

オープンソースソフトウェアを活用したシンクライアント環境に関する研究

後藤和弘
情報産業部

A Study on Thin Client System using Open Source Software

Kazuhiro GOTO
Information Technology Division

要 旨

オープンソースソフトウェアを活用したシンクライアント環境として、KNOPPIX をネットワーク経由で起動する仕組みに注目し、学校教育現場や企業における利用場面を想定した改良をおこなった。学校教育現場向けには、教室内や体育館、屋外など授業に応じてコンピュータを柔軟に移動して活用できるように、無線 LAN カードを利用して KNOPPIX を起動できるようにした。また、企業向けのセキュリティ対策として指紋認証機能つき USB メモリの利用について検証した。

1. はじめに

近年、企業や学校教育現場などにおいて、大量のパソコンを管理する手間の軽減や、ソフトウェアやサポート等のコスト削減が期待されるとともに、企業では個人情報保護や情報漏えい防止のために利用者のコンピュータ上にデータを残さない仕組みが注目されている。このような課題の解決を図る目的で、シンクライアント方式によるデスクトップ環境を実現する製品やソリューションが多く提案されている。

これまでオープンソースソフトウェア（以下、OSS と略記）は、その代表的な存在である Linux や Apache など、主に企業等における WWW やメール等のサーバ用途として利用されてきたが、最近では企業や学校教育現場、個人などのデスクトップ環境としても注目されてきた。2004 年度には独立行政法人情報処理推進機構（IPA）によって、Linux パソコンによる OSS デスクトップを実際の授業に取り入れた実証実験が実施され、小学校から大学まで 17 校、約 3800 名の児童や生徒・学生が参加して OSS の有効性について検証されている⁽¹⁾。

本研究では、OSS である KNOPPIX をベースとしたシンクライアント方式を学校教育現場や企業へ導入することを想定して、無線 LAN 機能への対応や指紋認証機能つき USB メモリによるセキュリティ対策手法について検証をおこなった。

2. シンクライアント

企業等において大量のコンピュータを利用する場合に、コンピュータ本体などのハードウェア、そして OS やアプリケーションなどのソフトウェアの双方について保守や運用管理に関する時間やコストが無視できない状

況となっている。シンクライアントとは、この解決手段として主要な処理やソフト等の管理をサーバ上で一括して行ない、利用者が操作するクライアント端末側では最低限の処理だけを行なうという方式またはそのコンピュータである。サーバ上での一括管理によるコストの軽減や、クライアント側での故障などに対する保守性に優れているなどのメリットがあることから、企業だけでなく学校教育現場でも導入が進められている。シンクライアントには、Table1 のように幾つかの実現手段がある。

Table 1 シンクライアントの分類

| 方式 | 特長 |
|-------------------------------|--|
| ① 画面，キー，マウス等の情報をネットワークで転送する | <ul style="list-style-type: none">・主な処理はサーバ側で実行し、画面の内容をクライアントへ転送する・サーバには高い性能が必要・クライアントは高性能は不要・ファイルサーバや WWW へのアクセスはサーバが行なう |
| ②サーバからデータをダウンロードしてクライアントを起動する | <ul style="list-style-type: none">・主な処理はクライアントで実行する。クライアントはサーバからデータをダウンロードしながら OS やアプリを起動する。・サーバには高い性能は不要・クライアントに要求される性能は処理内容に依存・OS のイメージファイルをサーバ側で一括管理するため更新等が容易・ファイルサーバや WWW のアクセスはクライアントが行う |
| ③ 画面，キー，マウス等の信号をケーブルで延長する | <ul style="list-style-type: none">・主な処理はサーバ側で実行し、画面の内容をクライアントへ転送する。・比較的簡単に構築可能・クライアントは高性能は不要・ファイルサーバや WWW へのアクセスはサーバが行なう。 |

3. KNOPPIXによるシンクライアント環境

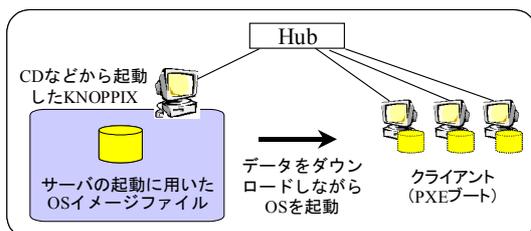
3.1 OSSによるシンクライアント

OSSでシンクライアント環境を実現するには、Table1の①画面を転送する方式と、②データをダウンロードしてクライアントを起動する方式がある。①の方式には rdesktop⁽²⁾ や VNC⁽³⁾ (Virtual Network Computing) , NX Client などがあり、VNC や NX はサーバ・クライアントともに複数の OS に対応している。また②では KNOPPIX の応用として複数の方式が提案され、当初はクライアントで起動できる OS は KNOPPIX のみであったが、現在は仮想計算機環境の Xen⁽⁴⁾ を利用して NetBSD や Plan9 など起動可能となっている⁽⁵⁾。

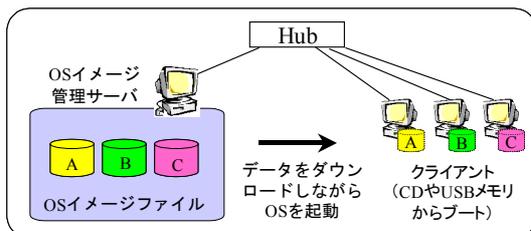
3.2 KNOPPIXのネットワークブート

KNOPPIX は CD から起動できる Linux としてドイツの Klaus Knopper 氏によって開発され、日本では産業技術総合研究所によって日本語版が開発されている。当初は手軽に Linux を体験できることや WindowsPC のハードディスクが故障した場合のレスキュー用途として注目されていたが、ネットワークからの起動については Fig.1 に示す2つの起動方法が開発されている。

- 1)CD 等から起動した KNOPPIX と同一の環境をクライアントが利用する (KNOPPIX Terminal Server) 。学校のコンピュータ室や並列計算を実現するクラスターコンピューティングなどに適している。
- 2)サーバ上の OS イメージファイルをネットワーク経由でダウンロードしながらクライアントを起動する (SFS-KNOPPIX⁽⁶⁻⁸⁾ , HTTP-FUSE-KNOPPIX⁽⁹⁾) 。利用者がそれぞれ自分の希望に応じた KNOPPIX (OS イメージ) を利用する場合などに適している。



1) 複数のユーザが同じ OS イメージを利用する方式



2) ユーザが希望する OS イメージを選択する方式

Fig.1 KNOPPIX で実現できるシンクライアント環境

3.3 KNOPPIX Terminal server

KNOPPIX Terminal server は DHCP/TFTP/NFS の各サービスを起動するスクリプトからなり、サーバはカーネルや initrd、サーバを起動した CD に含まれる OS イメージファイル (cloop ファイル) を NFS で共有する。クライアントには PXE ブート可能なコンピュータを使用し、DHCP で IP アドレスを取得した後にサーバ上の OS イメージファイルを読み出しながら起動する。学校のコンピュータ演習など、複数の利用者へ同一の環境を提供したい用途に適する。しかし、DHCP は IP アドレスの範囲が制限されることや、サーバで実行中の KNOPPIX しかクライアントは起動できないという課題がある。また、通常の FireWall は NFS を通過させないため、不特定多数のユーザを対象とした WAN 環境には適さない。

3.4 SFS-KNOPPIX

SFS-KNOPPIX は、WAN 環境で利用できるようにインターネット対応ファイルシステム SFS (Self-certifying File System) で OS イメージファイル(cloop ファイル)を公開する。クライアントの起動用 CD にはカーネルやブートローダ、SFS クライアントデーモンなど、20MB 程度の最小限のファイルだけを格納する。このため、USB メモリを起動デバイスとして利用できる。利用者は起動時にサーバ上の cloop ファイルを選択することで希望の KNOPPIX を手軽に利用でき、X 環境やアプリケーションは必要に応じてサーバから自動的にデータがダウンロードされる。このため、従来のように 700MB 程度のファイル全体を CD に格納する必要はない。Fig.2 にサーバ上のファイルを利用した起動の概要図を示す。

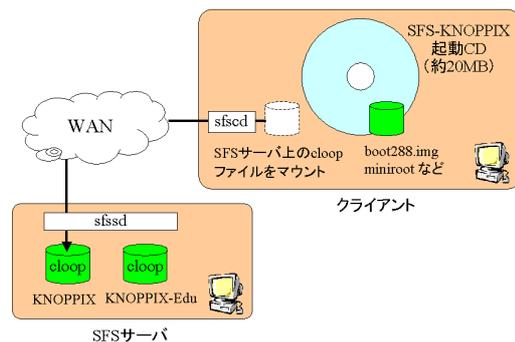


Fig.2 SFS-KNOPPIX における OS イメージの選択

3.5 HTTP-FUSE-KNOPPIX

サーバから OS イメージをダウンロードしながら起動するには、利用する通信プロトコルによって複数の方式が提案されている。SFS-KNOPPIX では SSH2 を使うのに対し、HTTP-FUSE-KNOPPIX では HTTP を採用しているため、特殊なソフトウェアや設定などは不要で、企

業等において既存の Web サーバを OS イメージの管理サーバとして利用できる。Proxy を指定してインターネット上のサーバへアクセス可能で、利用できる OS 管理サーバは世界中に現在 27 ヶ所用意されているため⁽¹⁰⁾、遅延などのネットワーク環境や自分が利用したい OS イメージをもとにサーバを選択できる。

一方、サーバ上のファイル管理の面では、SFS-KNOPPIX はサーバ上に 700MB 程度のファイルを用意する必要があるが、HTTP-FUSE-KNOPPIX では Fig.3 に示すように OS イメージファイルを 256KB 程度ずつに分割・圧縮したファイル（分割圧縮ブロックファイル）を Web サーバのコンテンツとして配置する。このため、OS やアプリ等のアップデートに伴う差分の更新が容易であり、異なるバージョン間でブロックファイルの共通部分にシンボリックリンクを設定すればサーバ上のディスクの効率利用につながる。

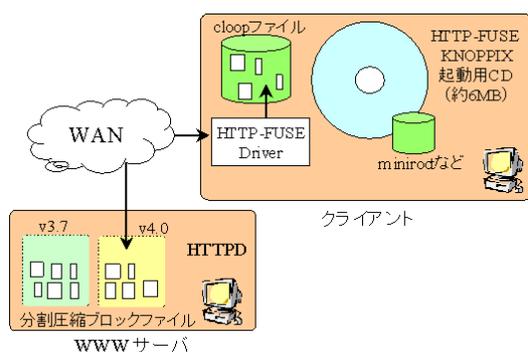


Fig. 3 HTTP-FUSE-KNOPPIX の概要

4. 無線 LAN カードからの起動

学校教育現場では、コンピュータ教室だけでなく、広い講義室や体育館に生徒が集まることや、屋外での課外授業など授業の内容に応じてさまざまなコンピュータの活用場面がある。このため、コンピュータを無線ネットワークで接続すれば、教室間を柔軟に移動できると同時に、小学生など子ども小さい場合にはネットワークケーブルに足をひっかけるといった事故を防ぐことにもつながる。そこで、無線 LAN カードを利用して KNOPPIX をネットワーク起動できるように起動用ファイルの改良について検討した。

KNOPPIX の標準のネットワーク起動は内蔵 NIC など有線 LAN に対応しているため、無線 LAN カードを利用するには起動時に読みこまれる minirt26.gz ファイルに含まれる linuxrc ファイルの修正が必要となる。実験では無線 LAN カードにエレコム製 LD-WL54AG/CB を利用し、次の改良をおこなった。

- ・ 起動オプションとして、ESSID と暗号キーに対応。
- ・ PC カード用ドライバのロード（pcmcia_core.ko, yenta_socket.ko, ds.ko）。
- ・ PCMCIA デバイスマネージャ（cardmgr）の起動。
- ・ 無線 LAN カード用ドライバ（ath_pci.ko）のロード。
- ・ iwconfig コマンドによる無線 LAN の設定。

なお、無線 LAN カード用ドライバについて、今回利用したカードは Atheros 社製チップセットを搭載したものであったが、他のカードを利用する場合は適切なドライバをロードする必要がある。改良した起動用ファイルを USB メモリに格納して動作検証をおこない、無線 LAN 経由でサーバから OS イメージをダウンロードして KNOPPIX を起動できることを確認した。クライアントのターミナルで iwconfig コマンドを利用すれば、接続時のビットレートなど無線 LAN の状況を確認できる。

5. セキュリティ対策の検討

5.1 ユーザ認証

シンクライアント方式はネットワーク環境が前提であり、情報の漏えいや盗聴などセキュリティ対策に十分に配慮する必要がある。メーカーによるシンクライアント・システムではユーザのログインや認証機能に対応しているものが多いが、KNOPPIX のネットワーク起動では標準ではユーザ認証の機能を持たない。このため、企業等で高度なセキュリティが要求される環境では何らかの対策が必要となる。認証には ID やパスワードが手軽に利用できるが、近年は指紋や静脈パターンなど生体情報が注目されており、本研究では指紋認証を採用する。

5.2 指紋認証機能つき USB メモリの採用

KNOPPIX のネットワーク起動では、サーバから OS イメージをダウンロードする前に、最初に CD または USB メモリから最小限の OS を起動する。そこで、起動用デバイスとして、Fig.4 のような指紋認証機能つき USB メモリを利用することにより、指紋認証に成功すればネットワーク経由で KNOPPIX を起動し、認証に失敗すれば PC 本体のハードディスクにインストールされた OS が起動するか、ハードディスクを実装していない場合はコンピュータを使えないように制限できる。



Fig. 4 指紋認証機能つき USB メモリの一例

Table 2 検証した USB メモリの一覧

| メーカー | 対応 OS | インタフェース |
|------|---|------------|
| A 社 | Windows98SE/ME//2000/XP | USB1.1/2.0 |
| B 社 | Windows98SE/ME/2000/XP, MacOS (9 以降), Solaris, Linux (Kernel2.4 以降) | USB1.1/2.0 |
| C 社 | Windows2000/XP | USB1.1 |

検証した指紋認証機能つき USB メモリの対応 OS とインタフェースを Table2 に示す。これらの USB メモリは本体に指紋情報を登録するものの、指紋の登録や推奨環境は Windows であるものがほとんどで、Linux に対応している製品は 1 つだけであった。また、KNOPPIX のネットワーク起動に用いるには、コンピュータの BIOS で起動デバイス (IDE ドライブなど) として認識されなければならない。どの USB メモリでも利用できるとは限らない。そこで、①Linux 環境下で指紋の認証が可能か、②KNOPPIX のネットワーク起動に利用可能か、の 2 点について検証した。

5.3 指紋認証機能つき USB メモリの検証結果

検証結果を Table3 に示す。A 社の製品は USB メモリ内に認証ソフトを内蔵し、動作対応 OS が Windows のみであるために Linux 環境下では認証ができなかった。これに対して B 社や C 社の製品では USB メモリ本体に CPU などの指紋照合に必要な機能を有するため、Linux 環境でも認証が可能であったと考えられる。特に C 社の製品は本来 Linux に対応していないが、USB 本体で認証を行うために利用できたと考えられる。これらは、通常の Linux 環境でも指紋認証に成功すればマウントして USB メモリ内のデータを利用できる。

KNOPPIX のネットワーク起動を検証するため、それぞれの USB メモリに起動用ファイルをインストールして起動を試みたところ、B 社の製品は標準で Linux に対応しているがネットワーク起動はできなかった。また、C 社の製品は標準のままでは起動できなかったが、メーカーへ有償でファームウェアのアップデートを依頼することで起動可能となることが分かった。

Table 3 動作検証の結果

| メーカー | Linux 環境で認証可能か | KNOPPIX のネットワーク起動に使えるか |
|------|----------------|------------------------|
| A 社 | × | × |
| B 社 | ○ | × |
| C 社 | ○ | △※ ¹ |

※1) ファームウェアのアップデート (有償) が必要

ファームウェアのアップデートを行なった C 社の USB メモリに、SFS-KNOPPIX または HTTP-FUSE-KNOPPIX を起動できるように関連ファイルをインストールし、サーバ上の OS イメージを選択して KNOPPIX を起動したときの起動時間を計測した。SFS-KNOPPIX については無線 LAN の起動についても検証した。クライアントは PentiumM1.1GHz、メモリ 768MB で、OS イメージには KNOPPIX-Edu3.0 を選択した。この結果、SFS+有線 LAN の組み合わせでの起動時間は 147 秒、SFS+無線 LAN では 282 秒、HTTP-FUSE+有線 LAN は 166 秒であった。メーカー公表の指紋照合時間は 140 ミリ秒以下で、起動時間にはほとんど影響を与えずにセキュリティを高めることができるため、指紋認証機能つき USB メモリの利用が有効であると考えられる。

6. まとめ

OSS である KNOPPIX を利用したシンクライアント方式について、学校教育現場や企業における活用場面を想定して、KNOPPIX の起動に関する処理の改良ならびに検証をおこなった。本方式の有効性を検証するために、今後は県が整備している豊の国ハイパーネットを活用した地域 IX 網の利用や、具体的なビジネスの方向性等について検証していきたいと考えている。

参考文献・URL

- (1) 2004 年度「学校教育現場におけるオープンソースソフトウェア活用に向けての実証実験」成果、
<http://www.ipa.go.jp/software/open/2004/stc/eduseika.html>
- (2) rdesktop, <http://www.rdesktop.org/>
- (3) vnc, <http://www.realvnc.com/>
- (4) Xen, <http://www.cl.cam.ac.uk/Research/SRG/netos/xen/>
- (5) HTTP-FUSE Xenoppix,
<http://unit.aist.go.jp/itri/knoppix/http-fuse/xen/index.html>
- (6) SFS-KNOPPIX,
<http://unit.aist.go.jp/itri/knoppix/sfs/index.html>
- (7) 後藤和弘, 須崎有康, "SFS-KNOPPIX 徹底活用 ～KNOPPIX ネットジェネレーション～", SoftwareDesign 2005 年 3 月号, 2005.
- (8) 後藤和弘, 須崎有康, 飯島賢吾, 八木豊志樹, 丹英之, "SFS を利用した KNOPPIX の起動と処理性能の評価", 第 6 回インターネットテクノロジーワークショップ(WIT2004), 2004.
- (9) HTTP-FUSE-KNOPPIX,
<http://unit.aist.go.jp/itri/knoppix/http-fuse/index.html>
- (10) HTTP-FUSE-KNOPPIX で利用可能なサーバ,
<http://unit.aist.go.jp/itri/knoppix/http-fuse/map-w.html>