

# 自律型ネットワーク端末 (PICKLES) を用いたシステム運用技法

木本雅彦

東京工業大学大学院 情報理工学研究科

大野浩之

東京工業大学大学院 情報理工学研究科

## 概要

インターネット利用者の多くを占めるコンピュータ分野の非専門家にとって、OS のインストールなどの端末の保守作業は負担である。これを解消するために、著者らは管理者と利用者との責任範囲を明確に分離した運用技法を提案する。著者らがすすめる PICKLES プロジェクトでは、この管理モデルに基づき、「インターネットを利用できる環境」をインフラストラクチャとして提供することを目指している。本論文では現在のインターネットの利用環境の問題点について述べ、これを解決するための運用技法を提案する。そしてこの技法を実現するための端末プラットフォームと、これを用いたシステム運用の事例について報告する。

## Improved network design and management with PICKLES terminal.

Masahiko KIMOTO

Graduateschool of Information Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

Hiroyuki OHNO

Graduateschool of Information Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

## Abstract

Many Internet users hold the burden of administration of a computer. To get rid of the burden, responsibility with the administrators and the users must be separated. And we must discuss new model of administration. In the PICKLES project, people use Internet information kiosks which can be put everywhere. The kiosk is shared between many users, and they never has troubled with maintaining the information kiosk. In this paper, we describe benefit of administration model and techniques of PICKLES.

## 1 はじめに

家庭や小規模オフィスなどからのインターネットの利用が増加しており、これとともにコンピュータについての専門的な知識を持たない利用者が多くを占めるようになっている。ところが、インターネットを利用するための端末へのオペレーティングシステムやアプリケーションの更新作業などは、利用者の責任で行われている場合が多く、この負担の大きさが問題になっている。利用者に余計な負担を負わせない管理モデルと、それを実現するためのネットワーク端末が必要である。

著者がすすめる PICKLES プロジェクトでは、公衆端末を随所に設置することで、誰もが快適にインターネットを利用できる環境の実現を目指している。公衆端末は多数の利用者間で共有され、その管理は利用者

からは分離されている。

本論文ではまず現在のインターネットを利用するための端末の運用技法について現状の問題点を述べる。次に PICKLES プロジェクトの概要と、自律型端末を用いたシステム運用技法について述べ、その運用事例を報告する。

## 2 インターネット端末の運用技法の現状

インターネットは、その普及がすすむにつれさまざまな形態で利用されるようになってきた。とくに最近では商用プロバイダを経由して、SOHO と呼ばれる小規模なオフィスや家庭からインターネットに接続する例が多い。しかし、現実には自宅でインターネットを利用しようとする、機器を導入しオペレーティング

システムやアプリケーションプログラムをインストールし、必要に応じて更新していく作業を、利用者の手で行わなければならない。小規模オフィスでのネットワーク構築も同様で、ネットワークを設計し、業務で利用できる環境を構築し、それを保守管理していかなければならない。

また 100 校プロジェクト [1] を筆頭に、小中高等学校へのコンピュータの導入と、インターネットへの接続がすすんでいる。管理保守作業のために専任のスタッフを常時配備することが難しいため、多くの場合多少コンピュータの操作に心得のある教員が保守管理の負担を負うことになる。学校ごとに環境が異なるため、他の学校の教員との間の情報交換が円滑に行えない場合があるといった問題もある。

家庭や SOHO からのインターネットの利用を想定すると、高速な対外接続は現状ではあまり期待できない。また接続先のネットワークが移り変わったり、家庭や SOHO ネットワークのうち、一部を切り出して運用することも予想できる。そこで用いられる運用技法は、次のような要件を満たさなければならない。

1. 帯域の低い対外接続でも対応できる。
2. ネットワークの全体や一部の移動にも対応できる。
3. すべての端末で常に同じ環境を提供できる。
4. システムの更新作業などが容易に行える。

### 3 システム運用技法の比較

ネットワーク端末の運用技法について、これまで用いられてきたものや、現在提唱されているものを比較する。

ひとつは完全に独立して動作する端末を用いるものである。これはパーソナルコンピュータでは一般的に用いられている。この技法では、オペレーティングシステム (以下 OS) のバージョンアップやアプリケーションのインストール作業を利用者が各自行わなければならない。また個別に管理された結果として全く異なる環境が利用者ごとに出来上がってしまい、「自分が普段使っている端末」以外は実質的に利用できなくなることが多い。

オラクル社が提唱している NC[2] では、OS やアプリケーションなどを必要に応じてネットワーク経由で読み込み、端末に余計な記憶媒体を持たせないことで端末の低価格化を図っている。この方法では、保守管理の作業をサーバに集約することができるが、小規模な組織では相対的にサーバの保守管理が大きくなる。

要件	1	2	3	4
独立端末	○	○	×	×
NC	×	×	○	○
NetPC	△	○	○	○
自律型端末	○	○	○	○

表 1: 運用技法の比較

組織ごとにファイアウォールを構築している場合や、対外ネットワークの回線が遅い場合には適さない。また、サーバに依存して動作するため、端末の移動が難しくなる。実際ノートブック型の NC ではハードディスクを内蔵するなどの方法を用いている。

Intel 社, Microsoft 社などが提唱している NetPC[3] では、従来のハードウェアと OS を用いる。OS や必要なアプリケーションは端末のハードディスクに記録され、サーバは必要に応じてこれらの更新と、最低限の端末管理を行う。既にある機器をそのまま用いることができる点や、端末をネットワークから切り離しても動作できるという特徴がある。しかし大幅なバージョンアップの場合はほとんどディスク全体を書き換えることになりかねないため、その際の通信コストは大きい。

そこで、OS とアプリケーションを内蔵ディスクに持ち、バージョンアップ時にはディスク自体を交換する方法を考える。ここでの内蔵ディスクはメモリディスクや高速な CD-ROM などでも、本質に変わりはないのであるが、現実的に価格や速度、安定性を考慮に示して、ハードディスクを想定している。この「ディスク交換方式」では、ネットワークに依存せずに OS などの更新が可能である。端末が故障してネットワークを利用できないときの保守作業も、同様の手段で行うことができる。また OS とアプリケーションを併せてバージョン管理することで、同じ版であればどの端末でも完全に同じ環境にすることができる。本論文ではこのような端末を自律型端末と呼ぶ。これまでに挙げた管理技法が、前述の要件を満たす度合の比較を表 1 にまとめた。○, △, ×はこの順で要件を満たすことを意味している。自律型端末を用いたシステム運用は、これらの要件を満たしている技法であると考えられる。

## 4 自律型端末を用いたシステム運用技法

### 4.1 PICKLES プロジェクト

著者らが1995年よりすすめているPICKLESプロジェクト[4]は、上記のディスク交換方式を用いた自律型端末に基づいた公衆端末を開発、設置することで、「いつでも、どこでも、だれでも」快適にインターネットを利用できる環境の実現を目指している。公衆端末は、同様な通信メディアである公衆電話網における、公衆電話に例えることができる。利用者は必要だけの通話料を支払って遍在する公衆電話を利用する。電話機器自体の設置導入作業や、故障への対処、新機種への入れ替えの負担が利用者に負われることはない。同様に利用者が移動する先々にインターネットを利用できる公衆端末が存在すれば、普遍的なインターネットへのアクセスが実現できる。

利用者は、認証のための個人情報などをICカードなどの小型の記録媒体に記録し、携帯する。利用時にはICカードを公衆端末に装着することで認証が行われ、利用者自身の環境に近い状態で公衆端末を利用できる。その際受け取ったメッセージや収集した情報はICカードに記録しておく。PICKLESプロジェクトでは、通常のICカードではなく情報を閲覧するためのディスプレイと操作のためのキーパッドを備えたカードを用いる。以後このようなICカードを「カード型端末」と呼ぶことにする。このカードを用いることで公衆端末を離れても蓄積した情報を参照することができるという利点があり、PICKLESの大きな特徴のひとつとなっている。

公衆端末としての運用を考えると、一台から数台くらいの端末が、それほど高速でない回線によって外部と接続されているという運用形態が想定できる。これは小規模ネットワークと類似の運用形態ととらえることができ、自律型端末に基づいた運用技法が適している[6]。PICKLESプロジェクトで開発した自律型端末をPICKLES端末と呼ぶ。

### 4.2 PICKLES 端末の運用技法

自律型端末に基づいて開発したPICKLES端末を用いることによって実現されたシステム運用技法と、その利点について述べる。

自律型端末ではOSもアプリケーションも端末のディスク内に保持している。更新のときにはOSとア

責任者	モジュール	内容
利用者	カード端末	個人情報、認証情報
所有者	システムディスク	OS、アプリケーション
管理者	ユーザディスク	ホストの設定など

表 2: モジュールごとの情報の内容

アプリケーションなどだけを交換することにするので、この二つと、端末の設定情報や持ち主が所有する情報を分離する必要がある。ここでは公衆端末の利用者と、所有する人、システムを管理する人、ハードウェアの販売業者とを分離し、それぞれ「利用者」「所有者」「管理者」「販売者」と呼称する。このうち最初の3者の責任の範囲は、管理する情報で分けられる。

区分けした情報は、それぞれ異なったモジュールに記録される。まず利用者が管理する情報は利用者のカード端末に記録される。管理者が管理する情報と所有者が管理する情報は端末のハードディスクに記録される。この二つの情報は分離され、2台の取り外し可能なハードディスクモジュールに別々に記録される。システムディスクの内容はすべて同じであり、端末動作中に変更されることはないが、ユーザディスクには端末ごとにことなる情報や、端末動作中に書き換えられる情報などが格納されることになる。PICKLES端末では前者を記録したハードディスクモジュールをシステムディスクと呼び、後者を記録したモジュールをユーザディスクと呼ぶ。これをまとめると表2になる。通常PICKLES端末は一台のシステムディスクと一台のユーザディスクの組みで動作する。

PICKLES 端末は自律型端末であり、端末の導入作業やOSの更新はディスクモジュールを入れ換えることで行う。その手順は次のようになる。

**導入時の手順：** 所有者はまずPICKLES 端末仕様書[7]に基づいて販売者から端末ハードウェアを購入する。

同時に管理者に対して端末の設定情報を書式に基づいて提出し、ユーザディスクの作成を申請する。すると管理者からシステムディスクと、申請した情報に沿ったユーザディスクが送られる。この2台のディスクを販売者から購入した端末に装着し、端末を起動する。この導入作業で所有者はネットワークの機器の設定を行なう必要はない。

**更新時の手順：** 更新作業時は、管理者から送られてきた最新版のシステムディスクと、旧版のディスクを

入れ替えるだけである。ユーザディスクは入れ換える必要はない。

**故障時の対処：** 端末ハードウェアが故障した場合は、2 台のディスクを取り外し、販売者から送られて来た代替機に装着するだけで迅速に復旧することができる。ハードウェアの修理を行なう場合でもディスクは取り外して保管できるため、従来のように修理から戻ったディスクの内容が消去されていたといった事故はない。システムディスクが故障した場合はシステムディスクだけを交換すれば復旧できる。また所有者の情報がユーザディスクというかたちで明確に区分けされているため、バックアップ作業は容易に行える。その量はシステム全体のバックアップと比べると小さい。

### 4.3 PICKLES 端末

PICKLES 端末は IBM-PC/AT 互換機を元にしていて、ハードディスクモジュールは着脱可能な引出し型のケースにハードディスクを格納することで実現した (図 1)。試作機は公衆端末としての利用を意識しているため、大型ディスプレイを採用するなど、立ったまま利用することを念頭においたものになっている (図 2)。試作機は CPU が Pentium90MHz、メモリ 32MB である。購入した 1995 年当時は高速なものであり、多人数で充分の性能の機材を共有し相対的にコストを押さえるという方針のもとで選択された。2 台のハードディスクはそれぞれ 540MB 容量のものを採用している。



図 1: ハードディスクモジュール

また PICKLES 端末に基づいたデスクトップ機やノートパソコンを用いた端末も存在する (図 3)。



図 2: PICKLES 端末試作機

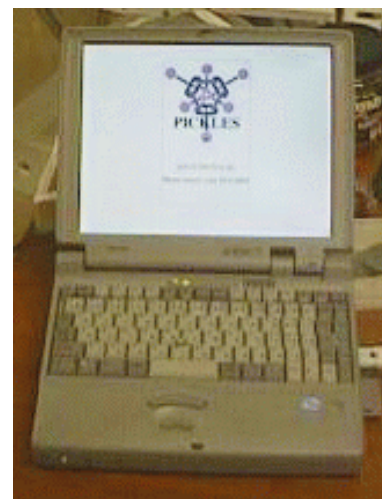


図 3: ノート型 PICKLES 端末

## 4.4 PICKLES SYSTEM

PICKLES SYSTEM は PICKLES 端末で用いている OS であり、現時点では BSD/OS を元としている。PICKLES 端末では OS や必要なアプリケーションを自分のハードディスク内に持つ。同じ版のシステムディスクであればこの内容は同一であるため、常に同じ環境が保証されている。

システムディスクとユーザディスクとの分離は以下に述べる方法で実現した。UNIX ではディレクトリごとにある程度情報が分類されている。そこで、/etc の中の中のホストごとに異なる情報を抜きだして格納した/etc3 と、可変な情報が含まれる/var を異なるパーティションに分離し、ユーザディスクに格納した。また所有者が保持する情報も同じように/local としてユーザディスクに格納した。/etc のうちホスト固有のものについてだけ、symbolic link を用いてユーザディスクの内容が参照されるようにした (図 4)。同じユーザディスクを使えば、システムディスクを交換しても利用者 から見て違いはない。

PICKLES SYSTEM は基本的にハードディスク 2 台から構成されるが、上記のパーティション構成を踏襲していれば、ディスク 1 台の構成も可能である。これはノートブック型で利用する際などに有用である。この場合ディスク単位でのモジュール交換は出来ないが、システムのバージョンアップなどはシステムディスクに相当するパーティションを全て書換えるという方法で容易に行なうことができる。

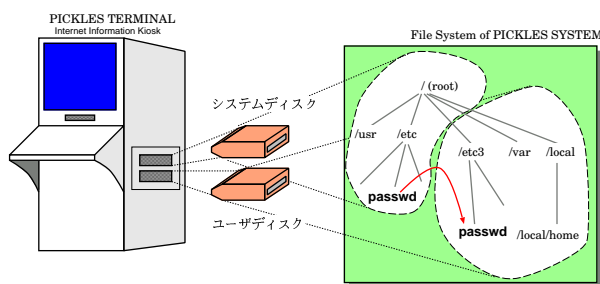


図 4: ディスクの構成

## 5 運用事例

### 5.1 導入事例

PICKLES プロジェクトでの管理モデルに基づいて端末の導入が行われた事例について述べる。ここに挙

げる事例では著者らが管理者の役割りを担っている。

**事例 1:** 1996 年 3 月に東京工業大学大学院情報理工学研究科の事務室に PICKLES 端末を設置した。これはかねてより要望のあった事務職員と教官との間の連絡に電子メールを使える環境を実現するためのものである。この時の端末導入手順は最初の事例ということもあり、仕様書に基づいて購入された端末を一旦管理者が預り導入作業と端末の設定作業を行った上で、実際に利用される箇所に設置するという手順を踏んだ。

**事例 2:** 1996 年中頃より本学図書館に端末を設置し、試験運用する機会を得ている [5]。これは電子図書館実現に向けての活動の一部に著者らが協力したものである。この事例では端末ハードウェアの購入から設置まで、管理者とは独立した販売者の手によって行われ、管理者はシステムディスクとユーザディスクを作成し装着するという作業のみを行った。

### 5.2 PICKLES 端末を用いたネットワーク構築

PICKLES 端末を用いたネットワークの構築事例として、著者らが所属する研究室の内部ネットワークについて述べる。

**事例 3:** 1997 年初頭より著者らは、研究室内ネットワークの再設計を行った。その際に利用者端末やルータとして PICKLES 端末に基づいたものを用いた。構築したネットワークの構成は図 5 のようになっている。このネットワークは 16 名のネットワークの研究者が日常的に利用している。現在約 15 台の利用者端末、3 台のノートブック型端末、3 台のルータ (図 6)、mail サーバ、WWW サーバ、バックアップサーバが PICKLES 端末に基づいたものになっている。図中のルータ A,B はファイアウォールルータとして機能している。

利用者端末としてはデスクトップ機とノートブック型が存在し、両者を同じ環境に保つことが容易にできる。このため作業環境をノートブック型の端末に移し、作業を行うといった利用方法も容易に行える。何らかの対外デモンストレーションの時に単体の端末を持ち出して利用することも容易である。

## 6 考察

運用事例から得られた経験に基づき、PICKLES プロジェクトの管理モデルについて考察を行う。

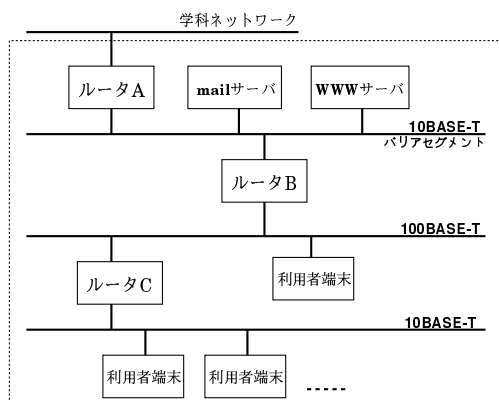


図 5: ネットワーク構成



図 6: PICKLES 端末を元にしたルータ群

端末の導入作業においては、管理モデルに基づいて管理者と販売者の分離が行われた。事例 1 と事例 2 において、端末は仕様書に基づいたものが所有者によって購入され、管理者は独立して設定作業を行った。ハードウェアの相性などによるトラブルがいくつか発生したが、この経験は PICKLES 端末仕様書の内容の改定の際に反映された。

端末の設定作業は所有者から申請された設定情報にもとづき、管理者側で作成したユーザディスクを装着することで行った。事例 2 では導入時に追加設定しなければならない項目が見付かり、その場で作業を行った。これは後に申請項目に追加された。

事例 1 と事例 2 での経験から、PICKLES 端末を用いた総合的なネットワークの構築実績も必要であるという考えに至った。事例 3 はこのような動機に基づいている。

事例 3 において自分たちが設計開発した PICKLES 端末を用いて日常的に利用するネットワークインフラストラクチャを構築したことは、次の点で意義があったといえる。まず、小規模ネットワークを運用するための要件である、容易なシステムの更新が実現、すべての端末での同じ環境の実現ができ、ノートブック型の端末でも同じ環境を移動して利用することができることが確認できた。また開発者だけではなく多くの利用者を得ることで、問題点の洗い出しができたともに構成員間での知識の共有も実現できた。これは特に大学のような小規模な組織でのシステム開発で、専門の試用スタッフを置けない場合には有効である。事例 3 では、研究室内での運用ということもあり、システムディスクの新規作成や更新が頻発する。これを簡便に行うためのインストーラなどの開発が、開発者の手を離れて行われた。

新たに研究室に所属してきた学生の多くは、初めてシステム管理を行うのが PICKLES SYSTEM であり、この上で管理技術を身に付けていくことになる。そこでの問題点の発見が直接自分たちの活動基盤の改善と結びついており、教育的な効果もあったといえる。

PICKLES 端末を用いたことにより、ルータ故障時の復旧作業はディスクモジュールの交換と、設定情報の復旧のみになった。しかし、ルータの停止時間は可能な限り短縮したい。そこで、いくつかの設定をあらかじめすべての端末のディスクに保存しておき、起動時に選択するとルータとして起動できるような仕組みも検討している。また、幸いなことに現時点までに偶発的なルータの障害は起きていない。PICKLES 端末を用いたことによる復旧作業の短縮化の評価と管理

者の技術の向上のために、故意にルータを停止させ復旧作業を行う「防災訓練」を行うことも検討している。

著者らのグループではネットワーク管理を支援するためのエージェントシステムを開発してきた[8][9]。公衆端末のように多数の箇所に散在して運用されるシステムの管理には、このようなエージェントシステムを用いた手段が有効であると考えており、実際エージェントシステムを活用した運用も検討している。

まとめると、自律型端末である PICKLES 端末を用いたネットワーク運用は、必要と定めた要件を概ね満たし、予想通りの効果があったといえる。また結果的に PICKLES SYSTEM をサポートするツールの充実が実現できたことは大きな収穫であった。今後は防災訓練を始めとした、故障時の復旧作業の容易性などの評価をおこなっていきたい。

## 7 おわりに

ハードウェアの低価格化や OS の性能向上によって、パーソナルコンピュータの機能は高度なものになり、管理に要する労力が増大している。世界的には、複雑な管理を必要としないインターネット端末の開発などがすすめられている。しかし小規模な組織での運用には考慮すべき点も多い。ここで求められる管理モデルは旧来の汎用機や専門家のためのワークステーション、管理の手間を必要としなかった頃のパーソナルコンピュータ、これらのどの管理モデルでもない。

著者らのとりくみは、複雑な作業を一般利用者の手から切り離し、「利用できる環境」をインフラストラクチャとして提供するという考えに基づいており、本文中で述べた問題を解決するシステム管理技法になると考えている。

なお PICKLES プロジェクトについての情報は WWW を用いても公開している。URL は以下のとおりである。  
<http://www.ohnolab.org/researches/pickles/index.html>

## 謝辞

東京工業大学 大学院 情報理工学研究科 数理計算科学専攻と WIDE プロジェクトの諸氏からは多くの貴重な意見、助言を頂いた。ここに感謝する。

## 参考文献

- [1] ネットワーク利用環境提供事業 100 校プロジェクト, <http://www.edu.ipa.go.jp/100school/>
- [2] Network Computer Inc., <http://www.nc.com/>

- [3] NetPC Specification, <http://web.jf.intel.com/design/netpc/netovr.htm>
- [4] 木本雅彦 大野浩之, 街角公衆情報端末計画 ～ PICKLES の概要～, Mar. 1996, 第 52 回全国大会 講演番号 3Y-2
- [5] 木本雅彦 大野浩之, 公衆情報端末の図書館における利用例, Sep. 1996, 情報処理学会第 53 回 (平成 8 年後期) 全国大会 大会論文集 (3), pp 475-476
- [6] 木本雅彦 大野浩之, 公衆情報端末計画 (PICKLES) におけるシステム設計と管理技法, 情報処理学会研究報告 (96-DSM-2), pp 13-18, July. 1996
- [7] PICKLES TERMINAL SPECIFICATION, <http://www.ohnolab.org/researches/pickles/spec1996.html>
- [8] 中嶋 良彰, システム管理に必要な情報を自動的に収集・分析するための機構 (magP) に関する研究, 東京工業大学 大学院 情報理工学研究科 数理・計算科学専攻, 平成 8 年度修士論文, Jan. 1996
- [9] 小野木 渡, NMW System によるネットワーク管理とその評価, 東京工業大学 大学院 情報理工学研究科 数理・計算科学専攻, 平成 8 年度修士論文, Jan. 1996