

## 分散システムとインターネットアプリケーションの性能評価システム

山之上卓, 望月雅光, 中山仁, 大西淑雅, 甲斐郷子

九州工業大学情報科学センター

分散システムとインターネットアプリケーションの性能評価システムとその実験結果について示す。ここで述べる分散システムの性能評価システムは、LAN やインターネットで動作する、遠隔操作、操作記録採取および操作再生が可能なアプリケーション群で構成されており、教育用分散システムで良く発生する一斉操作時の応答時間などを測定できる。WWW サーバに格納された画像などの大きなファイルを一斉にダウンロードするときの性能も測定できる。このシステムは Java のアプリケーションとして実現しているため、ハードウェアや OS の種類にかかわらず、一般的な教育・オフィス用分散システムの多くで利用することができる。

### A Performance Evaluation System for Distributed Systems and the Internet Applications

Takashi Yamanoue, Masamitsu Mochizuki, Kyoko Kai

Information Science Center, Kyushu Institute of Technology

A performance evaluation system for distributed systems and the Internet applications is shown. This system consists of remote controllable, record-able and replay-able applications on LAN or the Internet. This can measure the system's response time of simultaneous operations which often occurs on educational systems. This tool can be used on a common distributed computing environment for education or office work, which uses Windows, UNIX, Mac or else because these are implemented in Java.

#### 1. はじめに

分散システムは、ここ数年のわずかな間で急激に普及しており、そのシステムを構成するネットワーク機器も技術的進歩により目まぐるしく変化している。このため、分散システムを導入し運用するための経験や知識の蓄積は、ユーザー側にも、メーカー側にも十分であるとは言いがたい。従って、分散システムの導入作業や管理運用作業には多大な労力を伴う場合が多い。また、システム運用時間になんらかの不安定動作を発見した場合、ど

の機器に原因があるか特定することは難しい。

これらの問題を解決する手段として、分散システムの性能評価基準を与えることが考えられる。この評価基準によりシステム全体の処理能力、コマンドやイベントに対する反応時間、MTBF、MTTFなどを自動的に公平に計測できれば、分散システムの比較も可能となり、分散システムの導入や管理コストの削減に役立つ。

我々は、遠隔操作、操作記録採取および操作再生が可能なプラットフォーム独立アプリケーション群で構成された分散システムの評

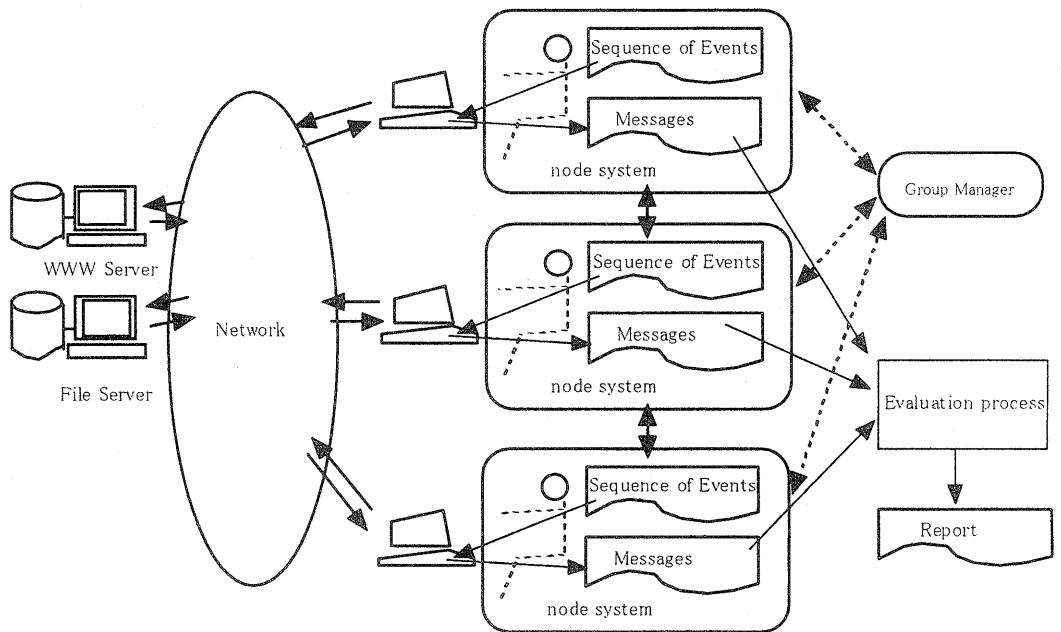


図1 分散システムの性能評価システムの概要

価システムを開発している[17]。このシステムは、マルチメディア作図システムやプログラミング環境などを含んでおり、分散システムの評価以外にも、教室内教育支援、遠隔講義、自習などに利用することができる。Javaのアプリケーションでシステムが実現されているため、ハードウェアやOSの種類にかかわらず、一般的な教育・オフィス用分散システムの多くで利用することができる。WWWサーバに格納されたデータも取り扱うことができるため、WWWサーバやインターネットそのものの性能評価にも応用することができる。イーサネットSWなどで構成されたネットワークを利用した場合は、数十台の端末を同時に使った教育や分散システムの評価を行うことができる。本論文では、このシステムの概要と、このシステムを、Windowsパソコンや一般情報処理教育システムを一斉操作させた場合の性能評価実験に適用した例を示す。

## 2. 分散システムの性能評価システム

本システムは分散システムを構成するコンピュータそれぞれの上で動作する「ノード

システム」と、ノードシステム間の接続を管理する「グループマネージャ」などによって構成される。図1に本システムの概要を示す。

### 2.1 ノードシステム

ノードシステムは、個々のユーザに対応しており、分散システム上のクライアントコンピュータやCPUサーバなどに分散配置され、ユーザの要求した処理を実行する。実行時の操作記録を採取し、これを再生することによって、ユーザが行った動作を自動的に繰り返すことができる。また、他のノードシステムとの間で操作記録を送受信することにより遠隔操作が可能である。

ノードシステムは「アプリケーション群」、 「コミュニケーションノード」、 「イベントレコーダ/プレイヤー」で構成されている。アプリケーション群はマルチメディア作図システムやプログラミング環境などである。コミュニケーションノードは、通信を行ったり、アプリケーションの起動を行ったりする。イベントレコーダ/プレイヤーは、通信記録や操作記録の採取および、これらの記録をアプリケーション群に伝えることによって操作の

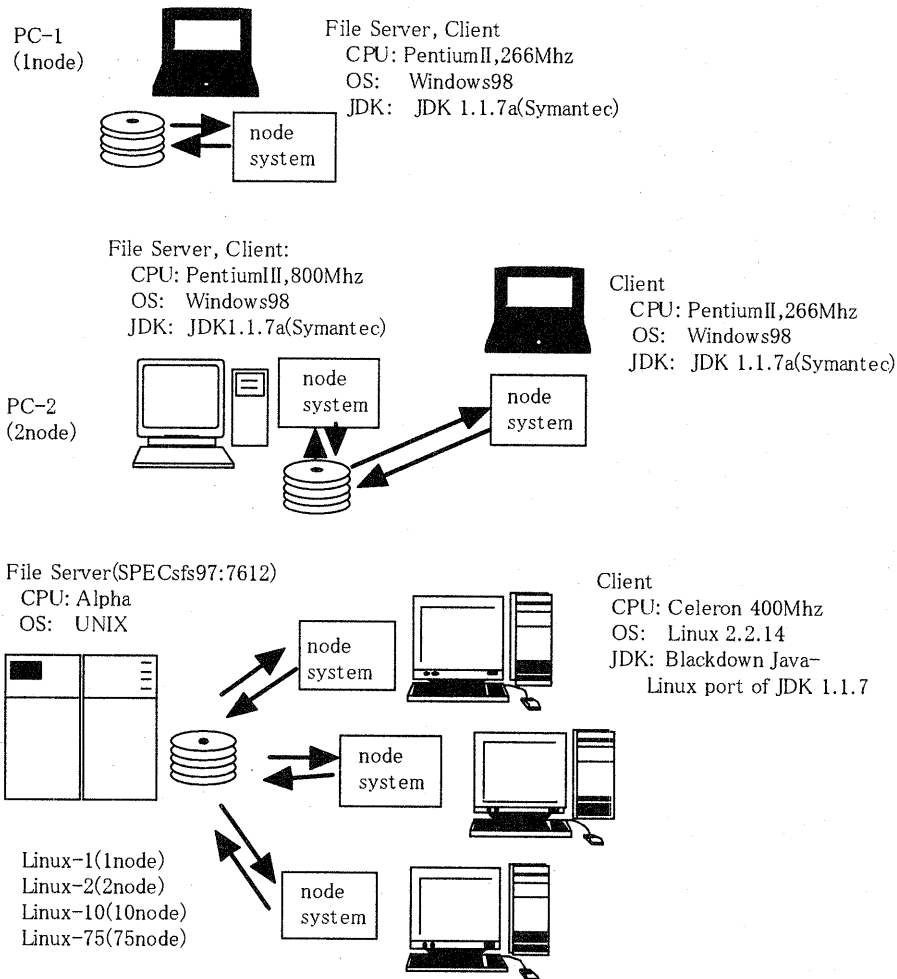


図2. 分散システム性能評価実験で使した分散システム

再生を行う。アプリケーションの操作は、ユーザが発生させる「イベント」の列であると考えられる。イベントは、その発生時刻と共に記録される。アプリケーション群が出力するメッセージも、時刻とともに記録される。

## 2.2 グループマネージャ

ノードシステム間は TCP で結合されて1つのグループを構成し、チャットや遠隔操作による一斉動作が行えるようになっている。グループに新しいノードシステムを加え

たり、グループからノードシステムが離れたときなどの処理を行うために、グループマネージャが分散システム上に配置されている。

ノード間の結合は、2分木になるよう階層的に行われる。このことによって数十台のノードを一斉に操作するときでも、手動では計測不可能な程度の時間内で、ほぼ同じに行うことができる[11]。

## 3. 分散システムの性能評価実験

本性能評価システムを使って、以下の3種類の分散システムの性能評価実験を行った。

表 1 分散システムの性能評価実験結果

動作環境(図)		PC-1	PC-2	Linux-1	Linux-2	Linux-10	Linux-75
画像7kB, gif 読み込み(秒)	最大	4.1	6.2	0	1	5.3	5.9
	最小	4.1	0.4	0	0.3	0	0
	平均	4.1	3.3	0	0.7	3.7	5.1
画像16kB, jpg 読み込み(秒)	最大	11.6	10.2	11.8	11.4	9.1	9.5
	最小	11.6	0.7	11.8	9.2	0.7	0.1
	平均	11.6	5.5	11.8	10.3	8.1	8
画像37kB, jpg 読み込み(秒)	最大	14.6	1.1	0.1	16.1	21	20.5
	最小	14.6	1.2	0.1	0	0	0
	平均	14.6	1.2	0.1	8.1	14.3	13.5
3kB共通ファイル 読み込み(秒)	最大	0.6	0.5	0.6	0.2	0.2	0.3
	最小	0.6	0.4	0.6	0.1	0	0
	平均	0.6	0.5	0.6	0.2	0.1	0.1
3kBユーザファイル 書き込み(秒)	最大	0.9	0.9	0	0.2	0.3	0.4
	最小	0.9	0.4	0	0.1	0.1	0
	平均	0.9	0.7	0	0.2	0.2	0.2
3kBユーザファイル 読み込み(秒)	最大	0.2	0.1	0.2	0	0.2	0.2
	最小	0.2	0	0.2	0	0	0
	平均	0.2	0.1	0.2	0	0	0
10kB共通ファイル 読み込み(秒)	最大	0.6	0.2	0	0	0.2	0.3
	最小	0.6	0	0	0	0	0
	平均	0.6	0.1	0	0	0	0.1
10kBユーザファイル 書き込み(秒)	最大	1.7	1.4	2.3	1.6	2.4	2
	最小	1.7	0.8	2.3	1.4	1.1	0.9
	平均	1.7	1.1	2.3	1.5	1.4	1.4
10kBユーザファイル 読み込み(秒)	最大	0.2	0.2	0.2	0	0.2	0.3
	最小	0.2	0	0.2	0	0	0
	平均	0.2	0.1	0.2	0	0.1	0.1
0.1秒以上遅延があった マウス移動処理(回/1端末)		0	1.5	0	0	1.3	0.9

- 単体の Windows パソコン。
- 2 台の Windows パソコンを 100Mbps の SW で接続した分散システム。
- Linux パソコン端末(Linux Thin Client)[18]とファイルサーバなどで構成された一般情報処理教育システム。ネットワークは 100Mbps の SW を 1Gbps の SW で接続したものを使用。端末数は 1 台, 2 台, 10 台, 75 台の場合を計測。

この実験は、あらかじめ 1 つのノードシス

テムで画像ファイルの読み込み、描画ファイルの読み書き、マウスとキーボードの操作を行ってその操作を記録し、ここで記録された操作を、各分散システムのすべてのクライアントコンピュータで一斉に実行させ、実行時間とマウスやキーボード操作の滑らかさなどを計測するものである。操作は約 6 分間連続して行われる。採取された操作記録の大きさは約 120KB であった。図 2 に性能評価実験を行った分散システムの概要を示す。

#### 4. 実験結果と考察

表 1 に実験結果を示す。クライアント OS

が Windows であっても、Linux であっても、全く同じ操作を一斉に操作させることができた。75 台の一斉操作においても、イベントの遅延は手動では計測不可能であるくらい小さかった。

今回使用したデータの大きさでは、実験を行った分散システムの性能低下を招くことはほとんどなく、この実験で行った一斉操作に耐えられることを示している。マウス操作命令に対する動作の遅れもほとんどないこともわかる。

## 5. 関連研究

本システムと類似した性能評価システムとして、Mercury Interactive 社の LoadRunner[15] があるが、LoadRunner は現在在のところで、Windows システムでしか利用できない。これに対して本システムは、Windows の他、UNIX や Mac など、Java が動作する環境の多くで利用することが可能である。

複数の端末で操作を共有したり、同じ画像を配信したりするシステムについては、XTV[1]、Mermaid[2]、xmx[3]、Mbone tools(nv, vat, wb, sd)[4]、TeleDraw[5]、WebCT[6]、NetGear[7]、MediaCore[7]、WWW awareness[8]、Vew Classroom[9]、電子黒板[10][11]、Kawai らのシステム[12]、Universal Canvas[13]、NetPaint[14]、ASSIST[16]、CuSeeme、NetMeeting、他、数多くのものが研究されたり、市販されたりしている。

コンピュータ操作時に発生するイベント列を採取し、その中から必要な部分を検索する手法については、文献[9]などで研究されている。

## 6. おわりに

分散システムの評価システムとその実験結果について報告した。Java のアプリケーションでシステムを実現しているため、ハードウェアや OS の種類にかかわらず、一般的な教育・オフィス用分散システムの多くで利用することができる。イーサネット SW などで構成されたネットワークを利用した場合は、数十台の端末を同時に使った教育や分散システムの評価を行うことができる。

本アプリケーション群は、マルチメディア

データを含むすべての操作履歴とその実行時メッセージを記録するため、メモリやファイルなどの大量の資源を消費する。また、Java でシステムを開発しても、OS や JDK のバージョンが異なると、同じプログラムが異なる動作をする場合があるなどの問題もある。これらの原因により、現状では安定性などに問題があり、現在改良を行っている。また、現時点ではセキュリティの機能を持っていない。実際に利用するためにはセキュリティ機能を付加する必要がある。

今回実験で用いたデータは比較的小さなものであったため、実験で用いた分散システムに性能低下を及ぼすような結果は得られなかった。もっと多様な分散システム上で、もっと大きなデータを使ってシステムの検証を行う必要がある。

## 謝辞

本稿で述べた研究の一部は文部省科学研究費基盤研究一般(C)(2)09680401 の補助を受けた。

## 参考文献

- [1] Abdel-Wahab, H. M., Feit, M. A. "XTV: a framework for sharing X Window clients in remote synchronous collaboration", Proceedings of TRICOMM '91. IEEE Conference on Communications Software: Communications for Distributed Applications and Systems, pp.159-167, x+257. 1991.
- [2] Maeno, K., Sakata, S., Ohmori, T. "Distributed desktop conferencing system (MERMAID) based on group communication architecture" ICC 91. International Conference on Communications Conference Record, IEEE, New York, NY, USA\_ 520-5 vol. 1, 3 vol. xxix + 1755, 1991.
- [3] John Bazik, "XMX - An X Protocol Multiplexor", <http://www.cs.brown.edu/software/xmx/home.html>
- [4] LBNL's Network Research Group, <http://www-nrg.ee.lbl.gov/>
- [5] Andreas Rozek, "TeleDraw", <http://www.uni->

[stuttgart.de/Rus/Projekte/MERCI/MERCI/TeleDraw/Info.html](http://stuttgart.de/Rus/Projekte/MERCI/MERCI/TeleDraw/Info.html)

- [6] "WebCT", <http://www.webct.com/webct/>
- [7] 吉野孝ほか, "インターネットを介したパーソナルコンピュータによる遠隔授業支援システムの開発と適用", 情報処理学会論文誌, Vol. 39, No. 10, pp. 2788-2791, 1998.
- [8] 中川健一, 国藤進, "アウェアネス支援に基づくリアルタイムな WWW コラボレーション環境の構築", 情報処理学会論文誌, Vol. 39, No. 10, pp. 2820-2827, 1998.
- [9] 片山薫ほか, "遠隔教育のための柔軟な講義検索手法", 情報処理学会論文誌, Vol. 39, No. 10, pp. 2837-2845, 1998.
- [10] T. Yamanoue, M. Shimizu, T. Fujiki, "Development of an electronic chalkboard for a large classroom by parallel programming and its application to English classes", Proceedings APITITE94, vol. 2, pp. 651-656, 1994.
- [11] Takayuki Hirahara, Takashi Yamanoue, Hiroyuki Anzai and Itsujirou Arita, "SENDING AN IMAGE TO A LARGE NUMBER OF NODES IN SHORT TIME USING TCP", Proceedings of the ICME2000, IEEE International Conference on Multimedia and Expo, New York City, USA, July 30-Aug. 2, pp. 987-990, 2000.
- [12] Kawai, T., Ikeda, M., Okada, M. "Point-to Multipoint Communication protocol on Window-based Network Presentation System", Trans. IEICE Inf. & Syst., Vol. E80-D, No. 2, pp. 154-161. 1997.
- [13] 池端裕子, 安達理, "Universal Canvas, Java を用いた WWW ページ上での自由度の高い統合型共同作業支援システム", 情報処理学会研究会グループウェア研究会報告, 22-8, pp. 43-48, 1997.
- [14] 山之上卓, "JAVA を使った共同作業用お絵描きシステムの試作", ネットワークコミュニケーションで広がる新しい学校の創造, 平成9・10年度インターネット利用実践研究地域指定事業報告, 1999
- [15] "LoadRunner", <http://www.mercury.co.jp/products/loadrunner/>
- [16] Michiru Tanaka, Mitsunori Fusuki, Yoshihisa Nishibori, Yoshini Teshigawara, "System Flow and Framework of ASSIST Asynchronous and Synchronous Integrated Multimedia Conferencing System", the Proceedings of ICOIN-13, IEEE Communications, Vol.2, 6C-4, January 1999.
- [17] 山之上, 望月, 甲斐, "遠隔操作, 操作記録採取および操作再生が可能なプラットフォーム独立アプリケーション群", 情報処理学会分散システム/インターネット運用技術研究会報告情報処理学会研究報告, 99-DSM-15, pp.55-60, 1999.
- [18] 中山仁, 大西淑雅, 望月雅光, 山之上卓, 甲斐郷子, "Linux thin client を端末とする集合教育用計算機環境の構築", 情報処理学会分散システム/インターネット運用技術研究会報告, 2000-DSM-18, pp. 31-36, 2000.