

トラフィックにもとづいた インターネットの課金方式

串田高幸

日本アイ・ビー・エム株式会社
東京基礎研究所

インターネットは、もともと研究のためのネットワークとして設立され運用されてきた。そのため、ネットワークのアーキテクチャのなかに課金の構造が入っていない。本稿では、インターネット課金体系について、まず、今まで行なわれた関連研究について述べ、さらに課金体系の基本的な方式と将来インターネットが拡張された際に使用される QoS 課金体系について述べる。またシステムを使って課金を行なう方式について述べて、課金システムで収集したトラフィックについて、検討した結果について述べる。さらにこの課金システムでの考慮点についても述べる。この課金システムを利用することによりインターネットでの従量制の課金が可能になる。

The accounting mechanism based on the Internet traffic

Takayuki Kushida(kushida@trl.ibm.co.jp)

IBM Research,
Tokyo Research Laboratory

The Internet was originally build by researchers to show the feasibility of the network. As the network was focused on the research work, there is no accounting mechanism in the network architecture. This paper addresses the accounting scheme on the Internet. It describes the accounting structure for the Internet, related works, basic service menus for the accounting and the QoS accounting. In addition to these topics, we describes the measurement for the accounting information and discuss some issues the accounting system on the Internet. The system makes it possible to start the accounting service on the Internet.

はじめに

インターネットは、以前、一部のコンピューターの研究者たちの道具であった。しかし、現在、インターネットは、一般の人たちに利用されている。このようなユーザー層の変化によってトラフィックも増加してきている。また、インターネットの利用方法やそこで使用されているアプリケーションも以前に比べて多様になってきている。このようなインターネットの広まりとその重要性が増してきたことにより今後必要になる基本サービスがある。例えば、ネットワーク層の機能では、インターネットのアーキテクチャを拡張した QoS 制御機構の確立である。また、運用管理の機能では、ネットワークの運用における課金管理である。最近、これらの機能を拡張する必要性が高まってきている。

インターネットは、元来研究者のための非商用ネットワークとして始まったためにエンドユーザーあるいは各組織に対して利用毎の課金負担という概念が当初よりなかった。通常は、各参加組織が回線や施設等の課金を負担していて、エンドユーザーは、利用するだけであった。そのため、機能として料金を計測するための方式が確立されなかった。しかし、現在のようにインターネットが商用ネットワークとして主流になってくると、利用者の料金負担という立場から、きめの細かい課金体系とその適用方法を確立することが、ネットワーク管理運用の面より必要になってくる。

本稿では、インターネット課金体系について、まず、今まで行なわれた関連研究について述べる。次に課金体系の基本的な方式と将来インターネットが拡張された際に使用される QoS 課金体系について述べる。課金システムを使って、課金を行なう方式について述べて、システムで収集したトラフィックについて、調べた結果についても述べる。また、本方式で課金を行なうときの考慮についても述べる。

関連した仕事

McKnight ら [8][11] は、インターネットの中での経済的な振舞いについて報告している。そのなかで経済的な課題に関して次の 5つのエリアが、今後さらに研究されるべきであると述べている。

- 使用量あるいはトランザクションを基本とした料金体系と一定料金の料金体系の組合せ
- 輻輳制御のプロトコル、料金政策、ユーザーからのフィードバック

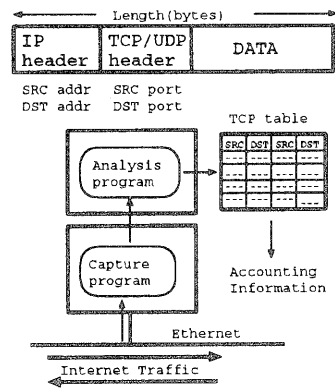


図 1: システム構成図

- 輻輳制御としてあるいは相互接続の移行処理の一部分としての料金体系
- ISP 間で増加しているトラフィックデータ収集と解析
- インターネットでの商業活動に対する技術開発と政策の作成

また、Cocchi[12] らは、複数のサービスクラスをもつネットワークでの料金体系についての研究を行なって報告をしている。一方、Fang[1] は、トラフィックの粒度を、A) 終端点と B) トラフィックに大きく 2つに分割した。A) の終端点では、1) ユーザーごと、2) IP アドレスごと、3) 管理ドメイン (AD) ごとによって分けた。また、B) のトラフィックの粒度では、1) バイトかパケット、2) 流れ (フロー)、3) セッションに分けて課金を行なう方法について提案した。Edell ら [9] は、TCP のコネクションを使ってエンドユーザーへの料金を行なう方法について述べて、この方法を使った料金システムを実装した結果を報告している。

インターネットのトラフィックを測定する装置とそれを使って実際に測定した結果が報告されている [4][5]。また、関連の研究として、トラフィックを流れとして測定する方式についても報告されている [6]。

課金方式

ネットワークへの課金方式として次の 3つの方法が定義できる。

- 固定された課金
- 回線容量を基本とした課金
- 使用量を基本とした課金

表 1: TCP address pairs

n	SRV IP	CLT IP	bytes	packets
0	0xnca226fd	0xnafl031e	62165232	163974
1	0xk0954642	0xl32a032d	24479780	73409
2	0xnafl01d2	0xnafl1c03	12092954	43921
3	0xnafl01d2	0xm61a0120	10944044	44861
4	0xnafl01d2	0xm61d0902	10739019	38972
5	0xnafl01d2	0xn01a5e12	10178543	25650
6	0xnafl01d2	0xmed21e0b	9956415	23512
7	0xn0324de1	0xk22b0603	8575106	25261
8	0xk3fc0b82	0xm61d0904	7444184	20703
9	0xnafl01d2	0xnafl230a	6718205	27850

これらの課金方式の長所短所について説明する。

固定された課金

パケットの転送された量や接続時間にかかわらず、常に一定の課金となる体系である。そのため計算が簡単である。プロバイダにとっては、料金徴収のために特別な測定や収集の作業を必要としない。

しかし、ネットワークサービスを供給する側にとってユーザーの利用の状況と回線の状況が直接連動していないために、たとえ混雑していても空いているときも同じ課金になってしまう。

容量を基本とした課金

ネットワークでは、そのバンド幅(あるいは容量)は有限である。もしバンド幅がわかっているならば、ユーザーに応じて料金を定めることができる。例えば、電話のような交換回線の場合、ユーザーと接続している速度(例えばモデムの速度)にもとづいた料金体系を作ることができる。この場合、料金は、回線のバンド幅が変わることによって変更できるが、しかしその料金は個々のユーザーの使用量とは、必ずしも一致しないことになる。

使用量を基本とした課金

時間や使用量など変化しているパラメータから算出する料金体系である。この使用量は、ネットワーク上に転送されているパケットから得られる情報と、パケットから得られた情報を使って探された情報を基本としている。使用量を基本とした課金を行なうためには、パケットの個別に対する使用量を正確に計測することが必要となる。

表 2: TCP ports

n	SRV PORT	CLT PORT	bytes	packets
0	20	4448	62165232	163974
1	20	1609	58092	181
1	20	1610	480287	1409
1	20	1611	33208	108
.
2	119	58999	732504	2612
2	119	59012	559470	2218
2	119	59031	1485228	4594
.
3	119	58988	233501	743
3	119	59003	646857	2471
3	119	59019	555927	2235

QoS と課金方式

ネットワークのQoSとは、ネットワーク上でサービスの質を定義してエンドツーエンドで、そのサービス質を供給する能力を持つことである。ネットワークにおけるQoSのパラメータとは、バンド幅、遅延、損失率、エラー率等のことである。

QoSは、エンドノードとネットワークの間で次のような手続きを行なって運用することができる[7].

- トラフィックの要求
- 要求をもとにしたサービスの承認
- 要求に沿ったサービスの実現

QoS をネットワークでサポートするために

表 3: TCP session table

m	START	SRC ADDR	SRC PORT	DST ADDR	DST PORT	PACKETS	BYTES	TIME
a	14:11:12.00	k.241.3.30	80	m.60.134.22	2840	4	435	135
b	14:11:11.52	n.158.4.26	119	l.29.9.1	2501	742	233461	62139
c	14:13:11.38	n.158.4.26	110	l.29.9.1	2502	21	1066	988
d	14:14:12.50	k.241.3.30	25	m.60.134.22	2840	37	7205	3969

Kumar[2] らは、現在のインターネットで使用されているルーターにどのような機能を付加すれば、バンド幅の確保や異なったサービスが提供できるかを報告している。Song ら [3] は、米国の高速バックボーンネットワークである vBNS を拡張して、サービスとして「バンド幅予約」をサポートする方法とその実装方法について述べている。

QoS 課金

サービスの質が異なれば、それにとまって異なった料金を設定する。転送時間について、10 秒でデータの転送を保証する場合と 20 秒でデータの転送を保証する場合は、サービスに差があるため、結果として料金に差をつけることができる。

QoS 課金を設定する場合、1) 開始前にネットワークに要求して受け入れられたパラメータによって課金する場合、2) 終了後にネットワークから使った量によって QoS から課金する場合の二通りがある。

1) の場合、開始以前に QoS 課金の設定を行なうため、例えば、接続時間で料金設定を行なう。また、2) の場合、セッションしてすでにサービスを受けたあとに切断した後に課金するためにセッションの接続中、実際にどのようなサービスが行なわれたかの情報をもとにして課金を行なうことになる。そのため、実際にどのようなサービスがセッションに対して行なわれたかたを記録しておかなければならない。

測定方式

以前の研究でトラフィック測定装置を作成して、その装置を使いインターネットのトラフィックを測定し、解析した結果を報告した [5][6]。本研究では、この装置を図 1 のように課金情報が取得できるように改良した。図 1 の Capture program は、ネットワーク上に流れているパケットのうちパケットヘッダだけを収集する。また、Analysis program は、取

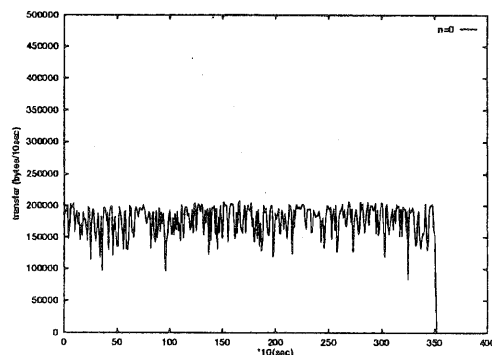


図 2: TCP pair NO.0 のトラフィック

集されたパケットヘッダを解析して課金に必要な情報をテーブルにする。このテーブルを使って課金を行なうことになる。

以前の報告によってインターネットのトラフィックのうち 95%以上が TCP であることがわかっていて [5]。この実験では、TCP/IP のトラフィックのうち TCP に着目して測定を行なった。また、使用量を基本とする課金方式を使った。

- 開始及び終了時間
- ソース及び目的 IP アドレス
- ソース及び目的 TCP ポート
- パケット数
- 転送量 (バイト)
- 接続時間 (msec)

これらの値を課金のパラメータとして使用することができる。IP アドレスと TCP ポートは、パケットの識別の単位であって、この組合せが課金できる最小の単位になる。TCP や UDP のポートでは、サーバーがサービスしているポート番号はグローバルに決まっている。このポート番号を調べることにより、使用しているかがわかる。

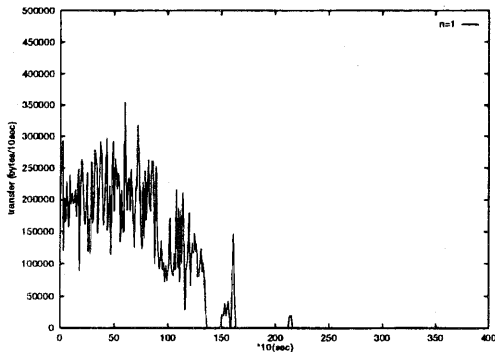


図 3: TCP pair NO.1 のトラフィック

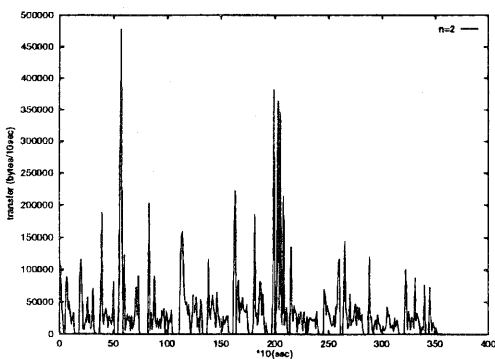


図 4: TCP pair NO.2 のトラフィック

実験および結果

実験に使用したデータは、1996年3月12日の午後2時から午後3時までの1時間ほど収集したものである。この時間のデータは、昼間の典型的なパケットである。このデータをTCPのアドレス対ごとに解析して、その上位10件のサーバのIPアドレス、クライアントのIPアドレス、バイト数、パケット数を表1にした。

また、表1のTCPのそれぞれのアドレス対について、サーバのポートおよびクライアントのポートごとに表したものが、表2である。この表は、サーバポート、クライアントポート、バイト数、パケット数である。表1と表2のnは、対応している。また、表3は、TCPのセッションうちの典型的な4つだけを抜き出して示している。

このテーブルより課金情報を算出することができる。

図2、図3、図4は、表1のn=0, n=1, n=2の10秒ごとに合算されたトラフィック量(バイト)

の時間分布である。この図をみると、それぞれのペアによって時間変化がまったく異なることがわかる。

また、表4は、図2、図3、図4(表1のn=0, n=1, n=2)で示されたトラフィックの1時間での最小値(バイト/10sec)、最大値(バイト/10sec)、平均値(バイト/10sec)である。

議論

トラフィックを測定することによって課金を行なう方式では以下のような制約がある。

パケットのとりこぼしと再送

パケットのとりこぼしによる収集エラーがある。これは、収集装置がパケットをとり損なったために課金情報を収集できないということである。また、パケットが届かないで再送されている場合でも転送されたということで同じパケットが2度カウントされてしまう。装置には、このようなエラーを防ぐ機構が必要である。

IPアドレスと特定ホスト

インターネットでは、IPアドレスがわかったとしても動的なIPアドレスの割当が行なわれていたり、あるいは途中のルーターでIPアドレスの変換が行なわれていたりする。そのため、IPアドレスは必ずしも特定のハードウェアとは、一致しない。そのためIPアドレスごとの課金情報が取得できたとしても特定のハードウェアと一致しないことになる。この問題を解決するために、つぎの2つの方法が考えられる。1)IPアドレスから特定のハードウェアを識別できる付加機能をつける方式、2)あるいはパケットヘッダーにアカウントのための識別情報をもつことである。

IPアドレスと相手先の識別

課金対象としているパケットには、相手先のIPアドレスが入っている。しかし、IPアドレスが、どのASに属するか、どの組織に属するか、あるいはどの国に属するかは、パケットヘッダーからの情報ではわからない。接続している相手先の属性がわかれば、それによる料金に差をつけることができる。も

表 4: 最大、最小、平均 (bytes/10sec)

n	MIN	MAX	AVG
0	68680	206984	172681.2
1	1335	354184	67999.4
2	40	477408	33591.5

し、IP アドレスからその属性を調べるためのデータベースがあれば、それを検索して探すことができる。このデータベースは、インターネットにグローバルである必要がある。

使用者の識別

さらに使用者を特定するために個人の識別機能が必要となる。一つの IP アドレスを複数のユーザーで使用している場合、使用者の識別を行なってユーザーごとの課金を行なう必要がある。特定のハードウェアだけでなく、さらに特定のユーザーの識別を行なうことが必要となる。この方式でも識別するための付加機能をもつか、パケットヘッダーに識別情報を入れるということを行なう必要がある。

ポートとサービスの識別

また、使用しているサービスについても、ポート番号とサービスが必ずしも一致していない。例えば、WWW のポートは、80 番であるが、Proxy サーバーや WWW を 8080 番ポートでサービスしている場合がある。この場合、WWW のトラフィックとは識別されない。この問題に対処するためには、ポート番号とサービスを結びつけるための識別機能が必要になる。

おわりに

本研究では、インターネットにおいてトラフィックを使って課金する方式について述べた。今後、現在の考慮点を改善すること、またネットワーク管理の一部としてトラフィックを基本とした課金方式を検討することが必要がある。

参考文献

- [1] W. Fang, Building An Accounting Infrastructure for the Internet, *IEEE, In Proceedings of Internet Conference, pp105-109, October 1996.*
- [2] V. P. Kumar, T.V. Lakshman, and D. Stiliadis, Beyond Best Effort: Router Architectures for the Differentiated Services of Tomorrow's Internet, *IEEE Communications Magazine, pp152-164, May 1998.*
- [3] Song, Quality of Service, Development in the vBNS, *IEEE Communications Magazine, pp128-pp133, May 1998, 1998.*
- [4] 串田, TCP/IP ネットワークの特徴, 情報処理学会マルチメディアと分散処理ワークショップ, Oct. 1996.
- [5] 串田, インターネットの TCP トラフィックの解析, 情報処理学会第 84 回マルチメディア通信と分散処理研究会, Sep. 1997. 1997.
- [6] 串田, インターネットにおけるトラフィックの測定方式, 情報処理学会第 86 回マルチメディア通信と分散処理研究会, Jan. 1998, 1998.
- [7] A. S. Tanenbaum, Computer Networks Third Edition, *Prentice-Hall, 1996.*
- [8] L. W. McKnight and J. P. Bailey, INTERNET ECONOMICS: When Constituencies Collide in Cyberspace, *IEEE Internet Computing, pp30-pp37, Vol.1, No.6, 1998.*
- [9] R. J. Edell, N. McKeown, P. P. Varaiya, Billing Users and Pricing for TCP, *IEEE JSAC, Vol.13, No. 7, pp.1162-1175, September 1995.*
- [10] S. Shenker, D. Clark, D. Estrin and S. Herzog, Pricing in Computer Networks: Reshaping the Research Agenda, *ACM SIGCOMM Computer Comm. Rev., Vol.26, No.2, pp.19-43, Aripl 1996.*
- [11] L. W. McKnight and J. P. Bailey ed., Internet Economics (ISBN 0-262-13336-9), *The MIT Press, Cambridge MI. 1997.*
- [12] R. Cocchi, S. Shenker, D. Estrin, L. Zhang, A study of priority pricing in multiclass networks, *In Proceedings of ACM SIGCOMM'91, Sep. 1991.*