

教育現場におけるネットワーク構築

—最適化とTCO(Total Cost Ownership)軽減—

一般教育等 村上 佳久

要旨：小・中・高等学校を中心とした教育現場にコンピュータが導入されているが、昨今、ネットワーク化が進んできている。学外との交流を目指したインターネット接続や学内ネットワークの充実を目指したイントラネット化が行われているが、ネットワークの設計・構築・維持・管理という非常に大きな問題がクローズアップされている。特に最適化とTCOと呼ばれる導入・維持・管理のための総経費について解説する。

キーワード：最適化、ネットワーク、TCO、維持・管理

0. はじめに

全国の学校現場の情報化のためのコンピュータ設置がほぼ100%近い状況下で、全国の教育現場をネットワークで接続する計画が進んでいる。

このネットワーク化の流れは2つあり、1つは学校外との交流を目指したインターネット接続であり、もう1つが学校内のネットワーク化つまりイントラネット化である。

コンピュータ関連の予算やネットワーク関連の予算は文部省だけでなく郵政省や通産省も関わっているため、各都道府県、各市町村ごとに対応がかなり異なり、同じ自治体内でも予算などで対応が異なる例は珍しい事ではない。

ネットワーク化には様々な問題があり、その設計・構築・維持・管理には大変な労力が必要である。しかし、昨今のインターネットブームは、そのような労力が皆無なような宣伝がされ、誰でも簡単に利用できるという側面だけが強調されてしまった。そのため、いざネットワークを利用してみるとトラブルの連続で学校の教師が対応できないといった状況が続出している。

ネットワークの専門的技術者と同じ知識・技能を学校の教師に求めることは不可能である。たとえ、研修などで知識を深めたとしても日々の校内校務分掌の仕事もあり、ネットワーク運用・維持・管理まで手が回らなくなることは必然である。

ここでは、ネットワークの設計・管理・運用などの基本的事項について説明し、特に最近のキーワードである最適化とTOC削減について説明する。

1. ネットワークの設計

学校のコンピュータをネットワークで接続するとか、インターネットに接続するという話は、唐突に実現することが多い。一般的に学校内で情報処理委員会が設置され、そこで検討されるのだが、十分な知識がないまま学内の設計を行わざるを得ない。

ここでは、簡単に設計に対する留意点を述べる。
設計上の必要事項

1. 最大利用台数(利用する総数)、最大同時利用台数(同時に利用する総数)
2. 利用機種(WINDOWSやMS-DOSなど)
3. 利用目的(ファイル・プリンタサーバ、アプリケーションサーバなど)
4. 接続形態(固定運用・移動運用)

1. 1 ネットワークの配線の設計

ネットワークの配線は、水道管の配管に似ている。水道管の場合、主幹と呼ばれる本管は直径30cm程度で、各家庭向けの配管は直径2cm程度である。

各家庭に数個ある水道の栓を1つだけ開けると水は勢いよく流れ出てくる。しかし、家庭の全ての水道栓を開けると、各水道栓から水は少ししか流れない。

この水道と全く同じ事がネットワーク配線でも起こる。

ネットワークの配線の仕方(トポロジー)には、直線型・星型・リング型の3種類があるが、最近ではHUBと呼ばれる分配機で、4～16に分配して各端末に配線する星形が主流である。このため、全員が同時に利用すると分配された1つには、元の4～16分の1しか情報を供給できない。そこで、多量にデータを送る可能性がある場合、同時に送信できる情報量によってネットワークの

配線の仕方を変更する。また、一斉授業などで同時に多数が利用する場合も、データの最大送受信量をあらかじめ見込んでおく必要がある。

一般的に、1つのネットワーク上に20台程度で1つの支線(セグメント)にする。学校ではコンピュータ端末20台ないし40台が1つの単位であるので、最低でも3~5台のHUBによって分配される。

1つのHUBから全てを分岐させるようなタコ足配線は絶対に避ける。サーバが複数台数の時はサーバ同士を出来るだけ高速な配線で結んで、分岐する上流には高速な分岐器を配置する。

- ・ 利用人数：配線方法、端末数に対するHUBの数、サーバのメモリやHDD容量決定
- ・ 利用機種：出来るだけ同一に、端末は全てDOSやWINDOWSなどに統一し、設定が容易に
- ・ 利用目的：教材やプリンタの共有、インタネット接続、データベースの運用など
- ・ 接続形態：固定運用(教室に設置)、移動利用(ノートパソコン)

1. 2 サーバの設定

最も困難なのが、サーバの設定である。学校現場で教師が設定を行うことは、商業・工業・情報処理科などを有する場合は可能かもしれないが、普通校や特殊学校などでは、ほとんど不可能と思われる。一般には設置業者が最低限の設定を行うが、その通りに運用できる場合は非常に希で、各学校の状況に合わせて再設定を行う必要がある。

予算の関係でサーバが1台になる場合もあるが、利用目的に合わせて複数台数導入できるのが望ましい。しかし、サーバの故障など管理・運営から言えば台数が少ない方がよい。

1. 3 端末の設定

1) IPアドレス(DHCP・NATなど)

インターネット接続の場合には、端末に1台ごとにIPアドレスを指定する必要がある。IPアドレスは全世界的に1つの固有の値である必要があり、その管理もしなければならない。日本ではIPアドレスはJNPICが一元管理しており、ここからIPアドレスが公布される。しかし、最近ではIPアドレスの不足により必要な台数分のIPアドレスが与えられない場合も多い。

また端末の設定から言っても、40台もあると設定は大変な労力である。

そこで最近では、DHCPサーバを設定しておいて、端

末にIPアドレスを与えないでサーバ側からIPアドレスを自動的に振り当てる方法が主流となってきている。この方法では、サーバが管理できる1つのセグメント当たりでは設定に関する問題は少ない。

ルータなどでセグメントを分離している場合にはDHCPサーバの設定が容易ではなく専門的な知識が必要である。

また、NATと呼ばれるIPアドレス自動変換機能を用いてIPアドレスを設定する場合もあり、学校内でIPアドレスは自由に振り分けられる。

しかし、最近ではノートパソコンなどを利用して、教室を移動しての利用も増えてきており、この様な移動を前提とした使用方法も考慮しなければならない。

IPプロトコルを利用する場合、移動を前提とするのはモバイルと呼ばれる携帯電話などと共に利用する移動端末位で、ノートパソコンなどはあまり考慮されない。IPX-IPゲートウェイを利用すると、学校内ではIPXプロトコルによる一元管理、学校外との接続はIPで行いサーバのみにIPアドレスがあればよく、端末の設定は全て同じで非常に容易となる。

1. 4 プロトコルの選択

プロトコルは1つだけに限定するのが最も効率がよいが、ユーザの使い勝手や管理者の負担も考慮すると様々な選択肢が考えられるが、通常は、IPとIPXを考慮すればよい。

問題は利用形態である。

- ・ 端末の移動
- ・ 遠隔地からの利用
- ・ 利用範囲(学内のみ、学外のみ、学内・学外両方の利用)

IPプロトコルは、インタネットの標準プロトコルであり現在の主流である。しかし、端末全てにIPアドレスを振り分けて設定を行うには設定作業が複雑化し問題も多い。そこでサーバ側からIPアドレスを自動振り分けするDHCPサーバ方式がよく利用される。

しかし、IPプロトコルはセグメントを越えての利用は、セグメント間を接続するルータの設定が非常に複雑になるので避けるのが好ましい。従って、1つのセグメントの中だけで利用するのを前提に設計を行う。

IPXプロトコルは、元来スモールビジネスユースに開発されたXNSプロトコルを元にしていて1セグメント当たり50台を越えるような台数ではネットワーク負荷が非常に大きくなり、使用は適さない。しかし、移動利用

も自由で設定も同一設定でよく、その意味では管理運用ともに導入が容易である。企業などで非常によく利用されており、学校内のイントラネット構築に向いている。

両プロトコルにはそれぞれ利点・欠点があるがこの両者を必要に応じて使い分けると利用形態に最もマッチしたネットワークが構築できる。例えば、学校内はIPXプロトコルで学校外はIPプロトコルに設定すると端末台数が少ない場合は設定が非常に簡単ですむ。

1. 5 代理応答サーバ(Proxy Server)

ネットワーク負荷を低減させる方法として代理応答サーバがある。一度サーバに要求されたデータを蓄え(キャッシング)、再度要求があると蓄えられたデータを応答する。

ネットワークの中間部分で代理応答サーバを設定するとデータベースサーバなどは本来のデータベースの検索などの機能に最大限の能力を発揮できる。もしも、代理応答サーバがなければ、その都度データベースサーバが端末の要求に応じて、データベースの検索と結果のデータの転送の2つの作業を行わなければならない。代理サーバがあるとデータ転送の部分が半分程度軽減される。

また、WWWサーバなども同様に同じデータを頻繁に利用する場合は、代理応答サーバの存在は欠かせないものとなる。

さらに代理応答サーバは、外部からの不正進入を防ぐ障壁(ファイアウォール)としての機能が不可欠なものとなっている。しかし、端末が20台以下の小規模ネットワークでは利用されないことも多い。

しかし、最適化設計でネットワーク負荷を下げる必要がある場合には導入は不可欠でこの代理応答サーバに障壁と外部アクセスサーバを兼務させるとよい。

2. 最適化とTCO(Total Cost Ownership)軽減

最適化とは何か。色々な定義があるが、ネットワーク環境におけるコンピュータ機器の最適化とは、ネットワーク負担を低減、管理作業を軽減、初期コストとランニングコストの適正化、管理者の作業量をコストと換算した時のトータルコストの削減などを高度に両立させるような手法と捉えるべきであろう。

一部分だけを軽減するような手法は、システム全体から見れば軽減になっていない場合もある。例えば導入価格が安価でも維持管理に経費が高むようであればTCO(総所有コスト)は大きくなる。また、端末利用にはソフトウェア利用のための教育が必要であるが、それら教育のための講師の経費などや電気代、証明代などの様々な経費が出費されることになる。つまり、一部分だ

けを考慮しても全体を見渡せば経費がどの程度かかっているのかが十分に理解されないことが多い。

そこで、システムに関わる各部をシステム全体の一部と捉えて全体の関係からTCO(総所有コスト)を計算する手法を用いて、システム全体のコストを計算する。それを削減しなければ効率化は上がらないばかりか、仕事のための仕事を生み出す結果になりかねない。これが、最適化とTCO軽減という手法で、近年注目を集めている。

細かい部分で見ると様々な部分で経費節減は可能であるが、それがTCOの軽減とならないこともある。例えば、端末機器のコストを低減するためにメモリやHDDの容量を減少すると、起動に時間がかかる、設定や複数のアプリケーションが起動できないと言った欠点多くなる。また、ネットワークの分配機器が高価なので本来スイッチングHUBを導入すべきところをスイッチングでない機器を導入したがネットワークが混雑して非常に遅く使いものにならなくなったという状況は、結果から言えば解決するために余分な費用がかかり、トータルコストが結局高くなる。

これらの最適化とTCO軽減を考慮するためには業務全般に渡る幅広い知識とシステムの把握、端末からサーバまでの機器の状況、維持・管理、設定・教育など一人の知識で賄い切れるものではない。SE(システムエンジニア)と上級システム統括者(アドミシストレイタ)やMBA(経営学修士)などの専門家などがチームを組んで行うべき仕事であるが、現実にはSEだけで行われるのが通例である。従ってSEには様々な知識と技能が要求されることになる。

ここで、最適化の例を説明する。

●プリンタサーバの設計例(最適化設計)

プリンタの共有はネットワークでは重要な部分を占めるが、ネットワーク負荷が大きいので、設計には注意が必要で、最適化設計を行う必要がある。

現在企業などでは、印刷される文字は殆ど「アウトラインフォント」と呼ばれるベクトル化された文字で、文字を拡大縮小しても形に変化はない。(文字にギザギザがない)

印刷は、端末側で文字拡大縮小などの処理を行ってプリンタにデータを送る場合と、プリンタ側で拡大縮小などの処理を行う場合とがある。

・TrueTypeフォント(WINDOWS,Macintoshなど) :

パソコン側で文字拡大などの処理を全ての行う。プリンタは安価。

端末からのデータ量は非常に大。

・PostScriptフォント(UNIXやDTPなど) :

プリンタ側でベクトル化などの処理を全て行う。プリンタは高価。

端末からのデータはテキストデータだけ。(データ量は小)

ネットワークを通じてプリンタを共有する場合は、出来るだけネットワークに負荷がかからないようにプリンタへのデータ量を少なくする必要がある。特にTrueTypeフォントなどは端末からのデータ量が大きいためにネットワークに対する負荷が非常に大きくなり出来れば避けたいところである。しかし、PostScriptフォントの場合はフォントそのものも高価であり、また端末の設定も複雑となりプリンタも高価なのでこれも出来れば避けたい。

そこで、ネットワークにも負荷をかけずにプリンタも安価する方法を考慮して最適化の検討を行う。

プリンタ内蔵フォントの利用：

端末側には数十種類のフォントがインストールされているが、プリンタには数種類しかない。しかし、プリンタ本体のフォントは高速で出力でき、本体からはこのフォントデータを送る必要がない。

そこで、端末側で利用するフォントを日本語フォント2～3種類、英数字フォント5種類程度に制限してプリンタフォントと同一にする。

端末からはデータ量の少ない印刷データがテキストデータとして出力され、後はプリンタ本体のROMのフォントデータで処理され印刷される。

端末の負担もネットワークの負担もプリンタの負担も全て程々となり最適化される。

利点：端末の負担が軽減、プリンタサーバの負担が軽減、ネットワーク負荷が軽減

欠点：端末の利用可能フォントが減少(文書の表現力が制限される)

●移動利用の設計例(最適化設計)

移動利用には様々な問題がある。一番の問題はセグメントを越えての運用である。

大規模なネットワークをIPプロトコルを利用して構築した場合、セグメントをルータで分割しており、セグメントを越えての運用はIPアドレスを変更する必要がある。もしも、移動利用時に設定変更を不要にするためには、各セグメントごとにDHCPサーバを設定するしかない。

IPXプロトコルで構築した場合には、セグメントによる分割を行っている場合でも設定変更は不要であるが、ネットワーク全体の通信量が非常に増大し、端末の台数

によっては通信不良を起こす危険性がある。

従って、移動利用を考慮すると、端末の台数によってプロトコルやネットワーク配線の方法が変わることになる。

次の条件で最適化設計を行う。

(この例は実例で14例ほどある)

端末台数：40台

サーバ数：2台

(インタネット、イントラネット各1台)

利用目的：インタネット接続、イントラネットによるプリンタ・ファイルの共有

接続形態：ノートパソコンによる端末移動

端末OS：WINDOWS 95

IPプロトコル例：

サーバOS：WINDOWS NTまたはUNIX

IPXプロトコルの例

サーバOS：IntranetWareとBorderManager

1台のサーバにネットワークインタフェイスを4枚装着する。このサーバには最低でも128MB以上のメモリを装着する。このサーバはファイルサーバ、DHCPサーバ(WINDOWS NT,UNIXの場合)、IP-IPXゲートウェイ(IntranetWareの場合)、ルータとして機能する。

各インタフェイスは、高速(100Mbps)スイッチングHUBにより4～8に分配され、各教室の基本配線となる。基本配線から高速(100Mbps)スイッチングHUBにより4～8分配し、分配後スイッチングHUBでさらに8分割する。

もう一台のサーバもネットワークインタフェイスを2枚装着し、インターネット関連のサービスを設定する。DNSサーバ、MAILサーバ、WWWサーバ、PROXYサーバ等を設定する。

このシステムでは、インターネットとイントラネットを分離して設定している。また、一番のネックとなるネットワークの負荷をサーバのインターフェイスカードを増やすことで分散している。(サーバは負担が大きくなるので対応できるサーバを導入する)

ファイアウォール機能もネットワークインタフェイスで分離することにより実現している。

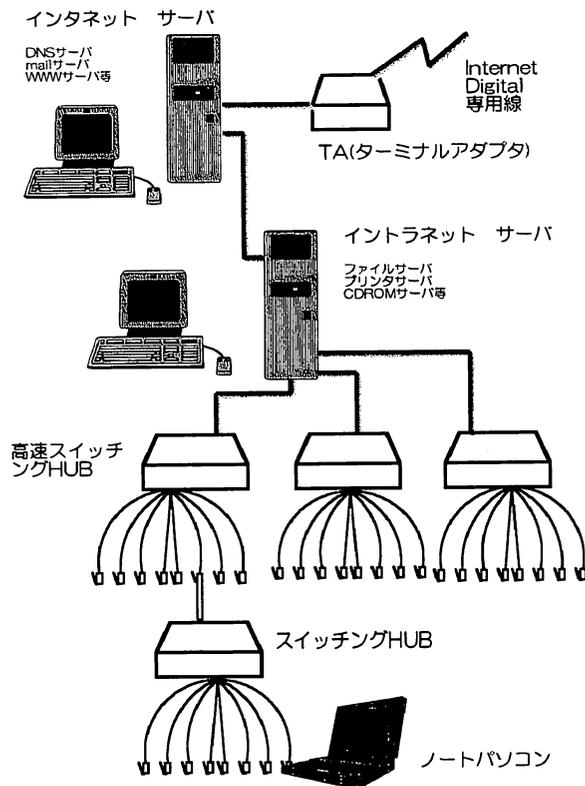
IPプロトコルの場合は、サーバごとにユーザの設定が必要。IPXプロトコルの場合は、ディレクトリサービスが利用できるため1つの設定のみで運用が可能である。

サーバが2台でインタネットとイントラネットの両方を構築し、さらに移動利用も可能にした例は学校現場で

は非常に希であるが、不可能ではなく、今後のモデルケースとなろう。ただ、専門技術者が絶対必要である。

- 利点：DHCPサーバとルータが1台のサーバ上に構築されているので、設定が容易
 インタネットとイントラネットが分離しているのでセキュリティ確保
 移動運用でも設定変更不要(管理が容易)
- 欠点：サーバの負荷が大(高性能なサーバが必要)
 HUBやインタフェイスが高価(高速スイッチングHUBは高価)
 サーバが2台必要(コストアップ)
 専門的知識が必要で導入は技術者が担当し、維持・管理も技術者が必要

※ 企業などではサーバの台数を増やして対応するのでこの様な設計は行わない。そのためのシステム管理者も必要不可欠である。学校現場では、サーバの台数を増やすことは非常に困難で、サーバ2台の導入もできない場合が多い。



最適化の例を掲げたが、実際には広範囲で専門的な知識が要求されるために最適化を行うには、非常に訓練された専門のシステムエンジニア(SE)が、各部を精密に点検して初めて行えるものである。しかし、この手法を学

ぶことにより、専門的SEでなくともある程度の最適化を行うことは可能である。

そのことは、TCO(Total Cost Ownership)軽減にもつながる。TCOは、導入だけでなく運用・維持・管理も含めた総経費の事であるから1か月、3か月、6か月、1年、3年、5年毎に必要な経費を見積もり、どれだけのコストが必要かを算出する。この場合、導入・運用・維持・管理に必要な人員や総労働時間、端末設定などの時間やトラブル対策なども全て含めたものを指して言う。

学校現場では維持・管理経費が計上されることは非常に希なので注意を要する。

コンピュータやネットワーク導入に関して、要求は非常に多い。

例えば、「全員がインターネットが出来るようにしたい」「児童生徒のホームページを作りたい」「全員が電子メールが出来るようにしたい」「CDROM教材を共有したい」など希望は山ほどある。しかし、その設計となると至難の業であることが理解されると思う。

3. 教育現場へのネットワークの導入

結論から先に言えば、学校の現場では管理はしない方がよい。サーバの管理運営も含めて業者なりに運用を委託してレンタルするのが最もよい選択である。

3. 1 インターネットへの接続

・センター集中方式

教育情報センターなどを中心として各学校間をISDN回線などで結び、センターが1種のプロバイダ的な働きをする。この例はインターネット構築に関する学校の負荷を軽減する方式として最近よく見受けられる。特に市町村単位では最も有効な導入方法であり、広域でネットワーク負荷や経費を節減できるばかりでなく設定・維持管理も容易であるが、センター職員の能力に左右される事も忘れてはならない。

・NTTのサービス

NTTでは、OCNエコノミー(128kbps/s)回線とサーバの維持管理運用を含めたOCNスクールパックを月額6~7万円で実施する。これだとインターネット接続やメールサーバの管理などを含めた全てがレンタルできる。学内のネットワーク接続はまた別の話となるが、保守・管理を含んだサービスとして、現在では最もよい選択の1つであろう。

・個別導入方式

各学校ごとに接続していく方法で、サーバを学校内に

設置するか学校外のサーバを利用するかにより学校内での対応の仕方が異なる。学校内にサーバがある場合は、複数台数の端末がインターネットに接続可能であるが、学校内にサーバがない場合は1台しか接続できないことが多い。

俗に「100校プロジェクト」と呼ばれるものは、学校にサーバを設置するもので、NTTの「こねっとプラン」は、全国の1000校にこの1台接続のサービスを提供するものである。これらの方式では学校内で保守管理を行う必要があり、専門的知識の習得が要求される。

これらのインターネットの接続方式は、各自治体の教育委員会や行政の方向性によって左右されるが、専門的知識の必要なネットワーク管理には出来るだけ携わらないように学校の管理者なり教育委員会が配慮すべきであると思われる。

3. 2 イン트라ネット構築

・個別導入方式

ほとんどの場合研究指定校という名目で校内ネットワークを設置することが多いために、機種やサーバなど、各学校の実態に合わせられないことが多く、教育委員会の決定通りの選択となる。維持・管理も学校側で行う必要がある。従って十分な成果をあげられないことが多いが、目的を絞ってその目的のみを行うように配慮した学校では、それなりの成果をあげている。

・インターネットと同時導入方式

最適化の項で説明した例であるが、対象となる学校、教育委員会、導入する業者も含めて非常に専門的な知識が要求され、また予算も増大することから導入例は非常に少ないが教育効果の面では非常に大きな成果をあげることが出来る。しかし導入された後の管理・運営が問題となっている。

3. 3 導入するには

学校現場にネットワークを導入するには様々な問題のあることを述べたが、現在は技術的な問題よりも人間関係や組織関係の問題である事が多い。

- ・設置される学校側で十分な内部合意が得られているかどうか。
- ・学校と教育委員会との間で意志疎通が十分であるかどうか。
- ・教育委員会の担当指導主事と学校の実務責任者で意志疎通がとれているかどうか。

この3つの問題は技術的問題以上に重要で、この関係が崩れた場合、ネットワークどころかコンピュータその

ものも動かなくなることもある。

また、教育委員会の指導主事などに対する的確な情報を提供し、導入設置業者などと技術的な問題を話し合うことの出来る教育コーディネータの存在が必要不可欠な状況で、一刻も早くこのような人材が制度化されることを切に願う次第である。

4. おわりに

学校現場におけるインターネットやイントラネット構築の問題点を述べたが、実際の構築には非常に多くの問題に遭遇する。

一番の問題は、何でも簡単に出来るという思いこみみよる混乱であろう。

「ホームページなど5分で出来る」「ネットワークなんて簡単だ」「インターネットがあれば教育は劇的に変わる」「電子メールを利用すればペーパーレス学校が可能だ」などをよく大学の先生が口にするようである。

このような先生の話は聞かない方がよいと思う。このような人は、ただ単に与えられた環境で自分が利用しているだけの人でなので、導入・設定・維持・管理と言ったことを理解していない。したがって言葉は悪いが、無知な「ほら吹き」と考えてよいであろう。

サーバなどを維持管理している先生はこの様な「ほら吹き」は絶対に言わない。つまり本当に管理運営に携わっている人はその困難さを十二分に承知している。したがって、導入に関して「本当に導入する気があるのですか?、大変ですよ!」と疑問を投げかけるはずである。

一刻も早く「教育コーディネータ」が制度化され、技術と教育を両立できるような教育援助体制が確立し、教師が教育に専念できるような状況が生まれることを切に願う次第である。

* 高速スイッチングHUB：一般のHUBは接続する台数に合わせた分配機であるが、スイッチングHUBは状況に応じて分配できる容量が変わると考えればよい。言い換えれば水道管の太さが変化する分配機である。高速とは、10Mbpsの速度に対してその10倍以上の速度(100Mbpsなど)のものを言う。高速になれば高価になる。また、スイッチングHUBも一般のHUB(スタックブルHUBとも呼ばれる)に比べると10倍程度高価になる。