



電力利用の新潮流

データセンタの電力消費に関する知識の整理と新たな発見

本シリーズについて

データセンタ機器のリーディングプロバイダーであるラリタンと、データセンタのコンサルティングおよびターンキーソリューションで定評のあるPTS社は、先日、サーバ稼働下における熱、エアフロー、電力消費による影響を検証するため、一連のテストを実施しました。これは、リアルタイムの運用環境に関するより広範な知識を獲得することで、データセンタ管理者はより賢明な管理が可能になるとの前提に基づいたものです。テストには、高度な3D計算流体力学（CFD）ソフトウェアおよびインテリジェントPDU（Power Distribution Unit：ラック用電源タップ）を使用し、ラリタンおよびPTSのサーバールームにおけるITおよび補助インフラの負荷に対する温度・湿度、エアフロー、電力の測定を行いました。本ホワイトペーパーシリーズでは、その分析結果をまとめ、そこから得られた重要な指針について説明します。

概要

電力コストの高騰や、電力供給に対する世界的な懸念増大に伴い、企業経営のあらゆる段階で、これまでにないエネルギーの管理・節約に対する関心が高まっています。

特にデータセンタは、一般的なIT集約型組織の場合、全体のエネルギー消費量の25%を占めることもあり、他のどの部署よりもその重要性が高い場所と言えます（米国環境保護庁の「サーバおよびデータセンタのエネルギー効率に関する議会への報告書、公法109-431」に基づくラリタンの試算）。ミッションクリティカルなアプリケーション供給のためのコンピューティングへの依存度の高まりや、ブレードおよび仮想化技術の実現により、サーバ密度は飛躍的に増大しています。

その結果、データセンタの温度は上昇し、これを抑えるために空調システムは絶えずフル稼働することを余儀なくされます。この費用が過大なIT負担となる可能性もあり、エネルギーコストの上昇は、ITに対する懸念の増大につながります。

データセンタの電力と温度を監視し、発熱や冷却、エアフローを調整することで、IT機器のアップタイムを維持しつつ電力消費量を最小化する必要性があるのは明らかなです。では、必要なデータを収集し、効率的なデータセンタを構築するには、どこから手を付け、どのようなツールを使用すれば良いのでしょうか。

シリーズ最初となる本ホワイトペーパーでは、こうした複雑なエネルギー管理問題に着目し、以下の3点に沿って適切な解決策を示しています。

- ▶ 電力の測定に関する思い込み
- ▶ データセンタの電力効率の評価に必要な計器
- ▶ Green Gridの指針に沿ったデータセンタの基準の設定方法

課題

エネルギー管理の重要性が今ほど重視されていなかった頃は、IT管理者は、銘板の記載事項に関する簡単な計算のみに基づいてデータセンタ全体の電力消費量を予測することができました。

しかし、Hewlett-Packard（以下、HP）の2006年8月31日「HPパワー＆クーリング」によると、データセンタの平均電力消費量は、1992年の2.1kW/ラックから2006年には14kW/ラックにまで上昇しています。単に定格銘板を基準とするサーバ

増設では、もはや実際のエネルギー消費の現実に合致しません。2007年春にDatacenterDynamicsが実施したカンファレンス調査では、米国の全回答者の平均電力密度は5.5kW/ラック、最大電力密度は11.6kW/ラックという結果が出ています。

さらに、Gartner社の2006年12月開催「第25回年次データセンタカンファレンス」を始め様々な調査・分析会社が、ここ1年以上にわたって深刻な電力不足を予測しています。より低価格で安定的な電力の供給が受けられる地域へデータセンタを柔軟に移動させられる企業も一部にはありますが、大部分の企業はそうはいきません。つまり、電力不足が解決されなければ、IT・設備管理者は、電力需要ピーク時のビジネスの中断を回避するために、どのアプリケーションの稼働を維持するか否かという難しい判断を迫られることになります。

エネルギー問題への関心が高まり、正確な測定が可能なツールが入手できるようになる中、IT管理者やファシリティ・マネジャーは、もはや各機器の銘板記載の定格電力や業界の通説のみに依拠するわけにはいきません。電力危機の兆候が見え始めてきた現状を考慮すると、これまでとは異なり、「ほぼ十分」では「十分」ではありません。

各機器の消費電力やエネルギー効率の計画策定に必要な正確な数値を把握するには、サーバを個別に測定するしかありません。

サーバ毎のリアルタイムの監視に関する知識を得ることで、IT管理者は、より効率的な管理が可能になり、また最良の判断だと自信を持って電源遮断の判断を下すことができるようになります。その理由は以下が可能になるためです。

- ▶ 動作していない装置の特定
- ▶ 低効率の装置の特定（処理能力の低い装置が多くの電力を使用している場合など）
- ▶ 電源保護、分電および冷却インフラの全機器の設計定格に対するキャパシティプランニングの支援

定格銘板と前提

サーバの銘板には必ず電力定格値が記載されています。しかし、データセンタの管理者は、これが万が一の場合を想定した数値であり、一般的なサーバの消費電力が銘板の定格値まで達することはないことを理解しています。サーバ密度を高める簡単な方法の1つとして、サーバにかかる負荷に応じて、銘板の電力を一定の割合で低減する方法があります。

PTSでは、この低減後の数値を設計定格と称しています。通常は定格銘板の50～75%で、これに基づきデータセンタの電源保護、分電および冷却システムのサイジングを実行します。実際の稼働下では、この割合でも依然高いことが示される場合が多いですが、インテリジェントPDUを利用すれば、より正確に実際の数値を把握することができます。

たとえば、インテリジェントPDUを使用してサーバ毎の電力消費量を測定する方法により、PTSがラリタンのIT機器の分析を行った結果、消費量は主に元の定格銘板の20～85%の範囲で平均約31%と、設計定格として用いられる数値よりもかなり下回ることが示されました。

IT機器の電力負荷と設備全体の電力負荷の比較

設備全体の電力消費量に対するIT機器の消費量も把握すべき重要な測定値です。APC-MGEの概算によると、データセンタの総消費電力のうち、30%はサーバやその他IT機器への電力網にかかる負荷に消費され、残りの70%は冷却、空気循環、分電、

照明などその他の装置に消費されています。HPの事業部門、EYP Mission Critical Facilitiesでは、これらの数値を50%ずつと概算。これに対し、PTSとラリタンの予備調査では、主要なIT機器への負荷が71%、その他の補助システムは29%という結果が得られました。このように主要なIT機器の電力消費比率が高いということは、PTSとラリタンが、業界の標準よりもデータセンタの電力管理に優れているということを表します。また、負荷係数の低減、つまり、より少ないエネルギーでより多くの処理を可能にする余地があることも示しています。

以上の結果は、「業界標準」に依拠するのではなく、データセンタの正確な実測値が重要だということを示しています。

測定システム

では、効率的かつ正確にこれらを測定するにはどうすればよいでしょうか。以下の要素を考慮する必要があります。

分岐回路モニタとデバイス毎の負荷の測定

分岐回路モニタは、電気計器盤上の各回路の電流負荷を測定する電気装置で、負荷がブレーカの定格値に近づくとオペレータに警告します。データセンタにおいて、すでに容量に達しつつある回路に追加のサーバを接続する場合など、特に重要となります。分岐回路モニタは、各回路の電流を継続的に測定し、サーキットブレーカが定格容量に達する前に確実に警告を発し、ブレーカ断を防ぎます。

データセンタの環境情報収集装置

環境情報収集装置は、関連する電力とデータセンタの環境情報の収集を目的として専用に設計されたものです。収集した情報の統合・分析も可能で、IT・設備機器の消費電力に関する決定の根拠となる詳細な情報を提供します。

インテリジェントPDU

インテリジェントPDUは、任意のサーバや記憶装置などIT機器の電力消費量の監視を可能にします。低稼働の機器や、通常の使用限度に接近または超過しつつある機器の特定に有効です。そのほか、データセンタの電力負荷を設備単位で監視・制御する機能も装備しています。

また、Webブラウザまたはコマンドラインインタフェース（CLI）経由によるリモートからの制御、PDUまたはコンセント毎の電力計測、ユーザ設定のしきい値に基づくアラート通知、パスワード、認証、承認および暗号化形式によるセキュリティの確保、豊富な環境管理機能の追加なども可能です。一部モデルでは高度なカスタマイズにも対応、SNMPトラップ／設定／取得、IPMI、SMASH CLPなど最新の業界標準に基づく技術をサポートし、LDAP、Active Directory®、RADIUSおよびNFSサーバといった既存の企業インフラにシームレスに統合します。

ただし、静的環境を前提としたモデル構築しかなされていない場合には、上記の機能を最大限活用することはできません。現実には、データセンタは動的な環境です。サーバの利用法は時間とともに変わり、それに伴い電力消費量や発熱／放熱も変化します。そのため、各ラックや高密度のコンピュータの適切な冷却が必要となります。

次の段階では、データセンタの電力利用効率の評価基準について見ていきます。

Green Grid : PUEの算定

Green Gridは、電力利用効率（PUE）を次の公式で定義しています。

$$\text{PUE} = \frac{\text{設備全体の消費電力}}{\text{IT機器による消費電力}}$$

上記の式における「設備全体の消費電力」とは、サーバ、IT機器、照明、冷却、空気循環などを含むデータセンタ全体の稼働に必要な電力をいいます。「IT機器による消費電力」とは、サーバとIT機器のみの稼働に要する電力を指します。

PUEの範囲は1.0以上で上限はありません。PUEの値が1.0に近いということは、100%の効率（つまり、電力がすべてIT機器のみに使われている状態）を示します。現時点では、データセンタにおける実際のPUEの範囲を示す包括的なデータはありません。PTSが実施した複数の予備調査では、PUE3.0以上と推測されるデータセンタが多数を占めました。しかし、適切に計画すればPUE1.6も達成可能です。

PUEの算定ツール

基準を設定し、成果を評価するため、PUEの算定に際しては電力消費量を正確に測定する必要があります。このため、ラリタンとPTSでは以下の測定計画を策定、実行しました。

Veris社のH8820データ収集装置を導入して分岐回路の電流量を負荷ごとに測定し、コンピュータ室の空調（CRAC）ユニット、照明、無停電電源装置（UPS）およびその他の非IT機器へ送られる電力量を計算しました。この装置を選択した理由は、設置が容易でかつ必要なデータが取得できるためです。

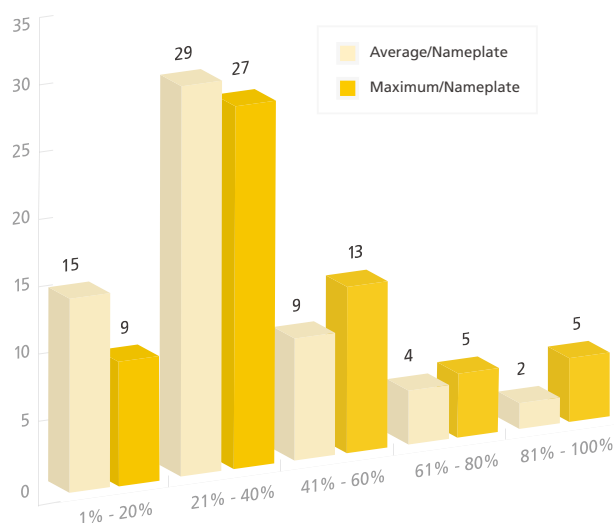
Geist社のRacsense環境モニタを、各ラックの上部と下部（前面と背面）およびCRACユニットの吸排気口の温度プローブと合わせて導入しました。湿度プローブも室内の湿度測定用に1本設置しました。Racsenseの装置は、効率的な設置およびケーブル敷設が可能で、データ収集も容易でした。

インテリジェントPDUのDominion® PX (DPX) を2台、各ラックに設置しました。これにより、各機器レベルで主要IT機器の負荷への実効電力の把握が可能になりました。主要IT機器の詳細な負荷データにより、PUEの測定およびその改善方法の提案に必要な緻密な情報が得られます。

結果

定格電力と実際の電力消費量の比較

右のグラフは、2008年2月21日から2月26日にかけてラリタンのデータセンタで計測されたデータに基づき、銘板値（最大容量）に対する実際の消費電力の割合に応じた度数分布を示したものです。銘板値とは、ワークロードの種類やデータセンタの環境条件に関わらず、任意の時点で任意の装置が使用できる最大電力量をいいます。



現在のデータセンタの設計基準では、銘板値によってキャパシティプランニングが実行されています。しかし、この銘板値は最大値であるため、この方法によるデータセンタ設計では、オーバーキャパシティに起因する非効率が生じます。この値を一定の割合で低減することで、ある程度の非効率性は改善されます。ただし、以下の図に示すように、実際の稼働時には電力は様々な機器に消費されるため、効率性のバランスを取り、かつ信頼性のある稼働の確保が可能な低減率の選択は容易ではありません。

たとえば、ラリタンのサーバルームの平均有効電力を測定したところ、最大容量に対する消費電力の割合が21～40%であった機器が29台、41%以上が15台、20%以下が15台でした。一方、最大電力の測定では、21～40%が27台、41%以上が23台、20%以下が9台でした。

この結果から、実際の消費電力容量には様々な可能性が考えられることが分かります。つまり、低減後の銘板値の適用により、さらなる効率化につながる場合もあれば、信頼性が脅かされる場合もあることを意味します。最初は低減率を適用した設計から開始しますが、稼働時の消費電力をリアルタイムに測定することで、効率性の向上と信頼性のある稼働の確保に必要な新たな情報が得られます。

ラリタンのPUEの算定

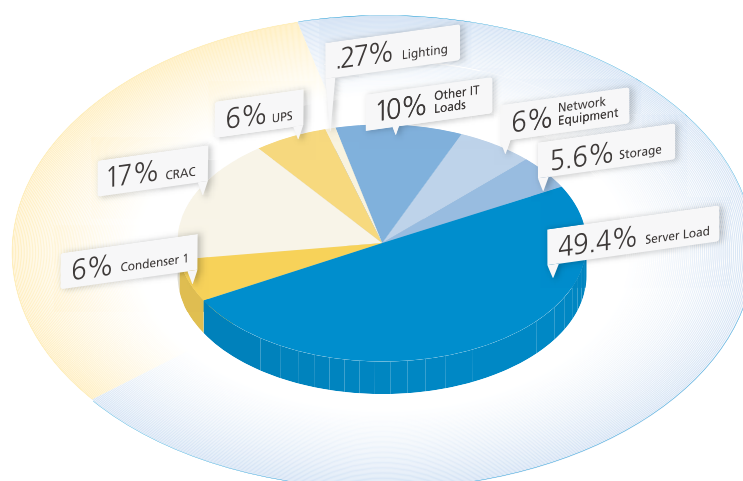
右の図に示すように、平均電力消費量全体の約71%がラリタンの主要IT機器に消費され（サーバだけで49.4%）、残りの29%が冷却や照明などの補助システムが消費しています。

ラリタンのPUEを前述の公式で計算すると以下ようになります。

総電力＝補助インフラ（5.625kw）＋主要機器負荷（13.68kw）＝19.3kw
IT機器による総消費電力＝主要機器負荷（13.68kw）

$$\text{PUE} = \frac{\text{総電力} = 19.3\text{kw}}{\text{IT機器による総消費電力} = 13.7\text{kw}}$$

ラリタンのPUE＝1.4



結論

今回の調査は、エネルギーコストの高騰と供給の先細りに対する懸念を契機として実施されました。そこでラリタンとPTSは、5ヶ月間にわたり、ラリタンのサーバールームへ機器を導入し、IT機器レベルおよび非IT機器の分岐回路レベルでの電力消費量を測定する計画を策定・実行しました。この調査からラリタンは以下の結論を得ました。

- ▶ 当初の仮定に反し、上記サーバールームのPUE値は1.4、IT機器の総平均電力負荷は10.5kw（サーバとストレージ併用）という良好な内容であることが判明しました。
- ▶ 今回の調査で得た知識を武器に、ラリタンは効率的なデータセンタの運営およびプロビジョニングの実行能力があることが示されました。
 - * ラリタンは、サーバを追加することなくコンピュータの処理能力を向上させます。
- ▶ 44台の機器がアイドル状態のサーバの使用電力に相当する平均有効電力消費量を記録しました。これは、ほぼアイドル状態にあるサーバを統合することで、エネルギー節約の余地があることを示します。仮に10台を1台に統合した場合、約40台分を減らすことも可能です。
 - * ラリタンは優れた負荷管理の採用により、ミッションクリティカルなシステムの中断を回避します。
- ▶ 2台の機器が定格電力容量の80～100%で稼働を続けました。業界平均である60～80%の低減率を適用していた場合、サーバのパフォーマンスに関わる問題が引き起こされていた可能性があります。
- ▶ この2台の機器については調査を実施し、ホットスポットを発生させていないか、電力使用量が電源回路容量の限界地に到達していないか、そしてそれによる障害の兆候が出現していないかを確認しました。
- ▶ ラリタンは必要なコンピューティング能力を犠牲にすることなく運用コストの削減を実現します。
 - * インテリジェントPDUの利用により、IT機器毎の実際の消費電力を把握することができ、一層の効率化へ向けた今後の計画に必要なデータが取得できます。

今回の測定では、PUE算定のためのデータ収集にとどまらない想定外のメリットも多数得られました。たとえば、エネルギー使用量の急激な落ち込みにより、ITスタッフは、CRACユニットのうちの1台のサーキットブレーカが遮断されていることを発見しました。この発見により、夏の到来前に修理を完了し、冷却の問題を把握することができました。また、ラック上部に設置した温度センサが作動し、ラックファンの故障が判明しました。

業界のベンチマークは広範な平均値に基づいたものです。しかも各データセンタには独自の特性があり、この平均値から逸脱する場合もあります。そのため、今回のラリタンとPTSの調査は、以下に示すGreen Gridの見解を支持するものとなりました。

「データセンタのエネルギー効率の向上には、まずデータセンタ全体とデータセンタを構成する各機器のエネルギー消費量の測定が不可欠である」

今後のシリーズの内容

次のホワイトペーパーでは、データセンタのエネルギー効率の向上を図る上での計算流体力学（CFD）の利用およびその効果を検証します。また、銘板データに対し実際の測定値を使用した場合のCFDの結果の比較検討も行います。

PTS社について

PTS社は、データセンタやコンピュータールームのコンサルティング、エンジニアリング、インフラ、構築および保守サービスを専門とするターンキーソリューションプロバイダーです。データセンタやコンピュータールームなど技術的なスペースの設計において、豊富なプロジェクト経験を有しています。業界のベストプラクティスを採用し、「最善」と認められる重要なインフラ技術を結集して、常に利用・拡張可能性、冗長性、耐障害性、管理・維持の容易性が確保されるミッションクリティカルな環境を提供します。

設立は1998年で、米ニュージャージー州フランクリンレークスに本社を置き、カリフォルニア州オレンジ郡に支社があります。顧客満足の創造という使命を果たすため、事前設計と企画立案により、早期かつ正確に、規模、スケジュールおよび予算の調整を図ることを重視し、顧客のニーズを満たす最適なソリューションを提供しています。

詳細については、1-(866)-PTSDCS1 (1-(866)-787-3271)、または info@ptsdcs.com までお問い合わせ下さい。

C1019-R1



ラリタン・ジャパン株式会社

<http://raritan.co.jp/>

東京本社 〒104-0033 東京都中央区新川1-26-2 新川INSビルディング4F
TEL: 03-3523-5991 (代表) FAX: 03-3523-5992

西日本営業所 〒541-0048 大阪市中央区瓦町4-6-8 大阪化学繊維会館3F
TEL: 03-3523-5953 FAX: 03-3523-5992

※システム変更に伴い、市外局番が03に変わりました。