

原発不要時代の超省エネルギー学習支援システムの構築

筑波技術大学 障害者高等教育研究支援センター

村上佳久

要旨：東日本大震災による原子力発電所の事故以来、原発に依存しないための節電が求められているが、学校現場の学習支援システムも省エネルギーに対応するため、更なる省電力化を進め、その性能を検証した。導入されたシステムにおいて、従来のシステムに比べて、75%以上の電力消費量削減が可能となった。

キーワード：東日本大震災、超省電力、省資源、学習支援システム

1. はじめに

3.11 東日本大震災以降、日本では計画停電などの電力状況の不安が最重要課題となった感があるが、それ以外にも様々な問題があり、特に国家財政や地方財政の危機による文教予算の削減は厳しいものがあり、電力問題と併せて予算問題は、地方自治体の学校に厳しい予算措置を求めている。いままでも、元首相が国連演説で25%の削減目標を掲げ、節約・節電意識の高揚を求めているが、これに輪をかけての超省エネルギーが求められている。

ここでは、学校現場での予算削減と電力消費量の超低減を両立させた、原発不要時代の超省エネルギー学習支援システムの構築について、いくつかの例を元に報告する。

2. 従来の情報システムに求められたもの

今から10年ほど前、学習支援システムは、コストダウンが大前提であった。全国の小・中・高等学校や特別支援学校の全ての教室にパソコンを導入すべく、質より量が必要な時代であり、そのため、少ない予算で多くの台数を導入するためにコストダウンが最優先課題であった。また、台数を優先するあまり、教育用ソフトウェア等の機能は二の次で予算は削減され、メンテナンス費用に至っては、ほとんど考慮されなかった。このため、故障に対する備えが低下し、学習支援システムの稼働率が低下してきた。このような事態は、5年ほど前から状況に変化が生じてきている。文教予算の削減から、学校現場での光熱費削減が求められ、地球温暖化の対策としても省エネルギーが重要視されるようになった。このため、コストダウン以外に省エネルギーという要素が加わり、学習支援システムの構築を困難にしてきた。特に25%削減という厳しい目標を設定した、元首相の発言の元、コストダウンよりも省エネルギーが優先され、

情報機器の機能低下を招く事態となって来ており、さらに、学校における情報の公開といった問題から、学習支援システムの稼働率も公開が迫られるようになり、メンテナンス費用を捻出できない自治体にとっては厳しい状況が続いている。これに対応した、超省エネルギー学習支援システムについては既に報告した。[1][2]

3. 現在求められる学習支援システム

ここでは、厳しい状況下で、現在求められている学習支援システムの三大指針について検証する。

3.1 超低消費電力：Low Power

各端末のディスプレイを含めて端末全体の消費電力が50W以下であることが望ましい。ここでいう消費電力は、最大消費電力であり、一般的な使用状態における電力消費量ではない。一般的には、電源投入時最大負荷状態において消費電力は最大となるため、ディスプレイも含めた最大負荷状態をあらかじめ測定する必要がある。最大負荷状態は、本体の場合CPUとGPUのベンチマークソフトを起動させるか、非常に負荷の大きなBlu-rayディスクの再生などを行うことによって検証可能となる。

3.2 超低価格：Low Cost

各端末のディスプレイ込みで5万円以下であるのが望ましい。ここでいう価格は、ディスプレイと本体とOSを含めた端末の価格である。ワープロなどのOfficeソフトは含まない。実際には、安定動作の観点からメモリなどを増強する必要がある場合もあるが、それらを含めても5万円以下である。また、サーバなどの価格は別途計算する必要がある。

3.3 超低維持管理：No Maintenance

各端末のメンテナンス費用0円を目指し、基本的に数年間はバージョンアップ以外のメンテナンスは行わないことを前提とした維持管理体制を目指す。この条件を満たすための最も簡単なのは、パソコンなどの情報機器の設定を容易に変更させないことである。例えば、市中の『インターネットカフェ』と呼ばれる不特定多数の人がパソコンを自由に操作する環境では、起動時と終了時に『リカバリソフト』を利用して起動時の状況に戻すソフトを導入して対策をしている。特にレジストリなどのパソコンの設定ファイルなどが書き換えられないようにするための重要な対策の一つである。

3.4 サーバはどうする

学校現場などで最も苦勞するのがサーバの管理である。「基本的に触らないこと」と宣言する学校が非常に多くみられる。これは、商業や工業高校などを除いて、一般校の先生方ではサーバの管理は非常に困難であり、サーバそのものの機能についても見直す必要がある。

4. 新たな指針

ではどうすればいいのであろうか。要望が多かったのが、機器更新の時期に当たり、どのようにシステム構築を進めたらよいかという指針作りである。前章で述べた指針に従って、システムを構築するための仕様書の内容についての問い合わせが最も多いのが実情である。

4.1 学習支援システムの仕様の決め方

では、いままでどのように学習支援システムの仕様書を決めていたかという、おおよそ3つのパターンに大別できる。

- 1) 各学校の先生方の意見を取り入れ最大公約数的に作成
- 2) 業者に任せて安価なシステムを提案してもらう
- 3) 大学の先生を助言者に迎え、学校や業者とともに作成

一見すると、3) がよいように思えるが実際には、2) などが安定に稼働している場合が多い。ただし、使い勝手は悪い。最悪なのは1) で、各学校の要望がバラバラのため保守作業がほとんど行えない欠点があった。3) がよくないのは大学の先生の理想と学校現場の先生の現実が異なることによるためであることが多い。

つまり、

- 1) は、保守・技術力のない学校現場
- 2) は、技術・提案力のない業者
- 3) は、現場を知らない大学教授

このような事態にしないために学校現場では、『技術力と現場力』の両方が求められており、この2つの要件に沿っ

たシステム提案が求められる。[3]

4.2 求められる要件

小・中学校や高等学校などの学校現場と教育委員会などの行政側のそれぞれで、求められる要件は何かということを探り合わせる必要がある。特に小・中学校では、自治体の長の意見が教育行政に直接反映されることが多いため、行政の長と教育委員会との意思の疎通は重要である。また、同様に学校現場においては、学校長と教職員との共通意思を確認することが重要である。

4.3 学校現場の実態把握

要件をまとめるに当たって必要不可欠なのが学校現場の実態調査で、以下のような項目を確認する必要がある。

- ①電気設備の確認
- ②パソコンなど端末の確認
- ③ネットワークの確認
- ④サーバ群の確認
- ⑤職員室・情報システム室の確認
- ⑥視覚障害関連（盲学校のみ）

これらを綿密に調査した上で、学習支援システムの設計に着手する。

5. 電力消費量の低減

電力消費量の低減は、端末・配線・サーバのいくつかの項目に分けて行われるが、その際に注目すべき点についてまとめてみる。

5.1 ハードウェア関連

- 1) 無効電力：電力を消費するが活用できない電力（1台20W程度）

主としてAC/DC変換効率の悪い電源を搭載した端末パソコンに多く散見される。変換効率が80%以上であることが望ましい。（90%以上が求められる）

- 2) 待機電力：活動しない時間の消費電力（1台10W程度）

主として、電源が入ったままのモニタなどに関与する。また、パソコンの周辺機器にも電源が入ったまま消費電力の大きなものが多く散見される。

- 3) 不要電力：本当に必要かどうか検証すべきもの
活用されないサーバ、利用されない無線LAN

5.2 情報機器の業務の見直し

- 1) 本当に必要なソフトか

一年間で1回ぐらいいしか使わないソフトウェアが本当に必要なソフトウェアであろうか。利用実績を考慮した上で、本当に教育に必要なソフトウェアを精査する。

2) Microsoft Office 本当に必要なの

Microsoft 社の Word や Excel などの Office ソフトウェアは多機能であるが、非常に高価である。そこで、Microsoft Office 互換ソフトウェアで代用することで十分ではないだろうか。

3) 本当に必要な機器か

ラックマウントの業務用の本格的なサーバは、本当に学校の教育現場に必要な不可欠なものであろうか。一般企業ならいざ知らず、専門的な知識の乏しい教育現場では、もっと簡易型のサーバでもよいのではないだろうか。

4) 時間外に停止できないか

授業以外に電源を入れさせないことや、18 時以降は電源停止などの学校時間外に電源を停止できないであろうか。

5) 台数を減らせないか

仮想化技術を取り入れることにより、メンテナンスが必要な台数を削減できないであろうか。

6. 機器の選択

6.1 端末の選択

以前の報告では、超省電力 CPU である Intel 社 Atom を採用したパソコン端末を検証してきたが、性能面から CPU の能力が低くとも GPU の性能がある程度確保されれば、十分な性能と機能を確保できることを報告した。[1]そして、この GPU には、NVIDIA 社の ION が省電力と性能を両立させることを併せて報告した。[2]今回、AMD 社から発表された超省電力 CPU と GPU を組み合わせた E350 について導入されたシステムの検証を行った。

検証：AMD E350 (1.6GB)

比較：Intel Atom 525, NVIDIA ION

CPU と GPU を併せて 1 チップ化した E350 は、新しい製品らしく、CPU 性能は Atom とほぼ同一ながら、GPU 性能が ION より高性能なため、非常に負荷の大きな Blu-Ray ディスクも問題なく再生可能である。

前回同様、合成音声ソフトウェアと日本語入力変換速度の負荷で検証を行ったところ、最新の Atom + ION の組み合わせよりも実質的に高性能であることが判明した。この E350 はノートパソコンに多く採用されており、デスクトップ型は数機種の採用ではあるが、超省電力端末として期待される。現行の機種として、以下に例を示す。

本体のみのタイプは、ディスプレイが自由に選択できる。両者共に Windows 7 Home Premium 64bit DVD Multi-Drive 付き、最大消費電力は 50W 程度である。

本体のみ例

HP COMPAQ PC CQ1020jp 20inch ディスプレイ別売



ディスプレイ一体型例

Lenovo e205 ディスプレイ 18.5inch



6.2 サーバの選択

前述のようにサーバを一般企業で利用されるようなラックマウント・サーバから簡易型のサーバに変更できないかどうかを検証すべきである。学校現場では、ディレクトリ・サービスのような個人別の使用環境を保存する機能が果たして必要かどうかは注意深く検討する必要がある。例えば、授業だけで利用するパソコン別の環境で十分であるならば、サーバは簡易型で十分である。また、メールなどのサーバも本当に必要かどうかも含めて検討する必要がある。近年、メールは学校現場のサーバを利用せずに地域の教育センターのメールサーバなどを活用する例が多かったが、SPAM メールなどの対策からも、クラウド・コンピューティングを活用し、パブリック・クラウドで運用する例が多くなってきている。パブリック・クラウドの場合、Yahoo や Google などのアカウントを活用するため、自分たちでサーバを置く必要がなく、セキュリティの面からも好ましいものである。

そうなると、ディレクトリ・サービスを利用しなければ、簡易型のサーバで十分となり、飛躍的に価格と消費電力を削減することが可能となる。

つまり、

1) 高機能サーバ

利点：高機能・高性能

欠点：電力消費量大・専門知識必要

ディレクトリ・サービスなど個人別利用環境を提供

mail サービス・Web サービス、

File 共有サービス・Printer 共有サービス

2) 簡易型サーバ

利点：ローコスト・超消費電力・専門知識不要

欠点：低性能・単機能

File 共有サービス・Printer 共有サービス

そこで、簡易型でも十分な端末の設定方法を工夫すれば、高機能サーバは不要になる。また、後から追加すれば、ディレクトリ・サービスのような個人別利用環境を提供できるような拡張性を持たせることにした。ここでは、超小型・省電力タイプを利用する。

簡易型サーバ例

IO-Data HDL-Z2WS1.0A



Windows Storage Server 2008R2 ディスク容量 1TB、
最大消費電力 20W 以下、最大接続ユーザ数 50

6.3 HUB の選択

HUB についても近年は省エネルギータイプの仕様のものが登場してきている。つまり、使用していない port に対して電源を供給しないタイプである。電源が切れているパソコンに対して HUB 側から電源を供給しない機能を有している。HUB 自身も省エネルギー仕様であり、待機電力も節電可能となる。HUB は台数が多くなり、HUB 自身の省エネも重要となる。

省エネ HUB 例



Buffalo LSW3-GT-16NSR

最大消費電力：9W、待機電力 3W

7. 仮想化技術

台数が非常に多数の場合は、超省電力仕様の端末でも消費電力が非常に大きくなる。そこで、仮想化技術で対応し、仮想化サーバの消費電力は多くとも、システム全体の消費電力量の総量で対応すると、省エネルギーになる取り組みである。一般に学校現場に取り入れやすい2つの仮想化技術を概観する。

7.1 リモートデスクトップ

リモートデスクトップとは、Remote Desktop Protocol (RDP) を利用して、ターミナルサービスが稼働している機器に接続する機能で、現在では Windows7 と Windows 2008R2 Server ファミリーで利用可能である。特に、このリモートデスクトップに特化したサーバが Windows Multipoint Server である。2010 バージョンでは、最大メモリが8GB、最大利用可能ユーザは 10 ユーザとなっている。小型のサーバと非常にコンパクトなタバコサイズの Set Top Box (STB) を USB で接続する。STB にディスプレイとキーボードとマウスを接続すると、端末として稼働する。実際に利用すると 7 ユーザ程度で動作が遅くなる。この最大利用可能ユーザは US 仕様であるため日本仕様ではメモリの利用状況が多くなるため、7 ユーザ程度が限界と思われる。メモリを増強すると問題ないと思われるが、2010 バージョンでは、8GB に制限されているため、残念である。また、視覚障害者が利用するためには、画面読み合成音声ソフトウェアが不可欠であるため、5 ユーザ程度で限界となる。

実際の利用例：視覚障害者で 5 台運用

ディスプレイ前の小さな箱が STB



この Windows MultiPoint Server の最大の特徴は、1 台のサーバで 7 人が利用可能であること。また、この 7 人のユーザが何をしているか、サーバの画面で確認が可能である。つまり、ユーザが現在何をしているかをリアルタイムに監視可能である。さらにこのサーバは、1 台で 7 人が同一条件で利用可能である。つまり設定は事実上 1 回ですむ。例えば、40 台の端末が必要な教室では、6 台のサーバの導入で対応可能である。管理する台数が 6 台なので、

日常の管理も簡易である。但し、2011バージョンでは、最大利用メモリが32GBに増強されたため、最大利用可能ユーザ数20で、実運用上15ユーザ程度は利用可能である。また、STBにUSBが利用できる機種も選択できるようになった。さらにSTBとサーバとの接続が、USBだけでなくネットワークケーブルも選択できるようになったため、選択の範囲が広がった。

リモートデスクトップサーバ: Windows Multipoint Server2010/2011



HP MultiSeat ms6200 Desktop, STB (t100/t150)

7.2 Hyper-V

Hyper-Vは、Microsoft社のサーバ運用の仮想化技術である。他にXENやVMware等がある。1台のサーバ上の多くの仮想端末を作り運用する。基本的に高性能サーバと多量のメモリを必要とするが、1台のブレードサーバで端末80台程度の運用は可能であり、データは、クラウド・コンピュータで管理すると、驚異的なTCOで、総消費電力70%以上削減を達成できる。小学校・中学校・高等学校での導入は、専門的なSEの常駐がないとかなり厳しいので、大学などの大規模校に向いていると思われる。実際に幾つかの大学で、事務部門や情報教育部門において、この仮想化技術により極めて大きな省エネをもたらしている。

8. 事例

以下に幾つかの事例を示す。

8.1 小規模事例

25～40台の端末（1教室当たり）2教室
ユーザ数200名程度を想定

端末: 超消費電力・ディスプレイ一体型端末

サーバ: 簡易型 超小型・省電力NASタイプ

HUB: 省エネルギー HUB 16port3台

教室当たり端末を41台、サーバ1台を割り当て

最大消費電力: 2000W程度（1教室当たり）

備考: 端末のメモリは2GB以上（4GB以上が望ましい）

各端末毎にログインユーザを学年別に作成する。ユーザは

学年別の共通ログインユーザを利用する。メールサービスは、YahooまたはGoogleのサービスを利用する。機器は、前回とは異なり、全てメーカー製なので保証も受けられる。

通常の省エネ型の機器では、

端末: 最大消費電力170W（通常利用60W程度）

サーバ: 最大消費電力1000W

上記と同じ条件では、約8000W（1教室当たり）となる。

省エネ率は75%減となる。

8.2 中規模事例

80台の端末（1教室当たり）2教室以上

ユーザ数500名程度を想定

台数が非常に多数の場合は、超省電力仕様の端末でも消費電力が非常に大きくなる。そこで、仮想化技術で対応し、仮想化サーバの消費電力は多くとも、システム全体の消費電力量の総量で対応すると、省エネルギーになる取り組みである。ここでは、リモートデスクトップを導入する。

サーバ: Windows Multipoint Server 2011

端末: STB + ディスプレイ USB接続

1台のサーバに16台の端末を接続

5台のサーバで80台の端末をまかなう

サーバ最大消費電力: $170W \times 5 = 850W$

STB: $2.5W \times 80 = 200W$

ディスプレイ: $25W \times 80 = 2000W$

最大消費電力: 3050W

通常の省エネ型の機器では、

端末: 最大消費電力170W（通常利用60W程度）

サーバ: 最大消費電力1000W

上記と同じ条件では、約14600W（1教室当たり）となる。

省エネ率は80%減となる。

8.3 機器以外の省エネの取り組み

特に既存のシステムの省エネ化に有効な取り組みを幾つか下記に示す。

1) 授業時間以外電源OFF

全ての電源に元スイッチを設置（責任制導入）

2) 無線LANシステムの配置換え

電波漏洩問題から電子教科書端末専用へ

3) 常時電源ONをやめる

防犯監視システム以外は夜間電源を切る

4) 職員室も例外なし

電源を入れたままで授業に行かない

この4つの取り組みは非常に大きな成果を見せる。学校現場ではやる気になれば実行可能である。

9. おわりに

今回の事例は、実際に担当した事例をもとに構成した。また、価格面でも、35～65%減の省コストとなった。

様々な工夫を行うことにより、一番の節電の方法は、教職員の節電への意識である。特に電源コンセントを責任制にすると非常に効果がある。出来れば、全てのコンセントにスマートメータを取り付けて、消費電力の見える化を行うとより一層の効果が期待できると思われる。

参考文献

- [1] 村上佳久, 地球温暖化に対応した超省電力の視覚障害学習支援システムの開発, 筑波技術大学テクレポート, Vol.17 (2), p72-78, 2010
- [2] 村上佳久, 地球温暖化に対応した超省電力の視覚障害学習支援システムの開発 その2, 筑波技術大学テクレポート, Vol.18 (1), p46-53, 2011
- [3] 村上佳久, 学習支援システムにおけるコストダウンの試み, 筑波技術大学テクレポート, Vol.14, p269-274, 2007

Development of a Learning Support System with Substantial Power Savings in a Nuclear Power Plant unnecessary Age.

MURAKAMI Yoshihisa

Research and Support Center on Higher Education for the Hearing and Visually Impaired
General Education Practice Section for the Visually Impaired

Abstract: In this study, we developed a power-saving learning support system for students and measured its performance. In comparison with the conventional system, the newly developed system achieved an energy saving of approximately 75%. Although there was a decrease in system performance, it was confirmed that this would not have any effect on its actual use.

Keywords: 2011 Tohoku earthquake and tsunami, Substantial-power-saving, Learning support system