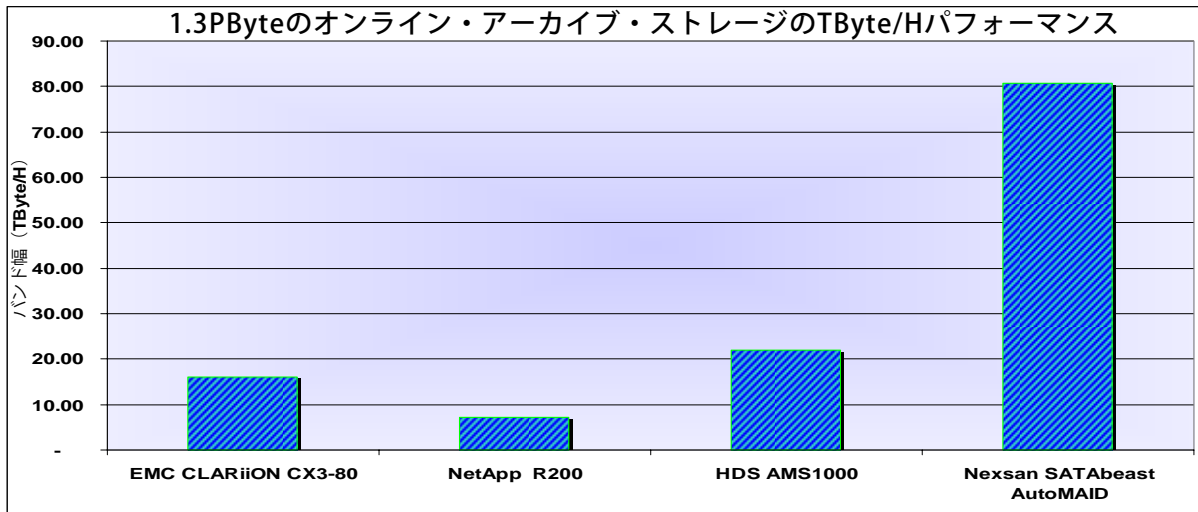


図2: ディスクベースのオンライン・アーカイブ・ストレージのパフォーマンス

オンラインディスクベースのセカンダリ、ニアラインストレージシステムを、図1(消費電力)と図2(パフォーマンス)と比較すると、NexsanのMAID 2.0搭載ストレージシステムは、表1で示した他のソリューションと比較して、MAIDレベル0で最大65%を改善する省電力効果(\$32,000)と、3.5倍から11倍ものパフォーマンスを表しています。MAIDレベル3に至っては、省電力機能を有効にした状態のHDS AMS 1000と比較して、Nexsan SATABeast™は81%(\$32,000)を改善する優れた省電力効果を示しています。

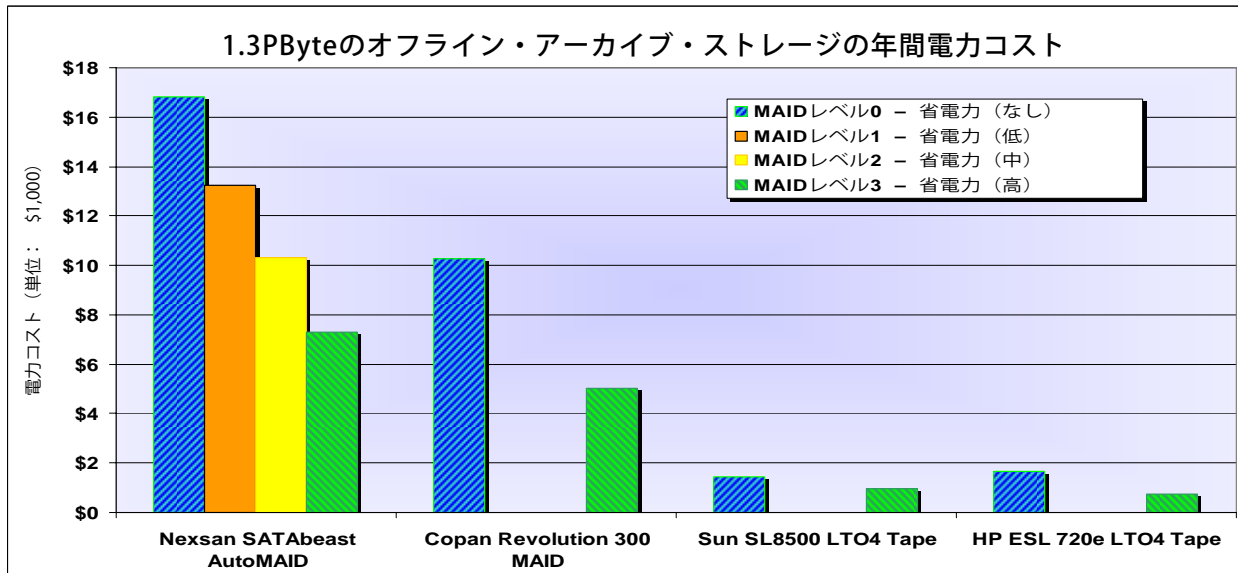


図3: オフラインアーカイブディスクおよびテープベースのストレージに対する電力コスト

オフラインディスクおよびテープベースのセカンダリストレージ(図3および図4)を比較すると、テープベースのシステムであるSun LTO4ソリューションは、優れた電力特性を示すどのオンラインもしくはオフラインのディスクベースソリューションよりも優れた電力特性を示しています。目標復旧時間(RTO)という観点から考えると、

テープ装置はいくつかのオフラインアプリケーションに対して有効ですが、MAID 2.0搭載のストレージは、ニアライン、オフラインのバンド幅を求めるソリューションに対して最適と言えます。

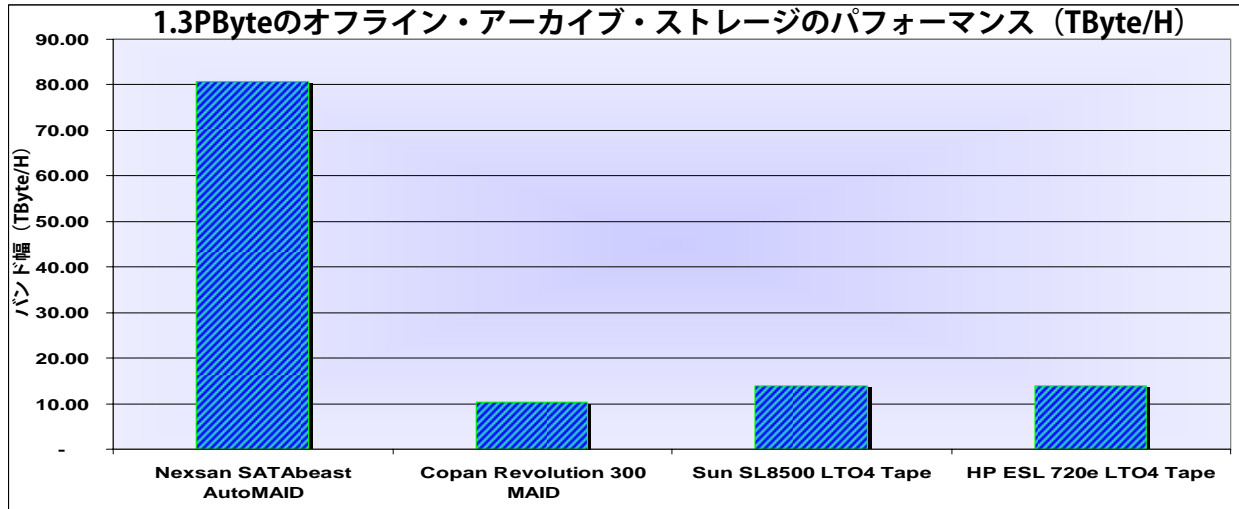


図4： オフライン・アーカイブディスクおよびテープベースストレージのパフォーマンス比較

レスポンスタイムやアプリケーションのパフォーマンスを気にすることなく、最も消費電力の低いストレージを求めるアプリケーションや環境の場合、例えばオフラインストレージのような磁気テープ装置も、ハードディスクベースのオンラインやニアラインストレージシステムと共に、依然として適切な選択肢となるでしょう。

Copan Revolutionのような第1世代のMAIDソリューションは、従来のハードディスクベースのハイパフォーマンスなオンライン・プライマリ・ストレージシステムと比較すると、消費電力の面においては優れていますが、アプリケーションの処理能力を犠牲にしていることがわかります。仮に、Copanのシステムが常にハードディスクの最大25%を回転させたとして、例えばRTO内の大規模データのリストアといったバンド幅を必要とするような状況であってもアプリケーションパフォーマンスは妥協しなければなりません。消費電力とパフォーマンスで比較をすると、長期保管を目的としたオフラインストレージのニーズに対して優れた磁気テープ装置のように、MAID 2.0搭載のハードディスクベースストレージシステムが突出していることがわかります。

アーカイブ、ニアラインストレージを次なる段階に進めたCAS(Content Addressable Storage)では、3TBの物理容量のEMC Centera™ (第4世代の低電力タイプノード)の場合、125ワットとエネルギー効率に優れています。しかし、32ノードのクラスター⁵を構成すると、Centera™は同等に構成されたEMC CLARiiON™と同じかもしくはそれ以上のワット数を消費します。例えば、物理容量を基準に比較するとミラーリングやパリティなどのデータ保護モードによっては、EMC Centera™より同じ数とタイプのハードディスクを搭載したEMC CLARiiON™の方が、消費電力とパフォーマンス特性においてより優れている場合があります。同一条件下での比較となると、EMC Centera™とNexsan Assureon™のオブジェクトベースのCASソリューションとなります。このCASシステムはMAID 2.0ストレージがベースとなっており、MAID レベル0の2倍以上もの消費電力の削減を実現しています。さらに、このシステムは、MAIDレベル1、2、3と複数の段階設定が可能で、このような省電力モードを持たないEMC Centera™よりも有利だと言えます。同様に、EMC CLARiiON™の適切な比較対象としては、HDS AMS1000、NetApp R200、およびNexsan SATAbeast™が挙げられます。

AutoMAID™機能を搭載したNexsan SATAbeast™のようなMAID 2.0のシステムは、複数レベルで消費電力とパフォーマンスを調整することができます。例えば、適切に構成されたハードディスクは、アクセスのない状

⁵ EMC Centera™の32ノードクラスターでは、28ノードがストレージノード、4ノードがアクセスノードとして構成されている。



態が20分間続いた場合、ハードディスクの磁気ヘッドをオフロードするMAIDレベル1に移行し21%の電力を削減します。さらに10分後にハードディスクの回転を減速するMAIDレベル2に移行することにより、38%の電力削減を実現し、さらに5分後にハードディスクのプラッタの回転を停止するMAIDレベル3に切り替え、55%以上もの消費電力を削減することができます。MAID 2.0の実装において、MAIDレベル3では、過剰なドライブの消耗や損傷、早期故障などの原因となりうるハードディスクの完全な停止ではなく、アイドルスタンバイ状態に制御することによって、ハードディスクのスピンドルアップとサービスへの復帰を迅速に実現します。MAIDの各レベルの状態であっても、例えば週に1回、数時間など、ユーザーによる設定で、定期的にディスク面の走査およびデータ整合性チェックの為に、ハードディスクが自動的に作動します。アクティブなシステムにおいては、アプリケーションのサービスレベルに応じた時間と省電力レベルに基づきユーザーが定義した、ドライブのアイドル状態が基準値に達するまでは、AutoMAID™機能は起動しません。

年間の電力削減コストの計算

表2の値を利用すると、年間の電力削減額を計算することができます。まず、所在地の該当電力コストと使用機器が1時間当りに必要とする電力値をkWhで選択します。例えば、1時間に100kWhの電力を消費するストレージ機器を持ち、所在地の平均的な電力コストがkWh当たり8セントだとすると、年間の電力コストは\$70,100ということになります。さらに、希望のAutoMAID™のレベルを選択します。そして、その削減率を年間電力コストに掛けて下さい。そうすれば、初年度の削減効果が決まります。AutoMAIDレベル3を選択した場合、電力コストは、56% × \$70,100 = \$39,256となります。また、実際には冷却コストの削減も計算に入れるのを忘れないでください。ここで使用した例では、冷却コストを加味すると、\$39,256を超える電力コストの削減が実現できるということになります。

Hourly Power Usage	5 cents per kWh	8 cents per kWh	10 cents per kWh	12 cents per kWh	15 cents per kWh	20 cents per kWh
1 kWh ⁶	\$438	\$701	\$806	\$1,051	\$1,314	\$1,752
10 kWh	\$4,380	\$7,010	\$8,060	\$10,510	\$13,140	\$17,520
100 kWh	\$43,800	\$70,100	\$80,600	\$105,100	\$131,400	\$175,200

表2: 様々な電力消費レベルに基づく年間コスト

コメントとヒント

MAID技術を採用したストレージシステムは、変化するワークロードや、ワークフロー、そして動的なアプリケーションサービスレベルの要求に適応しなければなりません。もしあなたのアプリケーションとデータの要求要件が、長期的なデータの読み取りに類するものであれば、ストレージ密度(容量)、パフォーマンス(どれだけの量のデータが一定時間にアクセス、バックアップ、リストア可能であるか)、エネルギー効率(電力コストおよび冷却コスト削減、或いはより高いパフォーマンス)、継続的なデータ整合性チェックと保護手段、及び、MAID技術を採用したストレージに着目すべきでしょう。

コメントとアドバイス:

- ✓ 単純なサポートの可否ではなく、ベンダーがいつ、どこで、どのようにMAIDのサポートをできるのか掘り下げる。
- ✓ バックアップとリカバリでは、迅速な復旧のためにバンド幅が重要である。
- ✓ MAID技術は、適切な層とアプリケーション要求に応じてMAIDレベルを調整する。
- ✓ 従来のディスクやテープの代替としてMAIDを使用する場合、パフォーマンスのトレードオフを理解する。
- ✓ 更なる電力削減については、データフットプリント削減技術の活用を参照のこと。⁷

⁶ 年間のkWhは、ストレージシステムにつき、365 × 24 × kWh で算出

⁷ StorageIO Groupの業界のトレンドと見通しに関するレポート、“The Business Benefits of Data Footprint Reduction (データのフットプリント削減によるビジネス上のベネフィット)”を参照 www.storageio.com および www.greendatastorage.com



まとめ

パフォーマンスや、その他のサービス要件を考えると、すべてのストレージやデータアプリケーションにおいて、MAIDが適しているわけではありません。しかし、セカンダリ、オンラインアーカイブ、ニアラインストレージの採用を検討しているのであれば、高密度実装(最適化された容量)と、MAID 2.0(電力および冷却コストの削減)のインテリジェント・パワー・マネジメントによる電力効率、そして適正価格が重要な要素だといえるでしょう。

これからも多くのベンダーが新たにMAID 2.0をサポートしたり、インテリジェント・パワー・マネジメント、データフットプリント削減、或いは別の電力削減やストレージの最適化技術を適用するなど、MAIDは違った側面や機能へと発展を続けるでしょう。他のストレージや管理ツールにも同じことが言えますが、使用するテクノロジーの機能や性能を正しく理解するということが大変重要です。また、アプリケーション利用に制限のない省電力機能を追求する場合、誤った技術や手法で導入した時の被害を最小限に留めるために、どのような点で、いかに問題を解決することができるのかを理解することも重要なポイントです。

著者について

グレッグ・シュルツ(Greg Schulz)は、StorageIO Groupの創業者兼シニアアナリストであり、著書にResilient Storage Network - Designing Flexible Scalable Data Infrastructures (Elsevier Digital Press発行)があります。

本書に記載されている会社名および製品名は各社の商標または登録商標です。The Storage IO Groupは、本書に記載されている製品や技術の使用やオペレーションに対し明示的であるか黙示的であるかにかかわらず、一切保証いたしません。The Storage IO Groupは、本書のいかなる内容においても、本書の使用、情報の信頼、推奨、或いは本書に含まれる不慮の誤りにおいて生じたいかなる直接的、間接的、付随的、必然的な損害を含むあらゆる損害の責を負わないものとします。The Storage IO Groupによる情報、見解、推奨は、一般的に正確で信頼性がある情報に基づいており、変更される場合があります。