

IT 教育向けデスクトップ管理ツール「MultiVNC」の開発

上原 光晶[†]、大橋 拓郎[†]、中山 亮[†]、川本 良太[†]、北川 健司[†]、千葉 大作[†]

[†](株)アルファシステムズ

〒211-0053 神奈川県川崎市中原区上小田中 6-6-1

e-mail : ueharam@alpha.co.jp

概要

ここ数年、組織内教育として e-learning が盛んに導入されるようになってきたが、本格的な普及には至っていない。今回、e-learning の導入を推進するための基盤ツールとして、各生徒のデスクトップ画面を教師側の画面上に並べて表示し、生徒 PC の画面の監視及び教師・生徒間や生徒同士による協調作業を可能にするソフトウェア「MultiVNC」の開発を開始した。従来からも同様のソフトウェアがいくつか販売されているが、今回はこれをオープンソースとして無償で公開することで、抵抗無く導入されることを目的とする。また、開発にあたり、PC やネットワークへの負荷率を検証するためのプロトタイプを作成し、実際の教育現場での使用を想定した環境を再現することで、その有効性を検証する。

1. はじめに

近年、各教育機関や企業内の研修で、PC を利用した教育に多くの時間を割く傾向にある。より円滑に授業や研修を進行する目的で、PC が利用されている。教育に特化した PC の利用方法は、一般に e-learning と呼ばれ、様々な教育機関やコンテンツプロバイダにより、多種多様な教材が作成されている。しかし日本では、欧米に比べ e-learning の普及割合が低く、最近では e-learning は役に立たないというレッテルを貼られがちである。何故これほどまでに e-learning が活用されないのか、その主な理由を以下に挙げる。

- (1) 遠隔教育やシステムの情報化など、インフラの構築に多くの予算・人手が必要
- (2) e-learning 向けに作成されたソフトウェア・コンテンツを活用する仕組の不在
- (3) e-learning を導入する体制・考え方の未熟さ

これらの問題点を是正しなければ、e-learning の重要性に理解が得られず、普及の障害になるため、早急な対応が必要な状況となっている。

一方、オープンソースソフトウェアは、ソースコードを公開していることにより、プログラミング技術の習得やセキュリティ等の状況に応じた対応が容易であるため、教育の現場には適しているが、手軽に試せるシステムがないために利用が進んでいない。このようなシステムがあれば、利用の促進とともに、公開されたリファレンスコードとして状況に応じたシステムをより容易に構築できるソフトウェアが増えると期待されている。

2. 目的

インフラ構築に多くの予算・人手を抑えるには、一般の PC と LAN 環境のみで環境構築でき、高価なサーバ等の基盤を必要としないことが求められる。一方、体制・考え方の未熟さを是正するには、教師が多数の生徒の学習状況を逐一把握でき、場合に応じて学生との学習のサポートやナビゲーションを行うとともに、教師・生徒間または生徒同士での協調学習が容易にできるようにして、e-learning ならではの学習方法を確立して学習効果を高めることで理解

Development of "MultiVNC",
a desktop management tool for IT education.
M. Uehara, T. Ohashi, R. Nakayama,
R. Kawamoto, K. Kitagawa, D. Chiba
Alpha Systems, Inc.

を得られる必要がある。

既存技術である VNC は、リモートからデスクトップを操作する機能、複数ユーザでデスクトップを共有する機能を持ち、オープンソースソフトウェアとして提供されている。また、VNC プロトコルではデスクトップの動作を全て画像の送受信として扱うため、比較的容易に画像処理を施す事が出来る。VNC ソフトウェアを改良し、複数の学生のデスクトップ画面を閲覧、操作、共有するソフトウェアをオープンソースとして開発し、配布することで、低予算によるインフラ構築を可能とする。更に、生徒の学習状況の把握とサポート、ナビゲーション、教師・生徒間あるいは生徒同士での協調学習を可能にし、e-learning に固有な学習方法の確立を補助し、e-learning の普及を促進することが出来る。

また、オープンソースソフトウェアを集めた Linux ディストリビューションの KNOPPIX は、CD のみで起動するため、既存の PC の環境に手を加えること無く利用でき、バンドルされているソフトウェアを簡単に使用出来る。改良した VNC ソフトウェアの普及方法の一つとして、KNOPPIX による配布を行うことで、気軽にソフトウェアの導入を行うことを可能とする。

3. システムの全体像

複数の生徒 (MultiVNC クライアント) のデスクトップ画面を、教師の MultiVNC サーバ上から閲覧と操作が出来、また、サーバクライアント間やクライアント同士の協調した相互接続、及びクライアント管理ができるツールを開発する。これにより、IT 教育における手取り足取りの授業や、教師・生徒間や生徒同士による密着した協調学習が可能となる。

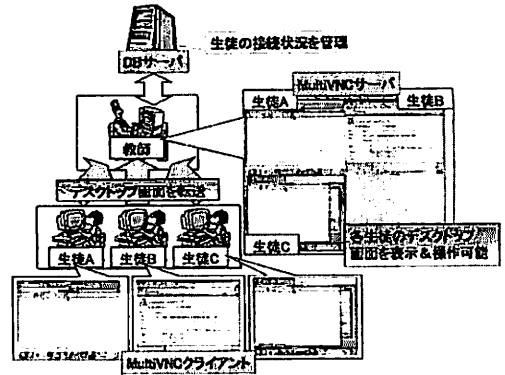


図.1 MultiVNC システム全体像

4. 活用イメージ

40 人程度のコンピュータールームで、生徒各自のデスクには MultiVNC クライアントがあり、教師のデスクには MultiVNC サーバ、その横には MultiVNC サーバと連携する DB サーバがある。それぞれはスイッチングハブを介して 100Mbps のネットワーク環境で結ばれている。

授業を開始し、教師、生徒がそれぞれ MultiVNC サーバ、MultiVNC クライアントを起動すると、教師のデスクトップ画面上に、起動している生徒の画面が自動的に並べて表示される (同時表示可能画面数は最大 16、40 人の生徒の画面をタブ切替などにより表示できる)。また、出席管理 DB へ MultiVNC サーバの Web ブラウザからアクセスすることで、出席している生徒一覧を見ることが出来る。

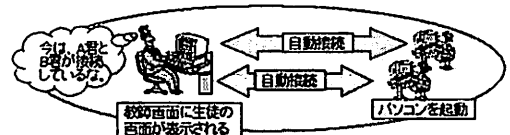


図.2 自動接続

授業の始めに、教師が生徒全員に対して操作方法のお手本を送信する。生徒側の各 MultiVNC クライアントでは、教師の操作する VNC のデスクトップ画面が 1 アプリケーションとして表示される。

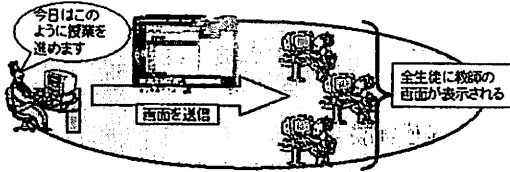


図.3 教師画面送信

授業中は、MultiVNC サーバ上に各生徒の MultiVNC クライアントの画面が表示される。作業の遅れている生徒や、不要なアプリケーションを起動している生徒がいないかを監視出来る。

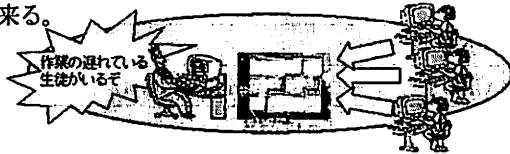


図.4 生徒画面監視

作業の遅れている生徒の画面を拡大表示し、教師が代わりに操作すると、それがその生徒の MultiVNC クライアントの画面に反映される。

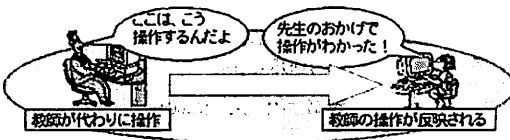


図.5 生徒画面操作

MultiVNC サーバから、MultiVNC クライアントの動作を止めることができる。

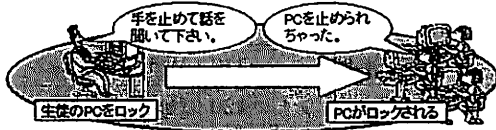


図.6 生徒画面ロック

作業の進んでいる生徒の画面を他の生徒へ送信することで、操作方法を教えさせることが出来る。

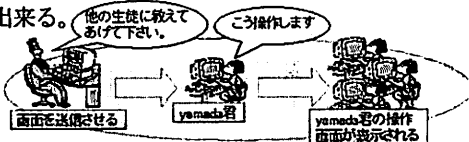


図.7 生徒画面送信

5. MultiVNC プロトタイプ

MultiVNC サーバでは、複数の VNC セッションを張り、画面データを送受信しつつ、現時点では最大 16 のデスクトップ画面に対する縮小処理を同時に行い、表示する。このときの PC への負荷及びネットワーク帯域への負荷に耐えられるかを検証するため、MultiVNC の開発に先駆けて、以下の機能を持つ MultiVNC プロトタイプを開発した。

- 複数の VNC サーバへのセッション接続
1つの VNC クライアントで、複数の VNC サーバへの VNC セッションの接続を行う。
- 画面縮小・並列表示

VNC サーバから送信されるデスクトップ画面を縮小し、MultiVNC 画面上に並べて表示する。画像縮小アルゴリズムとしては、主に表.1 の3つの方法があるが、処理時間と画質とを考慮し、線形補間法を採用した。

名称	処理時間	画質
最近傍法	小	悪
平均画素法	小～大	良
線形補間法	中	良

表.1 画像縮小アルゴリズム

線形補間法とは、図.8 において縮小後の座標 (X1,Y1) に対し、縮小前の座標の値 (X2,Y2) が整数にならない場合、最近傍の 4 点 (P1,P2,P3,P4) とそれぞれの画素値 (C1,C2,C3,C4)、及び (X2,Y2) との距離 (D1,D2,D3,D4) から、以下の式で画素値を求める方法である。

$$C = \frac{C1 \cdot D4 + C2 \cdot D3 + C3 \cdot D2 + C4 \cdot D1}{D1 + D2 + D3 + D4}$$

また、作成した MultiVNC プロトタイプの画像を図.9 に示す。

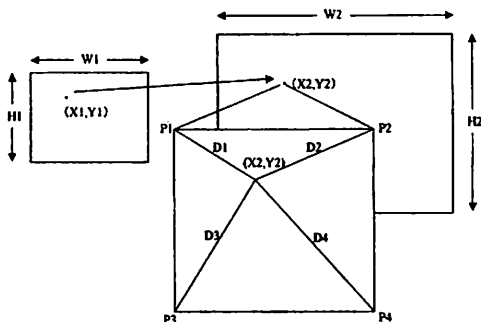


図.8 線形補間法

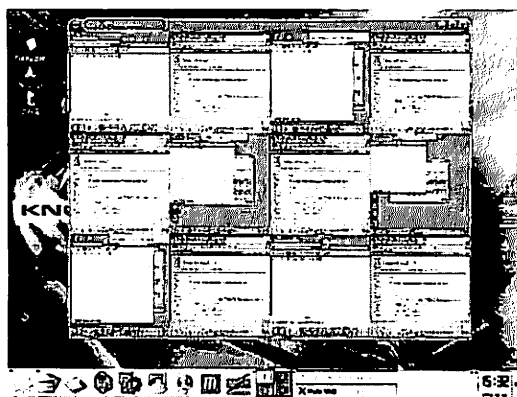


図.9 MultiVNC プロトタイプ

6. MultiVNC プロトタイプによる性能測定

6.1 実験の目的

今回の実験では、実際に MultiVNC を使用する環境で PC やネットワークにかかる負荷を擬似的に発生させ、その状況で MultiVNC クライアントの操作画面が大きく遅延することなく MultiVNC サーバに反映されるかを確認する。そのためには、以下のように段階的に実験を行う。

- (1) PC を操作する際に発生する負荷を計測。
- (2) (1) で得られた負荷を自動的に発生させる方法を調査。
- (3) (2) で得られた方法で、複数(15人)の生徒分の負荷を発生させる。この状況で別の PC から MultiVNC に接続し、その PC の操作が MultiVNC に反映される様子を確認する。
- (4) (1)~(3) とは別に、生徒側 PC に VNC 接続

した際に、生徒側 PC が重くなるかを様々なスペックの PC で調査する。

6.2 予備実験

6.2.1 PC の手動操作による負荷の計測

まず、6.1.(1) で示した実験を行う。表.2 に示す環境で、VNC サーバを起動している Linux に対して VNC クライアントから接続し、1 分間の受信データ量、及び vncviewer プロセスの稼働時間(単位: jiffies=10m 秒)を計測した(表.3)。

VNC サーバ	
CPU	Pentium4 3.2GHz
メモリ	512MB
ソフトウェア	xf4vnc4.3.0
VNC クライアント	
CPU	Xeon 2.4GHz
メモリ	1GB
ソフトウェア	tightvnc1.2.9 (受信データ量を計測するように改造)
ネットワーク	100Mbps

表.2 予備実験環境

	データ量 (byte/秒)	プロセス 動作時間 (10m 秒)	VNC サーバ上 での作業内容
1	78,565	15	プログラミング
2	268,028	105	プログラミング
3	43,964	110	Web サーフィン
4	58,760	120	OpenOffice 編集

表.3 受信データ量とプロセス稼働時間(手動)

6.2.2 負荷を発生させるプロセスの調査

次に、6.1.(2) で示した実験を行う。定期的画面の表示が更新されるプロセス(xaos、vmstat、emacs 上での hanoi) を起動し、同様の測定を行った(表.4)。

	データ量 (byte/秒)	プロセス 動作時間 (10m 秒)	VNCサーバ上 での作業内容
1	1,851,972	463	vmstat (1 秒毎)
2	421,217	77	vmstat (5 秒毎)
3	248,105	54	vmstat (10 秒毎)
4	655,473	392	xaos (300x200)
5	319,358	229	xaos (150x100)
6	401,383	204	hanoi

表.4 受信データ量とプロセス稼働時間 (自動)

但し、ここでの結果は環境に依存する部分が多く、また、送受信する画像データのエンコード形式が負荷状況により動的に変更されるため、MultiVNC で複数のセッションを接続したとしても、上記結果の単純な倍数とはならない。

今回は、表.3 において最も負荷の大きい項番 2 の結果と、表.4 で負荷が比較的近接している vmstat (5 秒毎) を用いて、負荷を擬似することにする。

6.3 性能測定

6.3.1 教師側性能測定

6.1.(3)で示した実験を行う。この実験に用いる PC の環境を、表.5、表.6 で示す。

MultiVNC プロトタイプ (教師側)	
CPU	Pentium4 2.8GHz
メモリ	1GB

表.5 MultiVNC プロトタイプ (教師) 側 PC

表.6 の項番 1~3 の PC 上で複数の VNC サーバを起動し、それぞれで vmstat を起動して負荷を生成する。MultiVNC からは 8 つの VNC サーバに対し、合計 15 本の VNC セッション接続 (1 つの VNC サーバに対して複数の VNC セッションを張る) を行う。項番 4 の PC では、VNC サーバ(xf4vnc4.3.0)を用いて MultiVNC と VNC セッションを接続する。この状態で様々な作業を行い、結果が MultiVNC プロトタイプの画面上に表示されるまでの時間を目視

で計測した。それぞれの内容、及び結果を表.7 に示す。

VNC サーバ (生徒側)		
1	CPU	Pentium4 2.8GHz
	メモリ	1GB
	ソフトウェア	vncserver3.3.7
	VNC サーバ起動数	3
2	CPU	Pentium4 3.2GHz
	メモリ	512MB
	ソフトウェア	vncserver3.3.7
	VNC サーバ起動数	3
3	CPU	Xeon 2.4GHz
	メモリ	1GB
	ソフトウェア	vncserver3.3.7
	VNC サーバ起動数	2
4	CPU	PentiumM 1.2GHz
	メモリ	256MB
	ソフトウェア	xf4vnc4.3.0

表.6 VNC サーバ (生徒) 側 PC

内容	
結果	
1	OpenOffice の Writer を起動し、ファイル編集
	文字 1 つ 1 つが送られる状況が、ほぼリアルタイムに反映
2	konqueror で yahoo の HP を開く
	約 1 秒後に MultiVNC で表示
3	konsole で "ls /usr/lib" を入力し、konsole の画面上に大量の文字 (ファイル名) を表示させる
	1~2 秒後に MultiVNC で表示が完了
4	vi で C 言語のソースコードを編集
	ほぼリアルタイムに反映

表.7 教師側性能測定の実験内容及び結果

6.3.2 生徒側性能測定

6.1.(4)で示した実験を行う。表.8 で示したスペックの各 PC でそれぞれ VNC サーバ (xf4vnc4.3.0) を組み込んだ KNOPPIX を起

動し、VNC クライアントから接続してみて、体感的に重くなるかを調べた。その結果を表.9 に示す。

1	CPU	Pentium3 500MHz
	メモリ	192MB
2	CPU	Pentium3 1GHz
	メモリ	256MB
3	CPU	Pentium4 2GHz
	メモリ	512MB
4	CPU	PentiumM 1.2GHz
	メモリ	256MB

表.8 生徒側性能測定の実験環境

1	重くなるのが体感できる。
2	項番 1 程ではないが、ある程度重さを感じる。
3	マウスの動作が遜色無いため重さを感じない。
4	項番 3 と同様に、重さは感じない。

表.9 生徒側性能測定の実験結果

7. まとめ

7.1 推奨環境

6.の実験結果から、MultiVNC システムを快適に動作させる推奨条件を以下に示す。

(1) MultiVNC サーバ (教師側 PC)

Pentium4 2.8GHz 以上

メモリ 512MB 以上

(2) MultiVNC クライアント (生徒側 PC)

Pentium4 2.0GHz 以上

メモリ 256MB 以上

7.2 推奨する授業内容

今回の実験で、PC のスペックに依存はするが、性能面で実用性をクリアできることが確認できた。MultiVNC を用いて、以下のような授業が想定される。

- ・ オフィスソフトの作成で、進みの遅れている生徒をフォローする。
- ・ インターネットで調査させ、不要な HP を

見ていないかを監視する。

- ・ Web ブラウザから e-learning のコンテンツで学習させ、進捗状況をチェックする。
- ・ PC 上で試験を実施し、不正を行っていないかを監視する。
- ・ プログラミングの授業で、エラー表示の出ている生徒をサポートする。

8. 今後の予定

今回の開発完了後は、以下の課題を満足するソフトウェアとして改良を続けていく予定となっている。

- ・ 画像縮小アルゴリズムの改良
- ・ 送受信データのセキュア化
- ・ ファイアウォール越えの仕組みの導入
- ・ 認証機能の追加
- ・ VNC プロトコルの改良も含めた性能改善
- ・ Windows, Mac OS-X 等への移植
- ・ 利用シーンや組み合わせるコンテンツの検討

9. おわりに

今回開発する MultiVNC は、これまでに紹介した機能を実装し、実用的な性能を満たしたソフトウェアとして 12 月に GPL で公開する予定となっている。今回は LAN 内部の同一セグメント内での利用に制限しているが、今後は e-learning の特徴のひとつである遠隔授業を実現するためにも、異なるセグメントやインターネット経由で授業に参加できるよう検討する。

本ソフトウェアは、IPA (独立行政法人情報処理推進機構) の、2004 年度 第 1 回オープンソースソフトウェア活用基盤整備事業の公募の助成により開発を行う。

参考文献

- 1) 情報処理学会: “情報処理”, Vol.43, No.4, pp.392-426 (2002)
- 2) RealVNC: <http://www.realvnc.com/>
- 3) TightVNC: <http://www.tightvnc.com/>
- 4) Knopper, Klaus: <http://www.knopper.net/knoppix/>
- 5) xf4vnc: <http://xf4vnc.sourceforge.net/>