

携帯型情報伝達装置を活用した 大規模コンピュータネットワークの管理手法

— 第4報: PCカードの活用と「ネットワーク聴診器」の導入 — *

大野 浩之[†]

東京工業大学 Titanet 運用センター[†]

成田 哲也[‡]

東京工業大学 大学院 情報理工学研究所[‡]

著者のひとりは大野, 以前から携帯型情報伝達装置を活用した大規模コンピュータネットワークの管理手法について興味を持っており, WIDE/PhoneShell システム を中核にした「ネットワークの稼働状況に依存しないネットワーク管理機構」のありかたを検討してきた. 今回は一連の報告の第4報であり, (1) PCカードを活用することで著者の目指す環境にどの程度近づけるかと, (2) ネットワークトラフィックを「可聴化」するため開発した「ネットワーク聴診器」の有効性について論じる.

1 はじめに

著者らは, WIDE/PhoneShell システムを中核に置き, 携帯電話や公衆電話, ページャ, FAX などの携帯可能な情報伝達装置を併用することで, ネットワーク管理作業を行う環境を構築できること, ネットワーク管理者が仮にネットワークに直接アクセスできない環境にいても, この機構を活用すれば, ネットワークの稼働状況を把握したり必要な対策を講じられることを示してきた [1], [2]. このように著者らは, 以下に列挙する既存の環境あるいはサービスと, すでにインターネット上にある各種サービスを密接に連携させるための機構を整備し, これをネットワーク管理に役立てることに大きな興味を持っている.

- 公衆電話や携帯電話のように広く普及していつでもどこからでも利用できる音声の通信網
- これらの網の上で安価に利用できるページャや FAX のような通信サービス

第3報 [3] で報告した双方向ページングシステムも, 上記の方針のもとに開発に着手したものである. すなわち, すでに広く普及しているページャサービスに新たに双方向性を持たせれば, ネットワークに障害が発生したときにネットワーク管理者が遅悪く遠隔地にいても, 他の管理者や計算機自体にメッセージを送って適切な対応をとることが可能になる. また, 近い将来ページャに届いたメッセージを計算機で読み出せるようになると予想されるが, そうなると管理者は計算機に対する指示をページャを使って行えるようになる. このような背景があるため, 最近になって双方向ページングの検討を本格的に始めたのである. さて双方向ページングを行うためには, 携帯型情報端末(以下 PDA) だけではなく DTMF 信号発生機構を携帯する必要があるが, 第3報執筆時点では, この部分に問題が残っていた. そこで, DTMF 信号発生機構を内蔵した PCMCIA カード(PCカード)を作成してこの部分を改善した. 本報告(第4報)では, この点について報告する. また, 第3報ではその存在にしか言及しなかった, ネットワーク聴診器についても報告する. ネットワーク聴診器とは, ネットワークを流れるトラフィックにメロディーあるいは音を対応させて, ネットワー

* An Improved Computer Network Management Using Portable Communication Equipment (Part.4)

[†] Hiroyuki OHNO (hohno@is.titech.ac.jp)

[‡] Tokyo Institute of Technology

[§] Tetsuya NARITA (narita@is.titech.ac.jp)

[¶] Tokyo Institute of Technology

ク Traffick を可聴化しようという試みの成果として生まれた機構である。

2 PC カードの活用

WIDE/PhoneShell システムと PDA を活用してネットワーク管理を行う場合、以下のようなカードがあると好ましい。

1. DTMF 発振器を内蔵した PC カード（以下、DTMF カード）
2. カード内部にマイクロコンピュータを内蔵し、パーソナルコンピュータのカードスロットにカードを挿入していない状態でもプログラムを実行できる PC カード

1995 年夏の時点で調査したところ、上記 1 に該当するカードは市販されていなかった。もちろん MIDI 装置を制御するためのカードや FM 音源カードは入手できるし、第 3 報で報告した「外部に用意した DTMF 信号発生器」をシリアル回線を介して制御する方法を利用すれば DTMF 信号を発生することができる。しかしこれらの方法には、携帯する機器やケーブルの数が増え、携帯性が劣化するという欠点がある。また、IBM ChipCard が 2 に相当する唯一のカードであった。

2.1 DTMF カードの利用

既存の方法の問題点

PDA が DTMF 信号を自由に発生する機能を持っていれば、ネットワーク管理者が WIDE/PhoneShell システムを用いて遠隔地の計算機を操作する際の使い勝手はあきらかに向上する。このことは第 1～3 報で繰り返し述べてきた。とくに第 3 報で報告した「双方向ページング機構」を利用する場合は、PDA 側で 180 桁相当の DTMF 信号を誤りなく発生できれば、モデムなどがなくても最寄りの公衆電話からページャにメッセージが送れ、このことが管理者間のコミュニケーション促進やシステム管理作業に役立つことを指摘した。しかし、第 3 報執筆時点では DTMF 信号を発生するためには、以下の方法しかなかった。

- シリアル回線で制御する DTMF 信号発生器を PDA とは別に用意する。

- PDA の内蔵スピーカを駆動して DTMF 信号を発生させる。

前者の方法は良好な結果を得たが、持ち運ぶ機材とケーブルが増えてしまい携帯性が劣化するという問題があった。後者の方法は、実験に用いた PDA (HP-200LX) では波形の歪みがひどく実用的ではなかった。これは、HP-200LX の内蔵スピーカがピープ音を発生させることのみを念頭において設計されているためだと思われる。しかし第 3 報報告後に、HP-200LX の内蔵スピーカと同等の仕様のスピーカ（圧電スピーカ、直径 50mm、厚さ 2mm、重さ 10g）を用意し、これを HP-200LX の内蔵スピーカと並列に接続してこの外付スピーカから DTMF 信号を発生させてみたところ、良好な DTMF 音が出ることがわかった（図 1）。

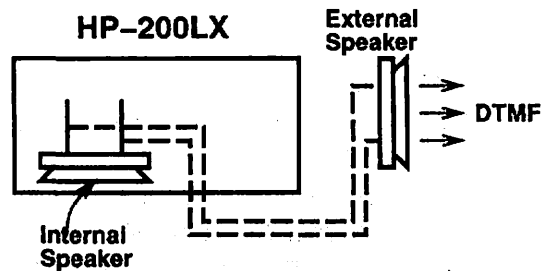


図 1: HP-200LX と外付スピーカとの結線

すなわち、HP-200LX に関しては、HP-200LX 本体と薄い圧電スピーカを携帯すれば、いつでも実用的な品質の DTMF 信号を発生できるようになった。しかし全ての PDA でこの方法が使えるわけではないため、DTMF 信号発生器についての検討を続けた。結果的に「HP-200LX で著者が採用したアプローチは利用できないが、PC カードが利用可能な PDA」のために PC タイプの DTMF Card を試作することになった。

DTMF カードの実装

今回は、DTMF カードの有効性を確認するのが主な目的であったので、全てを新規に作成するのではなく、入手可能な部品や製品を組み合わせることで試作する方針をとった。そこで、市販のパラレル I/O カードと、PC カードサイズのトーンダイ

ヤラを購入し、さらに両者をつなぐためのインタフェースをあらたに作成し、これらを組みあわせることにした(図2)。

もとにしたパラレル I/O カードが Type II であり、これにトーンダイヤラとインタフェース部分を追加したので、試作した DTMF カードは Type III サイズとなった。スピーカは、カード内に設置することも可能であったが、PDA 内部に装着された状態では、カード内にスピーカがあっても意味をなさないので外付とした。試作した PC カードの外見を図3に示す。

2.2 ChipCard の利用

PC カードとはほぼ同じ大きさのトーンダイヤラや電卓は以前から市販されている。したがって、キーボードと液晶表示板を持ち、単体でプログラムを実行する機能を備え、なおかつトーンダイヤラとしての能力も持つ PC カードは実現可能であると著者は以前から考えていた。このようなカードがあれば、双方向ページングを行うためにページャ以外に必要なものは、PC カード1枚ということになる。最近発売が開始された IBM ChipCard は、著者のこの希望にかなり近いカードである。現在のところ、このカードには DTMF 信号の発生機能はないが、キーボード、液晶表示板、単体で動作する能力は備えているので、このカードを利用することを検討した。

現在のところ、小形の増幅器とスピーカを外付することでモールス信号のような単音の断続音をだすことができるにすぎないが、単音の断続音を DTMF 信号に変換するハードウェアを用意して増幅器とともに外付するか、WIDE/PhoneShell システム側でモールス符号のような単音の断続音を DTMF 信号のかわりに認識する機能を用意すれば、WIDE/PhoneShell システムの利用を支援するためのツールとして利用できる。この機構は、既に報告したように試作を終えている[4]ので、今後評価実験を行いたい。

なお ChipCard は、今回報告した事例に留まらず、著者らの研究活動において今後も頻繁に利用されると思われるので、著者のグループでは UNIX マシン上での開発環境の整備を急いでいる。詳細は別の機会に報告するが、すでに X ウィンドウ

システム上でシミュレータが稼働しており、効率のよいアプリケーションの開発が可能になっている。この開発環境のもと、ChipCard を用いた認証支援システムの開発も始めている。

3 「ネットワーク聴診器」の設計 ・実装および評価

3.1 音を利用したネットワーク管理

WIDE/PhoneShell システムを有効に利用するためには、WIDE/PhoneShell システムの欠点、すなわち「このシステムが提供する通信路は多量の情報を流せない」という問題点を補うためにバックエンドシステムを充実させる必要がある。バックエンドシステムとしては、エキスパートシェルや、いわゆるエージェントシステムの利用が考えられる。そこで著者らの研究グループでは、前者に属するシステムとして magP [5] を、後者に属するシステムとして NMW (Network Management Worm) System [6] を開発してきた。

これらの方法とは別に、音声や音の利用を見直すというアプローチもある。そもそも WIDE/PhoneShell システムでは、DTMF 信号を使って指示を行い、音声で応答を得るという操作が基本になっている。すなわち音声応答が適切な内容と分量を持ち、かつ明瞭であるか否かが、WIDE/PhoneShell システムの性能を決定する。しかし、音声では画像のような大量の情報は送れないし録音をしない限り文字のようにあとで読み返すことができない。また斜め読みに相当する作業ができない。そこで WIDE/PhoneShell システムでは大量の情報を伝達する必要がある場合には音声での通知をあきらめ、ファクシミリを併用してきた。しかしファクシミリは時々刻々変化する情報を随時通知するという用途には向かない上に、携帯電話や公衆電話ほど広く普及してはいないし、常時携帯するには大きすぎるという問題がある¹

ところで、ネットワーク管理においては、以下の作業がしばしば行われる。

- 特定のファイルに書き加えられる情報を常時

¹本研究ではクレジットカード大の機器を持ち歩くだけでネットワーク管理をどこからでも行える環境を目指している。PDA でさえ大きな機器に分類される。したがって携帯可能な FAX は大きすぎるというカテゴリになる。

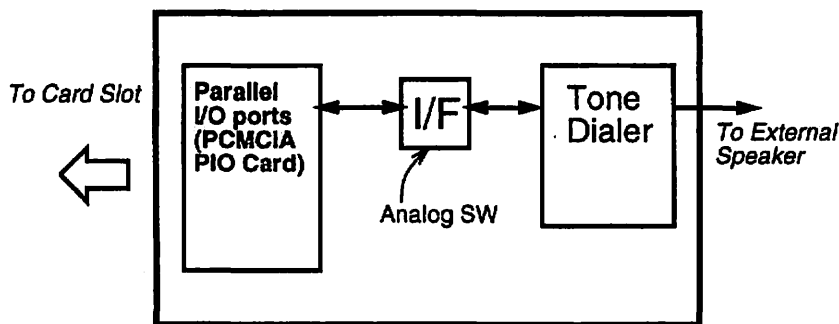


図 2: DTMF カードの構成 (パラレル I/O カードがアナログスイッチを制御し、トーンダイヤラを制御できるようになっている)

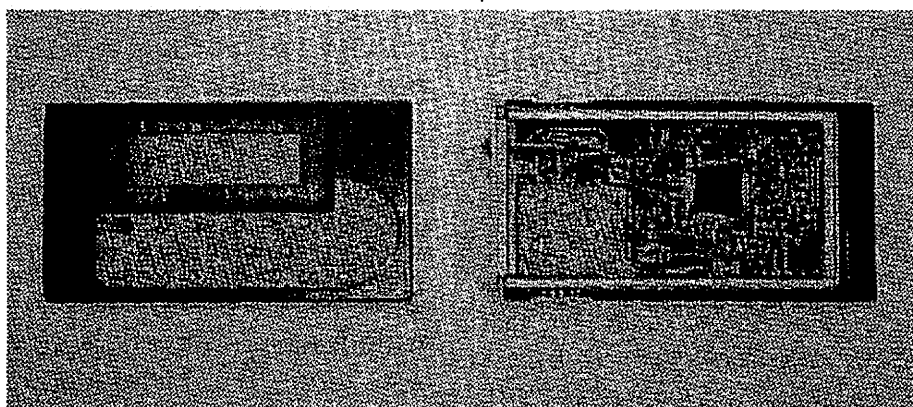


図 3: IBM ChipCard (左) と DTMF カード (内部を見せるためカバーをはずしてある))

監視する。

- ping コマンドを用いて特定のホストの応答をチェックする。
- tcpdump コマンドでネットワークトラフィックをチェックする。
- traceroute コマンドで特定のホストまでの経路をチェックする。

これらの作業ひとつひとつが提供する情報はいずれも単純なものであるが、こららを適切に組み合わせ実行し、その結果を吟味することでネットワークの稼働状況をかなり正確に把握することができる。そこで、WIDE/PhoneShell システムを用いたネットワーク管理においてもこれらの作業を可能にしたいと考えた。今回は上記 4 項目の

うち ping と tcpdump に着目し、これらの実行状況を把握する機構を検討した (ping も traceroute もネットワークを流れるトラフィックを監視するプログラムであるという共通点がある)。

3.2 ネットワーク聴診器の設計と実装

ping コマンドや traceroute コマンドの出力は時々刻々出力されるので、これらの出力を音声で読み上げるのは実用的ではなく、FAX も非力である。そこで、ネットワークを流れるパケットを観察し、パケットの流通状況を音に変換して、ネットワークトラフィックの流通状況を耳で把握する方法を考察した。この方法は、いわば「聴診器」を作ってネットワークを診察することに相当するので、聴診器を意味する stethoscope にちなんで「すてぞう (stetho)」と命名した (図 4)。

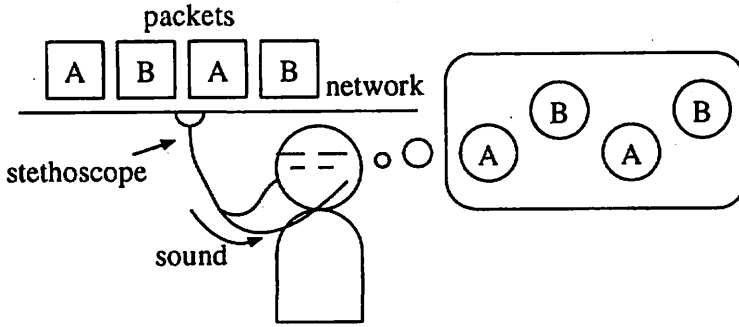


図 4: ネットワーク聴診器

ネットワークトラフィックの表現方法

すてぞうシステムでは、パケットの表現方法は2つに大別される。一つは、パケットが観測された時点で、そのパケットの種類に対応した特定のメロディ(あるいは単なる音、以下単にメロディと表記)をならし、パケットの発生量に対応して音量を変化させるという方法であり、もう一つは、常に一定のメロディを繰り返し演奏しておき、注目しているパケットの発生量を評価し、これを音量の変化で表現する方法である。

すてぞうの構成

すてぞうシステムは、stetho と stethoc と呼ばれる2つの今回新規作成したプログラムとネットワークトラフィックを解析するためのツールから構成されている。後者には tcpdump コマンドを利用している。三者の関係を図5に示す。

stetho は、すてぞうシステムの中心となるプログラムであり、tcpdump コマンドを制御してパケットの流通状況を解析し、解析結果をどういう音として表現するかを決定したあと、MIDI 楽器を駆動して実際に音を発生させる。stetho システムのハードウェア構成を図6に示す。

ところで、tcpdump コマンドの出力にはタイムスタンプが含まれているので、当該ホストのカーネルがパケットを受け取った時刻を知ることができる。しかし、タイムスタンプが ϵ 秒違う2つのパケットが実際に stetho に認識され処理される間隔がやはり ϵ 秒であるとは限らない。これは、

stetho がユーザプロセスである上に、tcpdump との通信を pipe を介して行っているためである。そこですてぞうシステムでは、パケットの発生間隔をできるだけ忠実に再現するために tcpdump の結果を一定時間(現在は5秒)蓄積しておき、stetho や tcpdump がユーザプロセスであるゆえに生じる時間的ゆらぎを極力解消した上で MIDI 楽器を駆動するようにしている(図7)。

すてぞうの評価

すてぞうシステムを用いて、実際のネットワークを流れるパケットを「聴いて」みたところ、各パケットに対応するメロディを適切に設定すれば ping (ICMP)、NFS、RIP などのパケットがネットワークを流れる様子がはっきりと聴きとれることがわかった。またパケット流量の合計が音量に反映されるので、ネットワークの混雑度合も把握できることがわかった。さらに、ネットワークを流れる各種パケットについての知識があり、tcpdump コマンドの出力を解釈できる管理者であれば、数分間の訓練を受けるだけで、すてぞうシステムの奏でる音の意味を理解できるようになることもわかった。したがって、ネットワークを流れるトラフィックがある条件に達したら自動的にすてぞうシステムを起動し、管理者の居室のスピーカから音を出すようにすれば、管理者は画面を注目していなくても状況を把握できると言える。ただし当然のことであるが、どのパケットにどのようなメロディを割り当てるかの標準が決まっていなくて、音を聴いても状況を正確に把握できなかつたり、

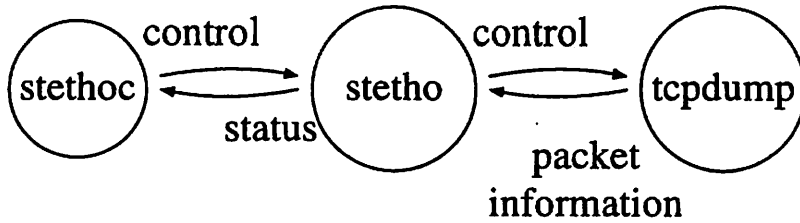


図 5: ソフトウェア構成図

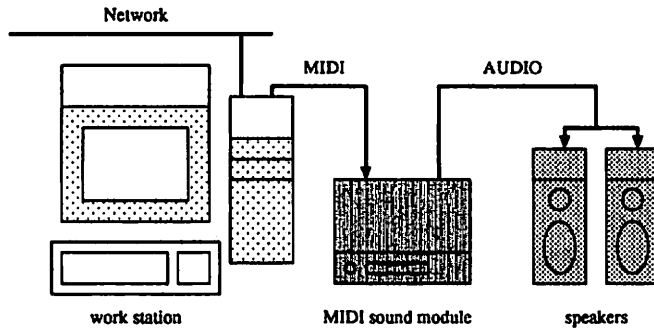


図 6: ハードウェア構成図

誤解したりすることがある。そのため、パケットとメロディの標準的な対応を決めておくことが急務である。

3.3 「すてぞう」を用いた WIDE/PhoneShell 支援システム

すてぞうシステムを用いればネットワークトラフィックの可聴化が可能であることが明らかになったので、これを WIDE/PhoneShell システムと組み合わせ、遠隔地からネットワークトラフィックを観測するシステムを組みあげ評価を行った。WIDE/PhoneShell システムの構成を図 8 に示す。これは、第 1 報で報告した WIDE/PhoneShell 評価用のシステムを参考にして作成したものである。

遠隔地から電話を介してコンピュータシステムにアクセスし、音声による情報提供を受けるシステムは、WIDE/PhoneShell システムの根幹をなす部分でありハードウェア、ソフトウェアともに以前から安定して動いていたので、“すてぞう over WIDE/ PhoneShell” を評価するための実験系は、容易に構築することができた。

実験の結果、公衆電話や携帯電話からネットワー

クトラフィックを聞き取ることができた。加えて以下の点が明らかになった。

- 雑踏の中の公衆電話などからアクセスする場合を考慮し、音量は大きめがよい。
- 電話回線の帯域が人間の音声に特化しているためか、高音や低音の短い音が繰り返すようなメロディが聞き取りにくい。音程を調整する必要がある。
- 上記の点を工夫すれば十分実用になるので、あらかじめパケットとメロディの対応を何種類か用意しておき、DTMF 信号を入力することで切り替えられるようにするとよい。

4 今後の方針

本節では、今回報告したシステムの今後について述べる。

4.1 PC カード DTMF カード

DTMF カードは、試作を終え動作確認も完了しているので、開発自体は一段落した。現在の最

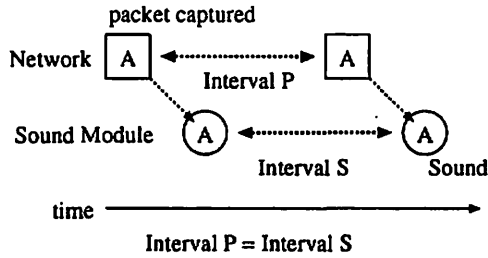


図 7: パケットの発生間隔の維持

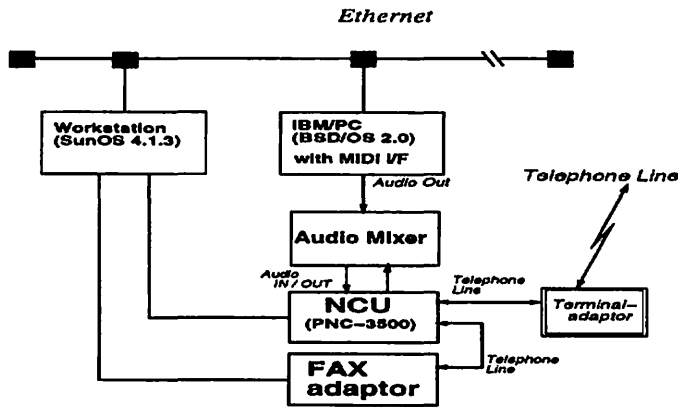


図 8: 実験系構成図

大の問題は、現在のカードが Type III であることである。このため Type II しか受け付けられない多くの PDA（および一部のラップトップパーソナルコンピュータ）でこの DTMF カードを使うためには Type II スロットに Type III カードを取り付けるためのエクステンダが必要である。これでは不便なので、Type II カードに納まるように実装しなさい。また、DTMF カードを用いて DTMF 信号を発生させる方法と、HP-200LX 内部で DTMF 信号を発生させ、外付スピーカを駆動する方式との方法の比較実験を行う予定である。前者の方法は後者に比べて音質が劣るはずなので DTMF カードの方が優れているはずであるが、どの程度の差があるかを明確にしておく必要があるためである。

ChipCard

ChipCard 周辺に関しては、X ウィンドウ上のエミュレータが完成したので、アプリケーションの充実を計る予定である。また、モールス信号を発生させ WIDE/PhoneShell システムに認識させる実験が予定されている。

4.2 ネットワーク聴診器

すてぞうシステムは、ハードウェアや基本的な操作系のプロトタイプが一応完成しているので、次の段階として「パケットとメロディの標準的な組合せ」の決定を行いたい。少なくとも同一のネットワークを管理し、同一のすてぞうシステムを利用する集団が、各人各様の設定を利用するという事態は回避したい。組合せ決定に際しては、電話回線経由で聴くことも考慮しなければならない。電話回線用の音の組合せを別途用意しなければならないかもしれない。このあたりも明確にしたい。

5 まとめ

本報では「WIDE/PhoneShell システムに基づいたネットワーク管理機構」を支援するシステムのうち、以下の2点について報告した。

まず PC カードの利用について検討し、HP-200LX のような PDA が、DTMF 信号を発生する環境を改善した。これにより第3報で報告した双方向ページングや、遠隔地から計算機システムに指示を送ることが従来より実施しやすくなった。

また現在積極的に準備を進めている、PC カード型の小型コンピュータの利用計画についても報告した。現在 IBM ChipCard を積極的に利用するべく、開発環境の整備を急いでいる。

次に、ネットワーク聴診器について述べた、具体的には、ネットワーク聴診器「すてぞう」システムの設計・実装、および WIDE/PhoneShell システムと組み合わせて実際に運用した結果について報告した。著者らは、すてぞうシステムが WIDE/PhoneShell システムのバックエンドシステムとして有効な機構であることを確認した。

謝辞

慶應義塾大学村井純助教授をはじめとする WIDE プロジェクトの関係者からは、すてぞうシステムに関する有益なアドバイスを多数受けた。ここに記して感謝する。

参考文献

- [1] 大野浩之. 携帯型情報伝達装置を活用した大規模コンピュータネットワークの管理手法. システムソフトウェアとオペレーションシステム, マルチメディア通信と分散処理 研究会 予稿集, pp. 127-132. 情報処理学会, 1994 年 5 月.
- [2] 大野浩之. 携帯型情報伝達装置を活用した大規模コンピュータネットワークの管理手法— 第 2 報: 運用実績, 現状, 今後の方針 —. マルチメディア通信と分散処理ワークショップ 予稿集, pp. 91-100. 情報処理学会, 1994 年 10 月.
- [3] 大野浩之. 携帯型情報伝達装置を活用した大規模コンピュータネットワークの管理手法— 第 3 報: 双方向ページング機構の導入とその

評価 —. マルチメディア通信と分散処理ワークショップ 予稿集, pp. 141-146. 情報処理学会, 1995 年 5 月.

- [4] 新美誠, 大野浩之. 時間・場所・利用者を限定しないネットワークアクセス機構 — TNG/PhoneShell の設計と実装 —. マルチメディア通信と分散処理ワークショップ 予稿集, pp. 147-152. 情報処理学会, 1995 年 5 月.
- [5] 中嶋良彰, 大野浩之. 管理情報を自動的に収集・分析するネットワーク管理支援系の設計と実装. 分散システム運用技術研究グループ資料, pp. DSM-9505035. 情報処理学会, 1995 年 7 月.
- [6] 清水亮博, 大野浩之. ネットワークワームを用いたコンピュータネットワーク管理機構. 分散システム運用技術研究グループ資料, pp. DSM-9407012. 情報処理学会, 1994 年 7 月.