

大規模商用ネットワークの運用事例

荒野高志 _____ 日本電信電話 (株)
西郷英敏 _____ 日本電信電話 (株)

従来、大学・研究機関などを中心に発展してきたインターネットも、近年、一気に商用化がすすんできた。各インターネットサービスプロバイダ (ISP) においては、お客様の加入数の伸びやアクセスポイント展開も進み、それに伴い、必要とされる帯域も国内・国外とも激増し、またルータ台数も同様に増え続けている。一方、商用網として、高い信頼性、高い品質、確実なサービスオーダーや故障処理なども要求され、これがネットワークの大規模化とあいまって、ネットワーク運用をきわめて難しいものとしている。

本稿では大規模商用ネットワークの例としてOCN¹⁾でのネットワークの設計・運用の実例について、大規模化に対する取り組みを中心に述べる。まずOCNおよびOCNサービスやそれを実現するネットワークアーキテクチャの概略について説明し、さらにネットワーク監視、サービス品質管理などのトピックについて詳述する。最後にOCN設計・運用から考察した網スケールビリティについて議論する。

OCNとそのサービスコンセプト、ネットワークアーキテクチャ

OCNとは

近年、コンピュータ通信を取り巻く環境は大きく変貌を遂げつつある。ダウンサイジングへの流れは、コンピュータ間の通信形態に対しても変化をもたらすこととなり、大型汎用機に遠隔地の端末からアクセスして利用する従来の集中処理型から、サーバ・クライアントを中心とした分散処理型へと移りつつある。一方、これを支えるべき日本のネットワーク環境は、規模、機能、価格などの面でさまざまな課題を抱えており、インターネットホスト数が2番目になったといっても、トップの米国と比較すると、利用者数、利用形態の両面で大きな開きがあるのが現状である。このため、近年、日本企業が回線コストやサーバコストなどの安い米国でWWWサーバを立ち上げるなど、情報データベースの海外流出が起こっていた。こうした事態の進展は、

今後成長が期待されている情報産業の発展に支障をきたし、ひいては日本産業全般の空洞化や国際競争力の欠如をもたらすなど、我が国の経済、社会活動に大きな影響を及ぼすことも懸念されていた。

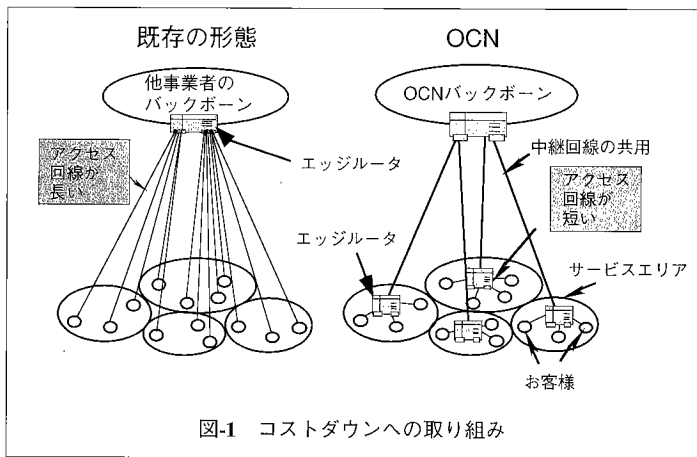
本格的なマルチメディアネットワークの実現のためには、電話網などの従来のネットワークとは異なる新たな観点からサービスの料金などの提供条件を考えることが必要になる。オープン・コンピュータ・ネットワーク (OCN) は、このような視点から本格的なマルチメディアを実現させる新たなネットワーク・インフラストラクチャを目指し、我が国における情報通信産業全体の活性化に貢献しようという目標で取り組まれた。

これらの取り組みの下で、1996年12月25日に3都市でサービスを開始するに至った。なお、その後1997年2月にサービス地域を8都市に拡大したのに続き、同4月からは全国展開を行っている。当初は「エコノミー」、「スタンダード」などの集線型のサービスを中心に展開を行っていたが、1998年6月からは集線のないバックボーン直結型のサービスの「スーパーOCN」を提供しはじめ、さまざまなユーザーニーズに応えられるようなサービスラインアップにした。1998年6月現在、ダイヤルアップユーザ数約20万、常時接続型のユーザ数が約2万弱を数えている。ルータ数にして全国に数千のオーダーで設置されており、最も太い東阪のリンクは総計270Mbpsになるに至り、大規模といえるサイズのネットワークになっている。

OCNのサービス、アーキテクチャ

OCNではサービス開始当初、電話やISDN網からダイヤルアップ接続を行うOCNダイヤルアクセスと、専用アクセス回線による常時接続型のOCNエコノミー (128kbps)、OCNスタンダード (1.5Mbps)、OCNエントプライズ (6Mbps) という回線サービスを提供した。そこでは、サービスコンセプトの実現に向けて、ネットワーク構成上で新しい方法を試みた。一般的なISPネットワークとの構成の違いを図-1に対比してみる。

従来の方法では、利用者の設備からアクセスポイン



れており、OCNからあるいはOCNへのトラフィックが十分処理できるだけの回線容量設計となっている。加入者系ネットワークは全国各地に点在し、バックボーンネットワークと上位回線を介して接続されている。加入者系ネットワークには、数千のエッジルータ（1998年6月現在）から構成される。

OCNのオペレーション

オペレーションアーキテクチャ

OCNオペレーションはそのモデルとして、ネットワークマネジメントフォーラム（NMF）で体系化したSMARTプロセスモデル（Service Management Automation and Re-engineering Team）を参考にしている（本特集「5. 大規模・高速ネットワークの運用管理に関する標準化動向」参照）。このモデルは通信サービスを提供する際のオペレーションの業務プロセスを分類したものである。図-3ではSMARTモデルを示し、その中でOCNサービスの運用に使われているオペレーションシステムを網掛けで示した。プロセスによっては、システム化が明示されていない部分があるが、実際には、運用部隊で小さなツールを作って適宜効率化を図っている。

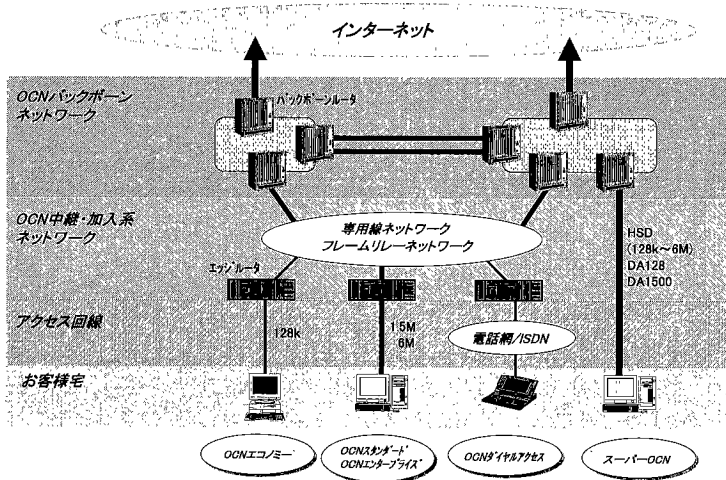
SMARTモデルのうち、カスタマケアプロセス群とサービス提供保守プロセス群をサービスフロント業務、ネットワーク管理プロセス群をネットワーク管理業務と呼ぶことにすると、図-4のような形で単純化できる。

申込み受付はお客様のサービス加入・変更・廃止申込みを受けて、設備状況をチェックし、開通日・廃止日などを決定し、ネットワークへその変更を反映させるというプロセスであり、通常、サービスオーダー業務と呼ばれる。お客様の要求を早く正確に、効率よく処理することが必要である。

料金請求業務はいわゆる料金をお客様に請求し、それを集め、確認する業務である。誤請求処理、未払い処理、ネットワーク故障に対応する払い戻し処理などもこれに含まれる。最後のものなどは故障対応処理との関連も必要とされる。

故障対応は、お客様から故障申告を受け付け、あるいはネットワーク監視担当から故障申告を受け、故障解析、故障復旧などを行う業務である。故障解析、復旧は対応者の技術的なスキルも必要とされ、また対応に時間がかかることも少なくない。対応者のノウハウによるところが大きい。

ネットワークはお客様から苦情があがる前に問題解決を行っておくのが望ましく、この意味でネットワーク監視業務は重要である。ルータやサーバ、その他の通信機器は地理的に分散しておいてあることが普通なので、それらを何カ所かのNOC（Network Opera-



トまで専用線をはり、そこからバックボーン内のルーティングを行う形態がとられている。この専用線部分の費用は、個々の利用者が一人で負担することになるため、コスト上の大きなウェイトを占めることになる。これに対し、OCNでは利用者のできるだけ近傍にアクセスポイントを置くことにより、個々の利用者の占有部分を極力短くしてコスト負担を抑える構成をとった。また、アクセスポイントからバックボーンまでの伝送路は複数の利用者で共有するため、この部分の経済性も確保され、ネットワーク全体としてのコストダウンが可能となっている。

ただし、このような設計を可能にするためには、エッジルータを全国各地に何千という規模で配置し、効率的に運用する必要がある。NTTでは、これまでの全国規模のネットワーク運用経験を活かして、これを實現する体制を整えた。また、集線部分のネットワークの品質管理もポイントになる。これについては、後で述べる。

図-2にOCNのネットワーク構成を示す。バックボーンネットワークは数十のバックボーンルータ（1998年6月現在）からなり、対外ネットワークとの接続と下部のネットワークの間の中継役を果たす。対外接続は国内、国外の複数のISPや大学ネットワークなどと接続さ

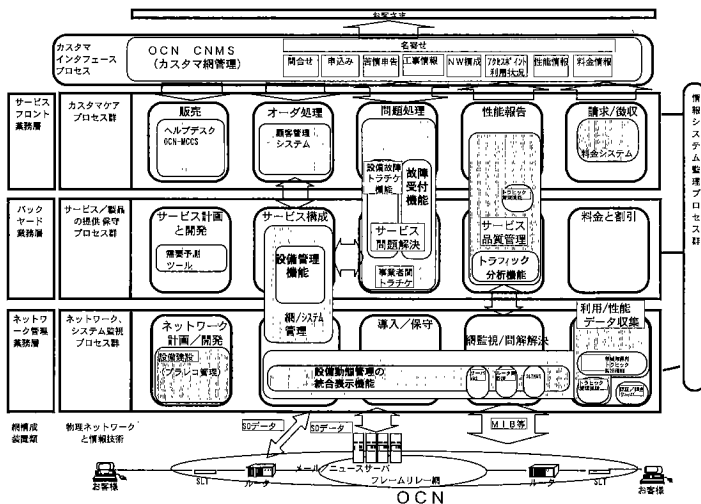


図-3 SMARTモデルとOCNオペレーションシステム

tion Center) で遠隔で監視し、問題を早期に見発する。

サービス品質管理業務はサービスがあらかじめ決められた一定基準をみたして運用されているかを管理する業務である。ネットワークの評価に直結するアクティビティであり、非常に重要である。

設備計画業務はトラフィックの伸び、需要の伸びや新規エリア展開などを考慮して、通信機器および通信リンクなどのネットワーク設備の計画を立案する業務である。ある意味ではネットワーク設計と表裏一体であるが、実際、先を見て設備を用意しすぎる、いわゆるオーバーエンジニアリングであれば無駄な投資になり、逆に設備を少なく見積もりすぎると、オーバーサブスクリプト状態になり、サービス品質が低下する。適切な設備計画は健全なネットワーク運営において重要な役割を果たす。

以下の節では、以上の業務のうち、ネットワーク監視、品質管理などについて、そのサポートシステムとからめて詳説する。

ネットワーク監視

OCNではネットワークオペレーションセンタにおいて24×7[★]の体制でネットワークの遠隔監視業務を行っている。監視対象は

- 1) 数千のエッジルータ
- 2) 数十のバックボーンルータ
- 3) サーバ類

の3種類に分けられる。これらの監視対象を、SNMP²⁾によるネットワークマネジメントシステム (NMS)、シスログ管理ツール、TelnetなどのUNIXコマンド、perl[®]などのスクリプト言語で書いた小さい管理用ツールなどを使って、管理している。

以下、重要なルータ監視方法について述べる。

NOCで用いているルータ監視用のNMSは、市販の

★ 24時間×7日で年中無休の意味。

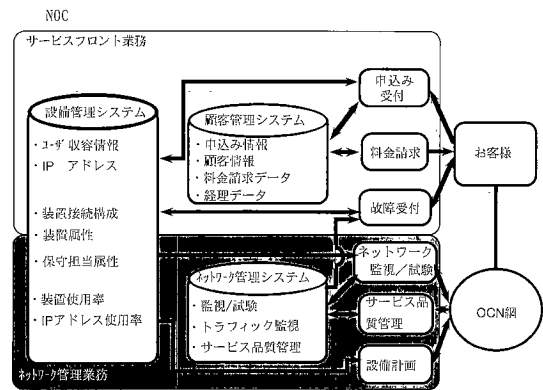


図-4 OCNオペレーションシステム

NMSをカスタマイズし、UNIXワークステーション上で動作させている。監視のメカニズムとしては、典型的なSNMPベースのNMSと同様である。すなわち、定期的なポーリングによりルータのMIB (Managed Information Base) を収集し、ルータ自身やそのインタフェース回線の状態、あるいは接続回線の状態を監視する方法と、ルータ自身が異常時などに自立的に発信するトラップをNMSで受信する方法とがある。トラップは異常の検出に要する時間が短いという利点があるものの、トラップがUDPでインプリメントされ、そのパケットの到達確認がされないため、トラップ受信にだけ頼る方法とはとれない。一方、ポーリングによる方法は最悪ポーリング時間間隔だけ異常検知が遅れる可能性があるが、より確実に検知ができる、トラップより詳細な情報がとれるなどのメリットも多い。以上の理由からNMSでは両者を併用することは一般的である。

合計数千台のルータを監視する工夫としては以下のようなことを行っている。

- (1) 数十台のバックボーンルータと数千台のエッジルータを区別する

バックボーンルータとエッジルータでは機器に要求される特性も異なり、また障害の際のサービスに及ぼす影響が異なる。管理上、これらの種類を画一的に扱ってしまうと、扱える台数に限りが出てくる。以下のような観点で、数の少なく影響度の大きいバックボーンルータは数の多いエッジルータの管理に比べ、管理項目や監視の時間精度をあげることににより、全体として多くのルータの管理を可能にしている。

(1.1) 監視体制を分ける

バックボーンルータとエッジルータでは管理する人に期待されるスキルも異なる。たとえば、バックボーンルータではBGP[®]やOSPF[®]などの複雑なルーティングプロトコルが走り、オペレータはこれらのトラブルについても的確に処理できる必要がある。一般には(少なくとも現状は)バックボーンルータの方が複雑な設定が行われており、それに応じたオペレータが期待される。一方、エッジルータにはダイヤルアップのた

表-1 顧客管理システムの機能概要

分類	業務名	業務内容 (機能)
営業業務	仮申込み受付	基本アクセス (高速/低速) の仮申込みオーダーを行う。
	設備検討	仮申込みオーダーにより、地域に対する設備検討依頼を行う。設備検討結果情報および設備確定/取下げ情報を登録する。
	本申込み受付	本申込みオーダー受付を行う。
	サーバ選定依頼	サーバなどの選定依頼を行う。
	工事依頼	サーバなどの工事依頼書発出および地域に対する工事依頼を行う。
	SO竣工	工事完了情報を設定し、開通のご案内を発出する。
	廃止業務	廃止オーダー受付を行い、工事依頼業務を行う。
	IPアドレス/DNS変更	IPアドレス/DNS変更のオーダー受付を行い、サーバ選定依頼業務を行う。
	商品変更	DSU変更のオーダー受付を行い、工事依頼業務を行う。
	変更業務	お客様名、住所、口座などについて変更を行う。
	サーバ登録用FD出力	サーバなどの設定情報をFDに出力する。
	統計情報処理	移動数 (注文別発生数) と施設数 (品目別契約数) の帳票出力を行う。
	経理引継ぎ処理	経理引継ぎ情報を新経理システムへ接続する。
	故障手配	故障手配のための情報を帳票出力する。
料金業務	竣工情報更新	営業業務より接続されたオーダーの受付・更新を行う。
	料金額など投入	お客様への請求に必要な料金額の投入を行う。
	課金情報編集	通話量算出のためのLOG情報編集および各種チェックを行う。

めのアクセスサーバがあり、この装置の管理には電話網/ISDN網とのインタフェースに関する知識やRadiusなどの認証プロトコルの知識が必要とされる。このように、必ずしもバックボーンルータ管理で必要とされるスキルがエッジルータ管理のスキルを包含しているわけではない。OCNではこの両者の管理体制をわけ、それに従った人材育成を行っている。また、1ルータあたりのオペレータの数はバックボーンの方をはるかに多くすることにより、より高密度な管理を行っている。

(1.2) ポーリング間隔をかえる

管理システムからルータにポーリングする際に、ポーリング間隔の問題がある。すなわち、ポーリングの間隔が短いほど、早期故障発見ができるという意味で高い監視レベルが達成できるが、過度のポーリングはルータのCPUや回線を圧迫して、場合によってはサービス品質の低下を起す可能性がある。そこで、OCNのNMSではバックボーンルータへはポーリング間隔を短くし、エッジルータは長めにして、全体として満足のいくサービスレベル、監視レベルを実現している。

(1.3) 監視項目をかえる

すべてのルータに画一的な監視項目を設定することは、ポーリングによるネットワークやルータへの負荷

表-2 設備管理システムの機能概要

分類	業務名	業務内容 (機能)
設備建設業務	設備構築	各種ノード設備の装置情報の登録・変更・削除を行う。
	IPアドレス登録	JPNICより取得したIPアドレスについて設計情報を基にNW/ユーザ系アドレスを登録・変更・削除 (返却) を行う。
S/O業務	収容選定	各種サービスについて、SLT、ルータの収容状況により収容可能装置・収容ポート情報の払出・変更・廃止を行う。
	IPアドレス更新	ユーザIPアドレスの払出に際し、IPアドレスデータの更新・変更・廃止 (返却) を行う。
故障対応業務	故障切り分け	ユーザ情報などをキーにして、OCN設備のNW構成を表示し故障時の設備の切り分けを行う。
	影響調査	ノード設備について、該当装置の接続設備情報およびユーザ収容状況を表示・帳票化を行う。
	収容替	ノード設備について、該当装置の空塞状況を表示し収容情報の変更を行う。
設備計画・管理業務	設備現況調査	ノード設備について、エリア、ビル別の設備数、収容率などの設備現況を表示・帳票化を行う。
	IPアドレス現況調査	ユーザおよびNW系IPアドレスについて、該当エリアの割り当て状況 (使用中/予約中/未使用など) 別のIPアドレス数、収容状況などの現況を表示・帳票化を行う。

が高まり、必ずしもよいことではない。具体的には、ルータの各インタフェースカードの正常性は共通的にチェックする必要があるが、エッジのルータではそれ以上のポーリングは行わない。一方、バックボーンルータではダイナミックルーティングが動作しており、ルート情報が他のルータから到着するたびに何らかの計算を行う。場合によっては、この計算負荷によりルータのパケット配送に影響がでる場合がある。したがって、バックボーンのルータにおいては定期的にCPUの負荷をチェックすることは必須となる。このように多数であるが機能的に少ないエッジルータは監視項目を減らすことにより、全体の管理負荷を軽減している。

(2) NMSの分割・代行

NMSは複数のワークステーション上で動作し、個々のワークステーションでは地域別に分割して監視している。管理対象の機器が増えてくれば、個々のワークステーションのCPU負荷などを考慮し、ワークステーションをそれに応じて増やせばよい。また、これらは完全に独立で動作しているわけではなく、あるワークステーションがダウンした場合には、他のワークステーションがその監視地域を自動的に受け継ぐ仕掛けになっている。これらの工夫により、ネットワークが大きくなってもスケーラブルなNMSとなっている。

(3) ツール

OCNではNMS以外にもさまざまなツールを用いている。たとえば、ルータに設定するためにはSNMPでは不十分で、Telnetコマンドでログインして設定を行う必要があるが、実際ルータの台数が増えてきたとき

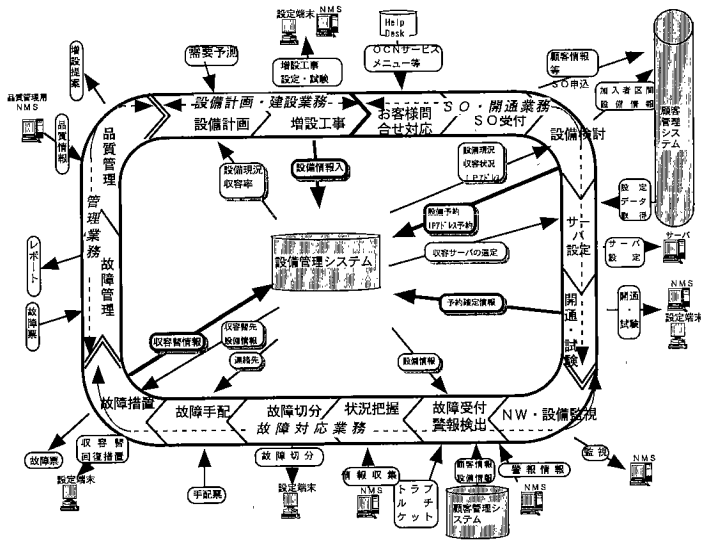


図-5 システムの運用イメージ

にはその設定を手で1台ずつ行うことは大変な労力が必要となる。シェルスクリプトとかではTelnet起動後にそのプロセスにコマンドを送り込むことは難しいため、ある種のキーボードシミュレータスクリプトツールを用いている。

また、より綿密な管理のためにはルータから出力されるシステムの記録（シスログと呼ぶ）やSNMPのトラップなどの情報を管理することも重要である。これにより、ルータへの不正アタック、温度の異常上昇などさまざまなルータの状態をリアルタイムに、あるいは事後の解析のために知ることができる。管理台数が多くなるとこれらの管理も人手で行うのは不可能であり、シスログの場合にはスクリプト言語などを用いて必要な情報を必要なときに取り出せるように工夫している。

(4) コンフィグレーション

多数のルータのコンフィグレーションはエッジルータ、数種類のバックボーンルータなどに応じパターン化して、設定にあたってはIPアドレスなど必要な部分だけをさしかえることにしている。これにより、特に数の多いエッジルータ管理が容易になっている。

サービスフロント業務

サービスフロント業務としてお客様の要求を早く正確に、効率よく処理する必要がある。特に課金処理の正確性や、業務全体の効率化によるコストダウンの課題は重要である。お客様情報管理、設備の収容状況の管理、課金管理などを円滑に行うために、OCNでは顧客管理システムおよび設備管理システムを構築している。表-1および表-2にその機能概要を、また図-5に業務とシステムの関連図を掲げる。業務全般にわたってこれらのシステムが関与しているのが分かる。たとえば、SO（サービスオーダー）処理でサーバへ自動設定するた

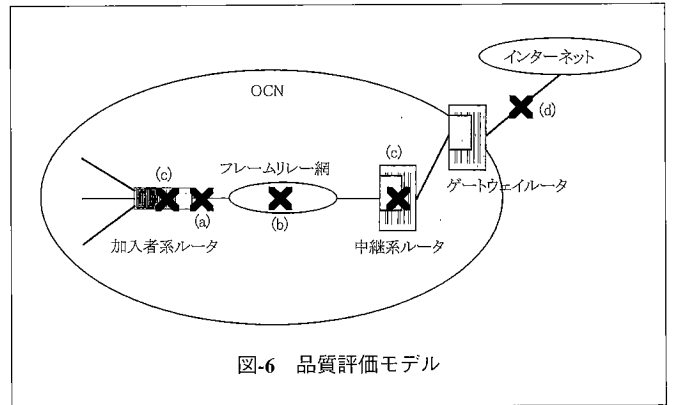


図-6 品質評価モデル

めのツールなどはSO処理を効率よく行うために大きく貢献している。

サービス品質管理

IPサービスの提供においては、むやみやたらにユーザへの品質をあげればよいというものではなく、ネットワークの実現コストと運用コストとのトレードオフで適正なサービスを行っていく必要がある。このためには、ネットワーク上のさまざまなリソースの使用状況を把握し、ボトルネックを検知し、将来のリソース使用について予測し、適切なリソース増設を行っていかねばならない。これらの基礎になるのがサービス品質管理である。

サービス品質としてはいくつかの観点がある。性能的な側面以外に、ネットワーク稼働率、ダイヤルアップの呼損率、サービスオーダー工事の期限厳守率など、さまざまなサービスのグレードをあらわす指標があり、OCNではそれぞれの目標値を持ってサービス品質を管理しているが、ここでは主に前者の性能品質について議論する。

サービス性能品質については、主にスループットとパケット転送遅延の2つの観点があり、これらは関連はしているが互いに独立な概念である。スループットはbps (bit per sec.) で表示され、ある単位時間にどれだけの情報量が転送できるかという尺度である。ユーザからは、FTP (File Transfer Protocol) などのデータ転送時間という観点で見える。一方、パケット転送遅延は送信側から出たパケットが受信側につくまでの時間である。これは光の速度限界や装置の処理などにかかるための伝搬遅延と、途中の回線帯域の制限による伝送遅延との大きく2つの要因に分けられる。遅延はまた絶対的な時間が問題になる場合と、その遅延がゆらぐことが問題になる場合などがある。一般に画像・音声やTelnetなどのリアルタイム系のアプリケーションの場合にユーザから問題が感知される。

これらの一次的なメトリックに影響を与えるものとして、回線リンクの使用率、回線リンクのパケット廃棄率、ルータのCPU使用率などの二次的なメトリックがある。ユーザが直に感じることができるスループット

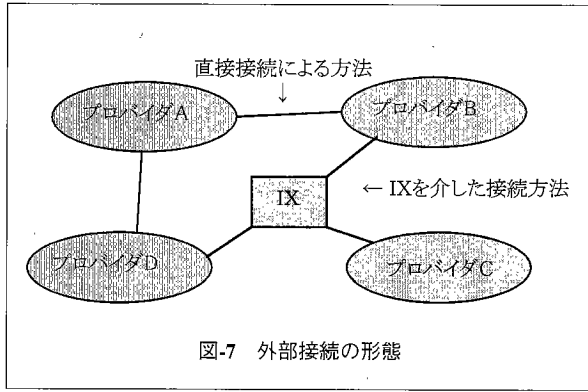


図-7 外部接続の形態

トや遅延を直接測ることは不可能ではないが、大規模なネットワークで全体的に測ることは難しく、より計測容易なこの二次的なメトリックを計測することにより、ネットワークの品質を管理することが普通である。

OCNのネットワークをサービス品質管理の点からモデル化したものが図-6である。×印でマークされた個所が重点監視ポイントとなる。

まず1点目はエッジルータから上部回線にあがる集線ポイント (a) である。複数ユーザで上部回線を共有しているこの部分では、設計的には統計多重効果をねらっているわけであるが、実運用的には場合によって同時にいくつかのユーザからのパケットが集中し、この部分で遅延やパケット廃棄が起こる可能性がある。そこで、OCNではこのポイントの回線使用率およびパケット廃棄率を定期的に計測して、管理を行っている。

2点目はフレームリレー網内部 (b) の輻輳による性能劣化の可能性である。現在のところ、フレームリレー網のオペレーションとOCNのオペレーションは独立しており、インタラクションはないが、フレームリレー網のCNMS (Customer Network Management System)™を導入して、フレームリレー網の状況をOCN側で把握できるようにする計画もある。

3点目はルータの性能 (c) である。大規模ネットワークになるほど、経路が変わったときの経路計算の負荷が個々のルータのCPUに与えるインパクトは大きくなる。また、一般にトラフィックが増えるとルータの

CPUの使用率も増える。ルータのCPUが忙しくなると、ルータはキューにたまったパケットをリアルタイムに処理しきれず、転送遅延がでたり、ひどい場合にはパケット廃棄が起こるようになる。OCNでは前章でも述べたように、経路計算の負荷がかかるバックボーンルータについて、そのCPU使用率を監視している。

4点目は外部接続のポイント (d) である。ISPのネットワークはイントラネットや企業網などと異なり閉じた網ではなく、内部で交換されるトラフィックよりも外部と交換するトラフィックの方が多いたが通常である。したがって、上記3点に負けず劣らず外部接続の性能は重要となる。

ある程度の規模のISPであれば、通常、複数カ所の外部接続ポイントを持つ。いわゆるthe Internetにトラフィックを流すための上位プロバイダとのトランジット接続、および対等の立場で特定のプロバイダとの間のトラフィックのみを交換するピアリング接続にわけられる。また、接続方式の観点からは、直通回線を張る方式 (構内LAN回線も含む) とIXと呼ばれるトラフィックの公共交換ポイントを用いる方法がある。IXの代表的なものとしては、WIDEプロジェクトで運営しているNSPIXPなどがある (図-7)。

これら外部接続の回線使用率は定期的に監視して、パケットロスが起こらないように必要に応じて回線容量の増設を行う業務フローを実施している。また、これらの接続はBGPで経路制御されており、複数カ所の接続点のトラフィックバランスをある程度調整することができるため、回線容量増設が間に合わない場合など状況によってはBGPパラメタのチューニングを行うこともありうる。

注意すべきなのはIXを経由してトラフィック交換を行う場合である。IXは公共のポイントなので、仮に特定のISP間のトラフィックが問題のない量であったとしても、IX自体が混雑しているとパケットロスが発生する。特にスイッチのキューイングが単純で、ヘッドオブラインブロッキング⁴⁾が起こるようなケースは影響が大きい。ヘッドオブラインブロッキングとは、ある出

側ポートの輻輳により、そのポートへスイッチすべきパケットを持つ入力ポートすべてが待ち状態となり、スイッチ全体の能力が著しく下がる現象をいう。米国のIXでは2年ほど前からIXが混雑してインターネット全体の性能が劣化するという問題が起こっていたが、現在では主要なISP同士では他者の影響を受けないように直接回線を張る方式に移行が完了しつつある。

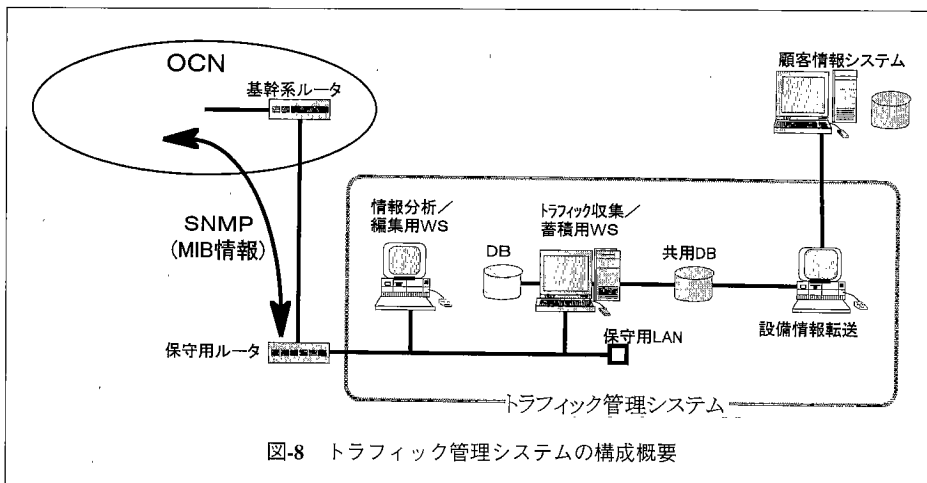


図-8 トラフィック管理システムの構成概要

性能管理するツールとしては、市販のNMSツールをカスタマイズし、SNMPでトラフィックデータを収集し、それを集中解析するようなもの(図-8)を開発、利用している。

また、これ以外にもエンドエンドの品質を測定するツールも開発しており、全国のエコノミーエリアをサンプリング的に抽出し、ユーザの感覚を常に把握するよう努めている。具体的にはpingによるパケット転送遅延、ftpの実効スループットなどが測定項目となっている。このデータの一部はOCNホームページでも開示している。

また、最近では(ルータで性能をさほど落とさずに)接続先や使用アプリケーションなどのパケットカウンタを計測できるようなもの³⁾もでてきており、現在評価中である。これによりOCNを流れるトラフィックの傾向を知り、将来のサービス計画や設備計画に反映させたり、外部接続方式の検討に用いることができると期待している。

大規模な網設計に関する考察

大規模な網設計・運用を行うにあたって、非常に重要な概念がスケーラビリティである。スケーラビリティとは規模拡張の容易性という意味であり、具体的には加入者数やトラフィックが急速に伸びる中、どれだけの変更でその伸びに対応できるかということである。

一方、ネットワークの性能という面から考えると、性能を決定するポイントはボトルネックであるということがあげられる。すなわち、すべての回線、すべてのルータのCPUに余裕があっても、たとえばそれを受けるサーバが高負荷であれば、全体性能はそのサーバの性能のみによって決定される。回線が混んでいる場合も同様で、どこか1カ所でも混んでいる回線があれば、そこを通るトラフィックはその回線品質にバウンドされてしまう。

したがってスケーラブルなネットワークのためには、将来の拡張にあたってボトルネックがないように設計することが肝要となる。

網設計にあたってボトルネックになりうる箇所はさまざまである。上述の回線帯域、ルータやサーバのCPUなどの機器の性能など以外にも、機器のポート数、設置スペース、などにも影響を受ける。ポート数やスペースが足りない場合には別の装置や別の場所に装置を置かねばならず、その分、その装置間の回線が必要となり、設計が複雑化し、スケーラビリティは下がる。また、ポート数とトラフィック量を最適に設計したとしても、仮に流れる経路数のファクタを考慮抜けすると、何か回線断などが起こったときなどに経路変更の負荷がCPUにかかり、当初想定したトラフィックがは

けないことになる。このようにスケーラビリティのある設計のためには、将来にわたって問題になりそうなリスクファクタを事前に極力把握し、その影響を最小化するとともに、それら全体のファクタをバランスよく考慮しなければならない。これに対しては定型的な決まりきったやり方ではなく、設計者のノウハウによるところが大きい。

また、商用という立場からは、信頼性やセキュリティも重要である。影響が大きいバックボーンは伝送路異経路化も含み、完全二重化を行っている。また、エッジ側の一重化部分では故障による同時断数を小さくするための収容設計、断時間短縮のための取り替え容易な機器選定などを考慮している。

OCNの網設計で心がけていることの1つに、モジュラリティということがある。これはある同一の機能をみだす設計の断片を1つのモジュールとして扱い、それを組み合わせることにより全体を設計するという方法である。これ自体はスペース容量やポート数の効率的な使用にはならないが、設計の考慮点が局所化されるため、トラフィック/パフォーマンス設計、信頼性設計などが容易になる。また、構成が単純になるため、保守も容易となる。

トータルなエンジニアリングをめざして

大規模なネットワークを高信頼、高品質な運用を行うことは大変なことである。本稿ではOCNでの実例として、その一端を紹介した。ここで述べなかったことでも、運用マニュアル整備とヒューマンスキル向上の2つのバランス化など、さまざまな取り組みを行っている。大規模化に対しては、ルーティングなどの技術面、人的リソース面、物理的な機器の設置条件、将来の拡張性の考慮など、あらゆる項目を考慮したトータルなエンジニアリングが必要であり、どれか一部分が考慮抜けしただけでも、そこがボトルネックになってしまう可能性がある。現在は、日本のISPは規模的には米国のISPの後追いをしている段階で、米国を参考にして物事を考慮すればよいという側面もあるが、今後は日本独自で判断していかなければならないようなケースが増えてくると思われる。その際には、研究コミュニティとISP業界のコミュニティとが協調して問題解決をしていくようなスキームを考える必要があると考えている。

参考文献

- 1) 西郷, 荒野他編: やさしいOCN, 電気通信協会, 東京 (1997).
- 2) Case, J.: A Simple Network Management Protocol (SNMP), RFC1157, <http://info.internet.isi.edu/in-notes/rfc/files/rfc1157.txt>
- 3) Netflow, white paper, http://www.cisco.com/warp/public/732/netflow/nflow_wp.htm
- 4) Polit, S.: Congestion in Network Switches, NANOG9, <http://www.academ.com/nanog/feb1997/gigaswitch.html> (平成10年8月5日受付)