

大学のインターネット接続における SINET と商用ネットの 使い分けについて

浜田 泰治^{1*}; 鶴 正人^{2†}; 黒田 英夫^{3‡}

¹長崎大学工学部電気情報工学科

²長崎大学総合情報処理センター

³長崎大学工学部情報システム工学科

あらまし: 現在, 大学において, インターネットを介したメールのやり取り, 情報収集は不可欠であり, 学内 LAN のインターネット接続の安定運用が非常に重要になってきている. そこで以前からの SINET 接続に加えて商用 ISP と接続し, アプリケーションゲートウェイ方式によって, 経路の振り分け (分散) や障害時の代替えを行うことを検討した. これはインターネット接続の安定やアクセスの高速化を可能にする.

How to use SINET and commercial ISP in an university

Yasuharu Hamada¹, Masato TSURU², Hideo KURODA³

¹ Dept. of Electrical Engineering & Computer Science, Nagasaki university

² Science Information Center, Nagasaki university

³ Dept. of Computer & Information Science, Faculty of Engineering, Nagasaki university

Abstract: Today it is essential in university activities that email exchanges and information retrieval on the Internet, and so it is very important to keep operations of Internet connection stable. In this paper, we discuss how to use commercial ISP connection in addition to SINET in order to realize load-balanced and redundant routes to/from the Internet by using application-gateway method. This can make Internet connectivities more stable and fast.

1 現状の問題点と本研究の目的

長崎大学のインターネット接続は, SINET ノード校として SINET と FDDI/ATM で直接つながっている. ただし, 末端ノード校であるので, 上流との回線は, 九州大学との一回線のみであり, その回線容量は (SINET ルータ間 PVC の帯域としては) 10Mbps である. しかし,

1. SINET のバックボーンはそれなりに増強されてきたが, 種々の理由で, WIDE や IIJ との接続は今も貧弱であり, かなりの数の企業や一部の大学へのアクセスは今でも非常に遅い (5章の図 12).

2. SINET は, 商用 ISP が提供しているネットワークに比べると, ノード自体が各大学の一般設備

を間借していることもあり, MTBF/MTTR とも悪く, しばしば部分的に不安定になっている. 特に, 本学のように上流が一系統しかない場合, 上流ノードの大学の停電だけで完全にインターネットと孤立してしまう.

3. 上流ノードとの回線は, 10 分間の平均トラフィックの最大値が 7Mbps 弱であり, ピーク時には回線のパンクが心配される.

このような SINET の現状は, 研究や学生の情報収集の効率に悪影響を与えており, 多くの大学で既に商用 ISP 接続を開始または検討しているようであるが, 本学でも, 実験的に商用 ISP 接続を併用し[†], この問題に対処することになった. ただし, 本学の場合, SINET 接続と同程度の通信容量の商

*taiji@cis.nagasaki-u.ac.jp

†tsuru@net.nagasaki-u.ac.jp

‡kuroda@cis.nagasaki-u.ac.jp

[†]QTNet が提供する QCN というサービス.

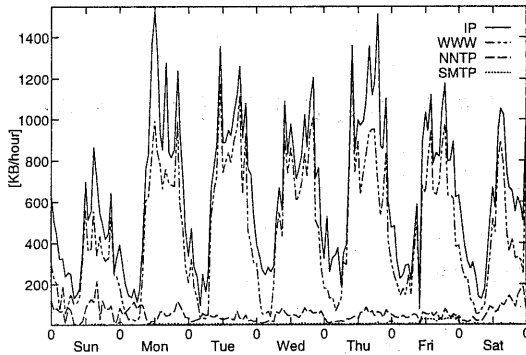


図 1: 学外から学内への通信の内訳

用 ISP 接続を維持することは経済的に無理であり、SINET が主でその補助として商用 ISP 接続を行うことにした。

その方式として、IP レベルでのマルチホーミングを行うものと、アプリケーションゲートウェイ (APGW) を用いるものがある。典型的な大学でのインターネット接続の形態 (グローバルアドレス、ゆるいファイアウォール、SINET との高速な接続) を前提とすると、経路制御、ISP との調節、セキュリティ確保などの容易性の観点からは後者が優れているので、本研究では、APGW 方式について詳細検討と運用実験を行った。

APGW 方式は、商用 ISP につながったルータと従来の学内 LAN との間に、IP レベルでの中継はしないが、特定のアプリケーションレベルの中継を行うマシンを置くものである (図 2)。本学では、学内 LAN は従来通りの SINET でのグローバルアドレスを使い、APGW の商用 ISP 側のみ、その ISP から取得したグローバルアドレスを使うことにした。

中継の対象とするアプリケーションについては、本学での学内 LAN と SINET ルータ間のトラフィックは図 1 のような傾向を持つので、とりあえず、最も必要性の高いメールと WWW を選んだ。

2 WWW アクセス

ここでの目的は、“SINET 経由では遅いようなサーバに QCN 経由でアクセスすることで、アクセスの高速化を図る”と、“SINET 不通 (あるいは混雑でタイムアウト) 時でも QCN 経由で最低限のアクセスを確保する”という 2 つがある。ただし、学内のクライアント (WWW ブラウザ) が学内共通プロキシサーバを使うことを前提にしている。

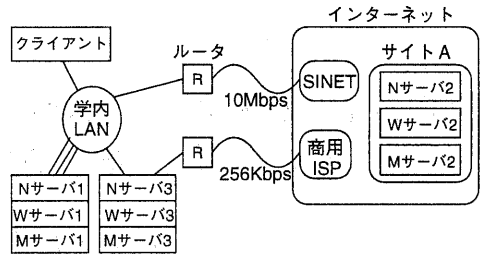


図 2: インターネットへの 2 系統接続

2.1 基本的な仕組み

正常時のアクセスの高速化

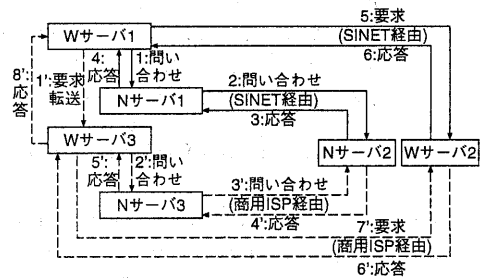


図 3: 学内から学外への WWW アクセス (正常時)

学内のクライアントから学外のサイト A の WWW サーバへアクセスする場合を考える。その経路、処理の流れは、図 2、図 3 を参照。学内 LAN のネームサーバ、プロキシサーバを N サーバ 1、W サーバ 1 とし、サイト A のネームサーバ、WWW サーバを N サーバ 2、W サーバ 2、APGW 上のネームサーバ、プロキシサーバを N サーバ 3、W サーバ 3 とする。W サーバ 1 でアクセスを振り分けており、この振り分け条件の設定によりアクセスの高速化を図る。

障害時の代替え

SINET 不通時の処理の流れは、図 4 を参照。アクセスが SINET 経由に振り分けられた場合にタイムアウトとなる。N サーバ 1 は、エラーを W サーバ 1 に返し、W サーバ 1 は、W サーバ 3 に要求を転送する。

2.2 実際の運用方式

基本的には、APGW 上に delegated (generalist, キャッシュなし) を置き、学内共通プロキシサーバ上の delegated (specialist) において、先の delegated

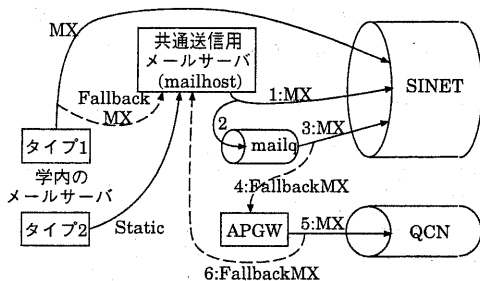


図 7: メール送信

受け付けるのは危険¹²なので、学内の大多数のメールサーバはそれを禁止しているので以下の二段階で導入することにした。

第一ステップとしては、従来通り、nagasaki-u.ac.jp 下の DNS 情報は一種類で、グローバルに参照できることを前提とする。

学内の一般メールサーバには、学外ルータでの SMTP 通信の制限に関連して、タイプ A(学外からの SMTP コネクションを直接受け付け可能)とタイプ B(そうでない)があり、大部分はタイプ B である。そして、それらの DNS 情報において、表 1 のように、弱い MX を APGW (の QCN 側) に向けると、学外からの受信経路は図 8 のようになる。

hostA/B	IN	MX	1	hostA/B 自身
	IN	MX	10	共通受信サーバ
	IN	MX	99	APGW(QCN 側)
hostB'	IN	MX	10	共通受信サーバ
	IN	MX	99	APGW(QCN 側)
	IN	A		hostB' の IP アドレス

表 1: MX レコード

この状態では、いろいろ不都合は生じる。例えば、タイプ B のサーバに学外からメールを送る場合は、一度直接送ろうとしてタイムアウトし、次に学内共通受信サーバにメールを送ることになってしまう。この空振りを嫌う一部のサーバ(表 1 のタイプ B')は、自身に対する MX レコードを持たず、共通受信サーバでの TryNullMX 機能を前提にしている。

一方、APGW 上のネームサーバ(の QCN 側のアドレス)は、学内の全てのサブドメインのセカンダリになっており、nagasaki-u.ac.jp のネームサーバ

¹²サーバ自身への攻撃や踏台中継等。

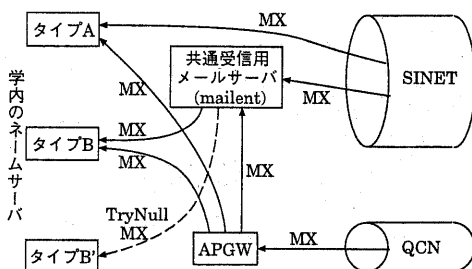


図 8: メール受信

バとして JPNIC に登録されているが、学外のサーバが nagasaki-u.ac.jp ドメインの情報を参照しようとするときに、SINET 側のネームサーバを試すか、QCN 側のネームサーバ(すなわちこの APGW)を試すかは制御できない。よって、SINET 正常時でも学外から APGW 上のネームサーバへ参照がある。

第二ステップとしては、nagasaki-u.ac.jp 下の DNS 情報(特に MX)を学内向け/学外向けと 2 元管理する必要があり、現在、準備中である。

学外向け情報を持つネームサーバは、例えば、学内共通受信サーバと同じマシン上及び APGW 上に置き、これらのみを JPNIC に登録する。そして、例えば、表 2 の DNS 情報のようにして、共通受信サーバや APGW から学内への配送は、静的に別の学内配送専用サーバに投げることにする。

学内向け				
hostB	IN	MX	1	hostB 自身
学外向け				
hostB	IN	MX	10	共通受信サーバ
	IN	MX	99	APGW(QCN 側)

表 2: MX レコード

4 商用 ISP への接続回線

多重化/負荷分散

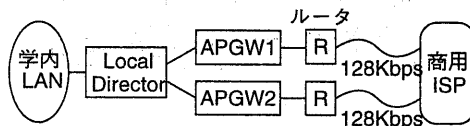


図 9: 商用 ISP への多回線接続

APGW は実際には、図 9 のように、2 組を使っている。その理由は、

(経済性) 128Kbpsの接続サービスは格安である^{†3}。ルータも128Kbps対応のものは格安であり、APGWも安価なPC-UNIXでよい。

(可用性) ハードを複数に分けた方が片側が故障しても縮退運転でき可用性が高い。

(拡張性) 比較的簡単に負荷分散できるので、必要な通信容量に応じて安価なハード(ルータとAPGW)と回線を増設すればよく、柔軟に拡張できる。

可用性や拡張性を実現するために、CISCOのLocalDirector 416を使った。これにより、学内サーバからAPGWへは、仮想的な一つのIPアドレスにアクセスすればよく、そのアクセスは、TCPコネクション単位に複数台のAPGWの実体に動的に負荷分散が可能である。例えば、WWWアクセスの場合、多数のインラインイメージを含んだページは、各イメージファイルは複数のAPGWに分散して要求されるので、ダウンロードも分散される。メール送信の場合は、mailqに溜まってすべてのメールが1つのTCPコネクションでAPGWに渡されるため、その瞬間に空いていた方に集中する。現在は、コネクション数で平等に振り分けているが、重みをつけたり、他の基準(応答時間など)での振り分けもできる。

一方、学外からのメール受信やネームサーバ問い合わせはこれでは制御できない。メール受信の場合、同じ優先度のMXを各APGWに向けることで自然にアクセスがばらつくことを期待している。

優先度制御

SINET障害時にはそれほど太くないQCN回線にトラフィックが集中する恐れもある。そこで、メールの確保を第一優先し、ルータの機能を使って、出力キューにパケットが溜まった場合に、SMTPのパケットを優先して送信するよう設定している。ただし、WWWアクセスは下りの容量の方が大きくそれを抑制する必要があるので、LocalDirectorの所で、APGWに対するWWWアクセス要求をシェイピングすることを検討している。

経路制御やセキュリティ管理

(経路制御) ルータとQCNとの間は静的経路。ルータの学内側(ルータとAPGW間)は単一セグメントネットワークで経路制御不要。APGW上で

は、defaultを静的にルータに向け、学内アドレスは学内からのRIPを開く。

(セキュリティ管理) ルータではQCN回線から入ってくるパケットを、TCPの応答、IDENT要求、ネームサーバ(問い合わせ/応答)、ICMP、SMTP要求だけに制限している。

5 評価とまとめ

現時点では、仕組みを導入したところであり、SINET完全不通時の負荷の集中に対する検証もまだであるが、少なくとも平常時での導入効果は出ている。今後、検証やチューニングを進めていく。

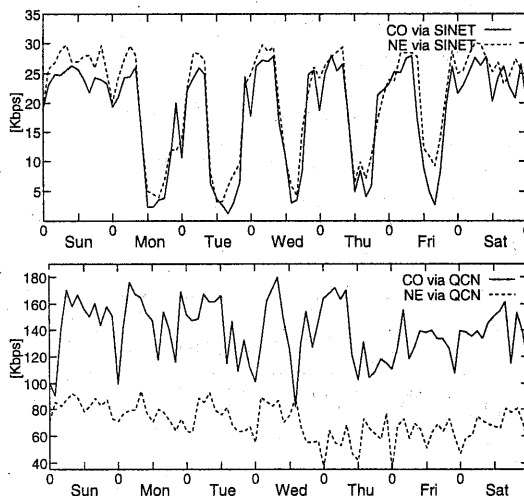


図10: .co.jpと.ne.jpでの転送速度

WWWアクセス

(アクセス高速化) SINET経由とQCN経由でのWWWページ取得の転送速度を調べた結果が、図10~12である。

一般にSINETは昼間遅いことがわかる。図10では、co.jp(8つのサイトの平均)はSINETよりQCNの方が速く、現在行っている振り分けでもそれなりの効果が出ているものと思われる。また図11から、gooはSINETに、nasdaはQCNに振り分けるのが適当である。図12では、トラフィックの最も多い時間帯でのSINET経由では急に落ち込んでおり、静的な経路制御ではとりえずQCNに振り分ける必要がある。

効果を高めるには、もっと最適な経路選択の方法が必要である。一般的に言えば、アクセス先を、

^{†3}128Kbps二本分の通信費は192Kbps一本分より安い。

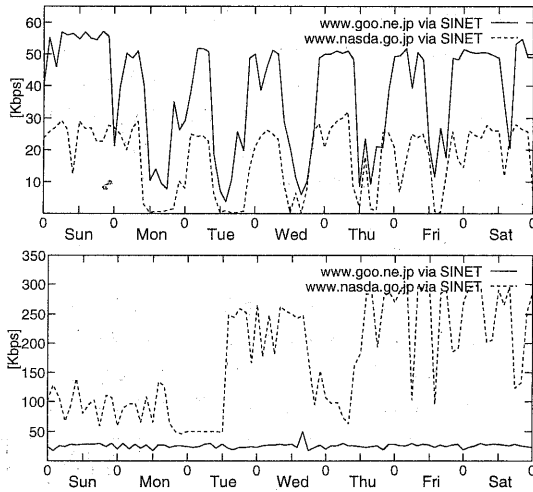


図 11: goo と nasda での転送速度

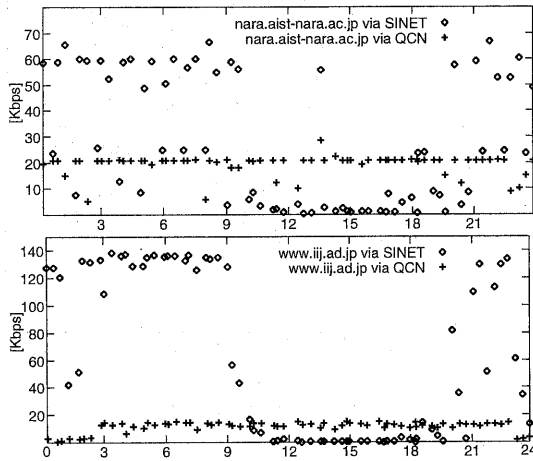


図 12: 昼間 SINET が遅いサイトの例

SINET 経由が速いもの、QCN 経由が速いもの、不定なもの3種類に分け、その境界を動的/適応的に変更すること、不定なもの扱いを時刻などの大域的な情報を元に予測的に決定することができればかなりの最適化が可能と思われ、検討中である。

(SINET 不通時の代替経路) 本学の SINET 接続が完全に不通になった場合の実験はまだ行っていない(近々その機会が訪れる)。ただし、平常時でも SINET 経路がタイムアウトして APGW に迂回して成功したアクセスが平日で 200 件以上ある。

(プロキシサーバの利用) 学内共通 WWW プロキシサーバとして二系統(一般用, 教育用)あり, 本研究で実験対象にしたのは, 一般用 WWW プロキシ

サーバのみであるが, 実は, 現時点での大学全体での学外 WWW サーバへのアクセスのトラフィックの割合は, プロキシなしが 85%, 教育用プロキシ経由が 9%, 一般用プロキシ経由が 6% 程度であり, 一般用プロキシの利用は多くない。今後, 一般用プロキシの利用率を高めたり, 教育用プロキシも APGW への振り分けを行ったりすると, APGW や QCN 回線のバンクの心配が出てくる。

メール送受信

平常時の観察では, QCN 経由で迂回して配送されている件数は, 送信は一日平均 10 通以上, 受信は一日平均 40 通以上ある。つまり, SINET 経路の不通または混雑で延着/不着になったはずのものを救済している。

現方式での問題点としては, メール送信において, 送信途中のエラーが起きた場合に FallbackMX では代替経路には行かない点がある。sendmail だけでなく delegate の利用も含め改善を検討したい。

QCN への接続回線

図 13 は 2 台のルータの回線側下りトラフィックの状況である。ある程度分散が成功し, 平常時では 128Kbps の回線にまだ余裕がある。しかし, 先に述べたように WWW プロキシ利用者を増やすとすぐにバンクしそうである。また, バンク時に, 優先度制御がうまく働くかも検証待ちである。

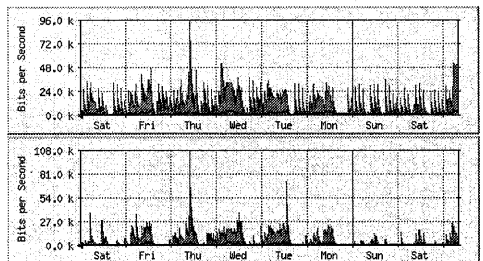


図 13: QCN 回線のトラフィック (10 分平均)

参考文献

- [1] 村井 純, 吉村 伸 監修. bit 別冊 インターネットオペレーション原理と実際 WIDEProject 編, 共立出版
- [2] Craig Hunt. TCP/IP ネットワーク管理 第 2 版, オライリー・ジャパン