

IP Traffic Trends in Packet Size Distribution

パケットサイズ分布からみたIPトラフィックの傾向

Koshiro Mitsuya (Keio University)

Kenjiro Cho (Sony CSL)

Akira Kato (The University of Tokyo)

Jun Murai (Keio University)

三屋 光史朗 (慶應義塾大学)

長 健二郎 (ソニー CSL)

加藤 朗 (東京大学)

村井 純 (慶應義塾大学)

概要

現在、IPトラフィックの解析のために、ネットワークの負荷を監視する手法が多く用いられる。しかし、より正確にIPトラフィックを解析するためには、ネットワークの負荷だけでなく、その他の情報も併用すべきである。

本稿では、特にパケットサイズの分布からIPトラフィック解析を行なった。WIDEプロジェクトが公開している情報を利用し、WIDEバックボーンにおけるIPトラフィックの傾向や特徴を調べた。その結果、IPトラフィックの入出力の非対称性、経路の非対称性、ネットワークへの接続形態の違いがIPトラフィックに影響することが分かった。ネットワークの負荷以外の情報が、IPトラフィックの解析に重要であることが確認された。

1 はじめに

ネットワーク研究者やオペレータにとって、IPトラフィックの傾向や特徴を把握することは重要である。インターネットで利用するのにより適したプロトコル等の開発や、ネットワークの設定を行なうために利用されている。現在、IPトラフィック解析によく利用されているツールはMRTG[Oet96]、CoralReef[CAI99]などがある。

Multi Router Traffic Grapher(MRTG)[Oet96]は、SNMPを利用してトラフィックデータを収集し、グラフ化するツールである。ネットワークの負荷を監視する目的に最も多く利用されている。

CoralReef[CAI99]は、OC3mon[ACTW99]やOC12monを利用してデータをリアルタイムに収集し、ネットワークの負荷を監視するツールである。パケットサイズの分布やプロトコル別等の表現に加工する機能も備えている。

MRTGやCoralReefは、ネットワークの負荷を監視するツールである。これらは、IPトラフィックの大まかな状態を把握するのに有効である。しかし、インターネットの利用形態や接続形態が多様化していくなかで、トラ

フィックの性質も多様化している。さまざまな観点からトラフィックの傾向を把握する必要性が増してきている。より正確にIPトラフィックの傾向や特徴を把握するためには、ネットワークの負荷だけでなく、その他の情報および手法も併用すべきである。

また、以上のような研究によってトラフィック解析ツールが提供されているが、ネットワーク研究者やオペレータにとっては、トラフィック解析を行なうためのデータが不足していることも問題である。

そこで、WIDEプロジェクト [WID88] MAWI(Measurement and Analysis on the WIDE Internet) ワーキンググループでは、WIDEネットワークのバックボーンにおけるトラフィックデータを外部に提供するために、トラフィックデータレポジトリ Tracer[CMK00]を作成した。このレポジトリは、同ワーキンググループによって作成されたツール群であるtcpd-toolsによって生成される。また、WIDEバックボーン内に設置されたサンプルポイントでの、パケット総数、パケットサイズの分布、平均負荷、プロトコルの内訳等の情報を提供する。

本研究では、特にパケットサイズの分布から IP トラフィックの解析を行なう。Tracer が提供している情報を利用し、WIDE バックボーンにおけるトラフィックの傾向や特徴を報告する。パケットサイズの分布が、IP トラフィック解析に有効であることを示す。

2 研究の手法

2.1 方針

本研究では、多くのサンプルを得るため、トラフィックが集中するバックボーンでの IP トラフィックを解析する。今回の解析では、WIDE ネットワークのバックボーンを対象とする。WIDE バックボーンにおけるトラフィック情報の取得には、Tracer が提供しているトラフィックデータレポジトリを使用する。

また、WIDE バックボーンの IP トラフィックの傾向や特徴をより正確に知るために、独自に収集したデータも使用する。収集したデータは、tcpd-tools を用いて加工する。

得られた情報を基に、サンプルポイントでの IP トラフィックの傾向や特徴を捉える。

2.2 データの収集、加工および解析方法

本研究は基本的に、Tracer が提供する加工されたデータを基に解析を行なう。Tracer は、以下の方法でトラフィックデータレポジトリを実現している (図 1)。

データの収集 tcpdump[tcp99] を使用してトラフィックデータを得る。

プライバシー情報の削除 tcpdump が提供するデータは、IP アドレスやプロトコルペイロードなどのプライバシー情報を多く含んでいるため、そのままでは利用できない。tcpdpriv[CMK00] を使用して、tcpdump で得られた生データからプライバシー情報を取り除く。

データの加工 tcpdstat[CMK00] を使用し、データを加工する。

データのアーカイブ tcpdstat で得られた結果とプライバシー情報を取り除いた tcpdump のデータをアーカイブする。これらは、<http://tracer.csl.sony.co.jp/> から誰でも利用可能である。

Tracer から得られる情報には、パケット総数、パケットサイズの分布、平均負荷、プロトコルの内訳が含まれて

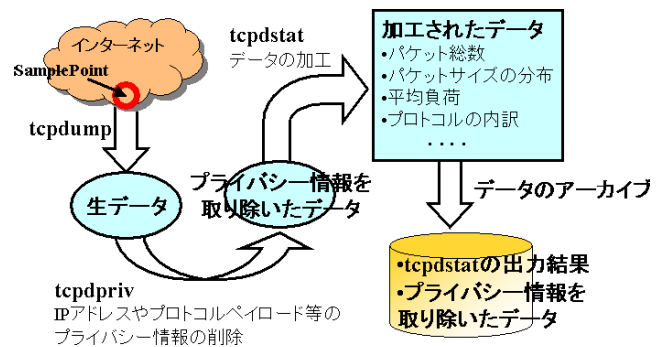


図 1: Tracer の処理の流れ

いる。それらの情報をグラフ化し、統括的に WIDE バックボーンの IP トラフィックを解析する。

2.3 サンプルポイント

本研究では、次に挙げるサンプルポイントでの IP トラフィックを解析する。これらは、いずれも WIDE ネットワークのバックボーンに位置する。WIDE バックボーンのなかでも最もトラフィックが集中するポイントである。

WIDE 藤沢 NOC WIDE 藤沢 NOC-WIDE ロサンゼルス NOC 3Mbps ライン。WIDE の海外接続ポイントの一つ (図 2)。サンプルポイントは、このラインの 1hop 手前の Ethernet セグメント。

WIDE 大手町 NOC WIDE 大手町 NOC-NEWEB 18Mbps ライン。WIDE の対外接続ポイントの一つ (図 2)。FastEthernet を 18Mbps の CAR(committed access rate control) で帯域を制限している。サンプルポイントは Ethernet セグメント。

NSPIXP-6[WID99] IPv6 の IX。NSPIXP-6 は FastEthernet スイッチで構成されており、NSPIXP-6 に接続された組織間で IPv6 トラフィックと IPv6 経路情報を交換する。サンプルポイントは、この FastEthernet セグメント。周辺のトポロジを、図 3 に示す。図中の二重四角は、WIDE IPv6 ネットワークの NOC を表している。NSPIXP-6 と WIDE ネットワークは、大手町 NOC から接続されている。

現在、Tracer は WIDE 藤沢 NOC 海外線および NSPIXP-6 でのトラフィックデータレポジトリを提供している。よって、サンプルポイントとした WIDE 藤沢 NOC 海外線および NSPIXP-6 については、Tracer が提供するデータを使用する。WIDE 大手町対外線については、ptap[kato99] を用いて別途収集したデータを tcpd-tools を用いて加工し、利用する。

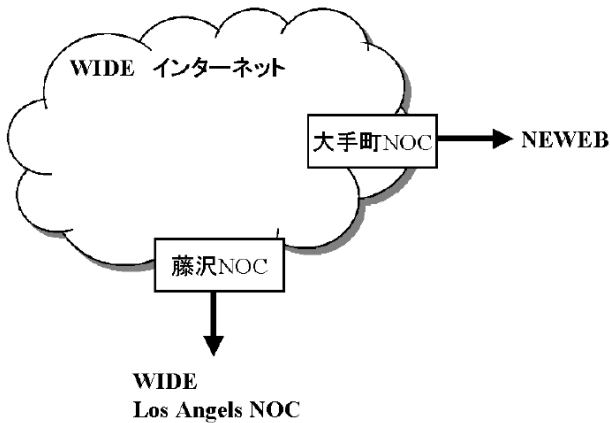


図 2: WIDE ネットワーク

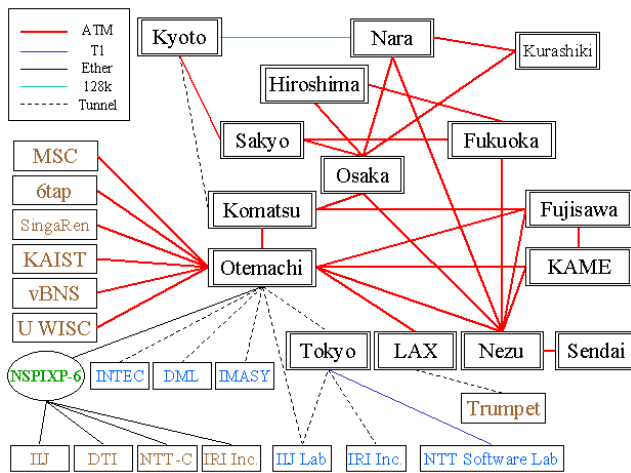


図 3: NSPIXP-6 周辺のトポロジ図

3 WIDE 国際線におけるトラフィック解析

3.1 パケットサイズに着目した解析

図 4 は、WIDE バックボーン 大手町 NOC 対外線でのパケットサイズの分布を表している。このグラフは、2000 年 1 月 28 日 14 時 00 分から同日 15 時 00 分のデータを基に作成した。

このグラフは、あるサイズをもつパケットの総数を相対累積度数で表したものである (packets)。また、同じサイズをもつパケットの総 byte 数を相対累積度数で表している (bytes)。なお、パケットサイズはデータリンクヘッダ (Ethernet ヘッダ) を含む。

tcpdstat の出力から、全パケット数の 88% が TCP のパケットであることが分かっている。TCP の最小パケットサイズである 40byte、Path MTU discovery を使用しな

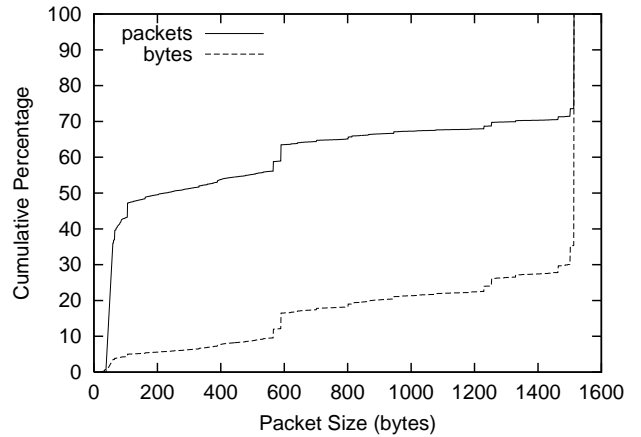


図 4: 大手町 NOC におけるパケットサイズの分布

いパケットである 552byte/576byte、そして Path MTU discovery を使用したパケットである 1500byte (Ethernet の MTU) の 3 点に大多数のパケットが分布している。

図 5 は、WIDE バックボーン 藤沢 NOC 海外線でのパケットサイズの分布を表している。このグラフは、2000 年 1 月 28 日 13 時 59 分から同日 14 時 41 分のデータを基に作成した。

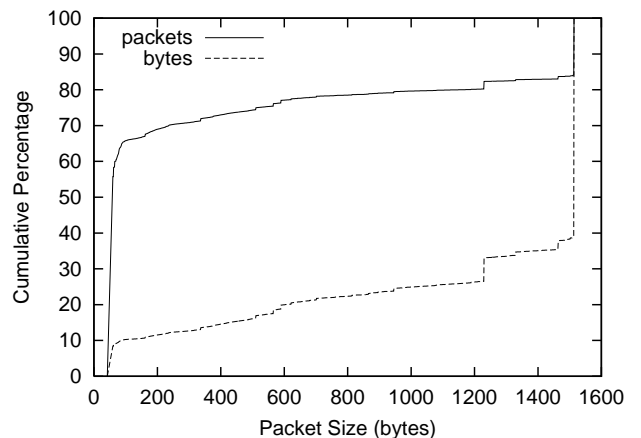


図 5: 藤沢 NOC におけるパケットサイズの分布

tcpdstat の出力から、全パケット数の 90% が TCP のパケットであることが分かっている。TCP の最小サイズである 40byte と Path MTU discovery を使用したパケットである 1500byte (Ethernet の MTU) の 2 点に、多くのパケットが分布している。

パケットサイズに着目した解析に関する考察

図4でみられた大手町 NOC でのパケットサイズの分布は、主要な Internet Exchange Point での一般的なパケットサイズ分布 [MC00] として報告されているものと類似している。約 50% のパケットが 40byte に集まり、552byte/576byte、1500byte にパケットが集まる分布である。

図5でみられた藤沢 NOC でのパケットサイズの分布は、大手町で観測されたパケットサイズの分布と異なる。40byte 付近のパケットが多く、552byte/576byte 付近のパケットがあまりみられない。

藤沢 NOC では、一般的な IX とは異なったパケットサイズ分布がみられたが、これまで得られている情報だけでは原因を特定することができない。そこで、大手町 NOC/藤沢 NOC での IP トラフィックを海外から入ってくるトラフィック (incoming) と、対外へ出ていくトラフィック (outgoing) に分け、より詳しく解析する。

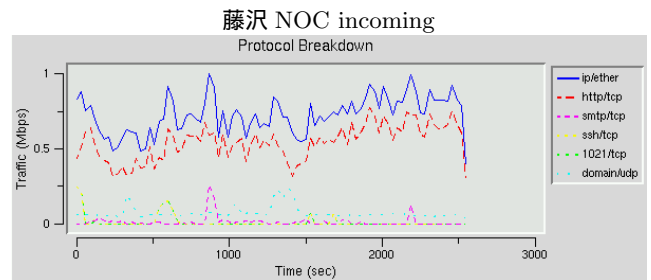
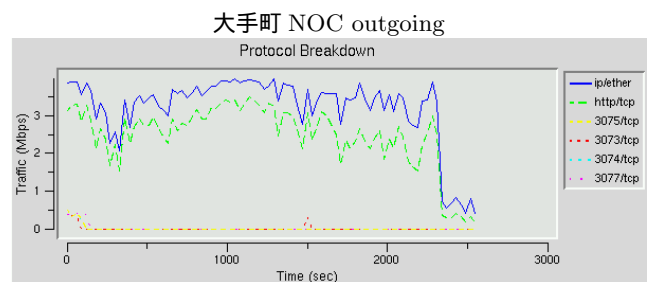
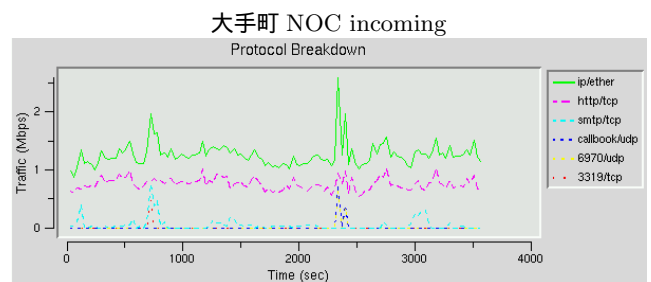
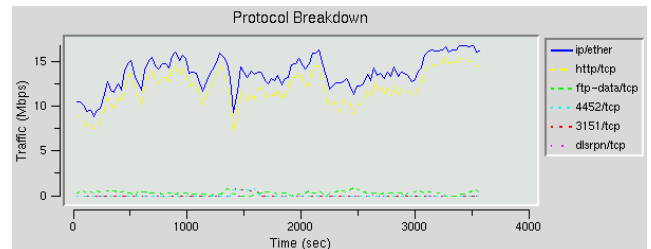
3.2 WIDE 海外線における incoming、outgoing 別の解析

図6は、大手町 NOC での incoming/outgoing、藤沢 NOC での incoming/outgoing、それぞれについてトラフィックの流量を時間軸で表している。図4、図5で使用したデータから作成した。

大手町 NOC での incoming の平均流量は 14.36Mbps、outgoing の平均流量は 1.31Mbps である。藤沢 NOC での incoming の平均流量は 2.11Mbps、outgoing の平均流量は 480.37Kbps である。大手町 NOC、藤沢 NOC ともに incoming の流量に比べて outgoing の流量が非常に少ない。

図7は、大手町 NOC での incoming のパケットサイズの分布を示したものである。図8は、大手町 NOC での incoming のトラフィックにおけるプロトコル別の内訳を、パケット数とバイト数に分けて示している。図9は、大手町 NOC での outgoing のパケットサイズの分布を示したものである。図10は、大手町 NOC での outgoing のトラフィックにおけるプロトコル別の内訳を、パケット数とバイト数に分けて示している。

これらは、図4で使用したデータを基に作成した。図中の http(s) は、送信元ポートが 80 番つまり http サーバからのパケットであることを表している。http(c) は、宛先ポートが 80 番つまり http サーバへのパケットであることを表している。



藤沢 NOC outgoing

図6: 全体のボリューム

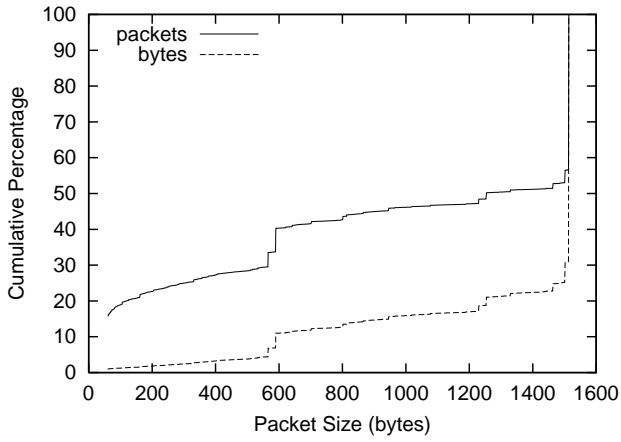


図 7: 大手町 NOC incoming

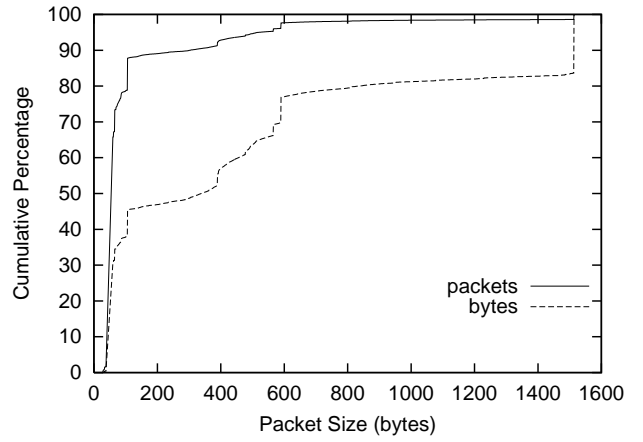
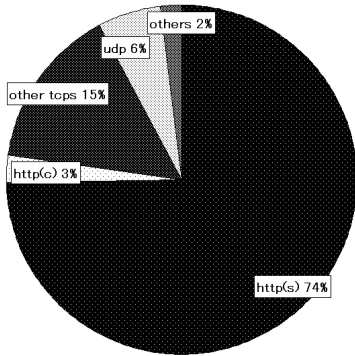


図 9: 大手町 NOC outgoing

packets



bytes

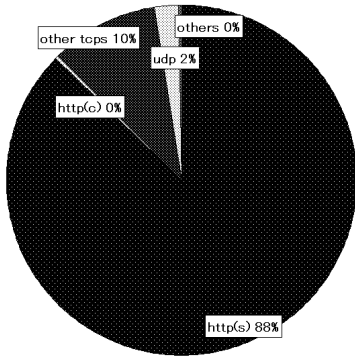
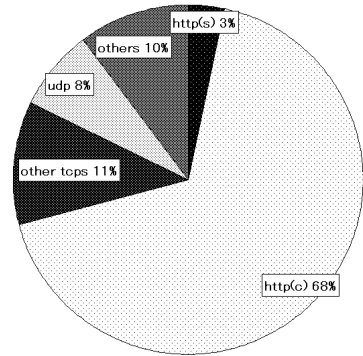


図 8: 大手町 NOC での incoming のトラフィックにおけるプロトコルの内訳

packets



bytes

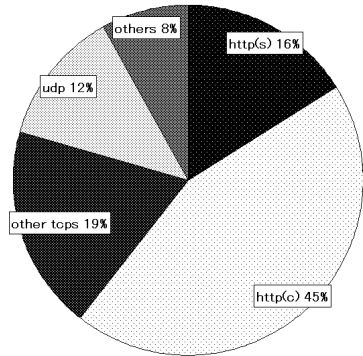


図 10: 大手町 NOC での outgoing のトラフィックにおけるプロトコルの内訳

大手町 NOC の incoming では、全パケット数の 92% が TCP のパケットである。40byte 付近のパケットの割合が 20%以下と極端に少なく、1500byte 付近のパケットの割合が約半数と非常に多い。全体的にサイズの大きいパケットが多く分布している。

TCP の全パケット数の 84% が http のパケットである。全パケット数の 74.7% がサーバからのパケットである。クライアントからのパケットは、2.5% と非常に少ない。

outgoing では、全パケット数の 82% が TCP のパケットである。90% 近くが 200byte 以下に分布している。サイズの大きいパケットがほとんど観測されない。TCP の全パケット数の 86% が http のパケットである。全パケット数の 75.4% がクライアントからのパケットである。サーバからのパケットは 12.5% と少ない。

大手町 NOC の incoming の総量は 6,796,047packets/6,460,007,204byte に対し、outgoing の総量は 4,616,303packets/588,133,419byte である。incoming のパケット数が多く、データ流量は incoming が 32:3 の割合で圧倒的に多い。

図 11 は、藤沢 NOC での incoming のパケットサイズの分布を示したものである。図 12 は、藤沢 NOC での incoming のトラフィックにおけるプロトコル別の内訳を、パケット数とバイト数に分けて示している。図 13 は、藤沢 NOC での outgoing のパケットサイズの分布を示したものである。図 14 は、藤沢 NOC での outgoing のトラフィックにおけるプロトコル別の内訳を、パケット数とバイト数に分けて示している。これらは、図 5 で使用したデータを基に作成した。

藤沢 NOC の incoming では、全パケット数の 89% が TCP のパケットである。40byte 付近のパケットの割合が 20%以下と極端に少ない。1280byte 付近のパケットの割合が多く、1500byte 付近のパケットの割合が約 50%で、非常に多くなっている。全体的にサイズの大きいパケットが多くみられる。TCP の全パケット数の 75% が http のパケットである。全パケット数の 63.6% がサーバからパケットである。クライアントからのパケットが 3.9% と非常に少ない。

藤沢 NOC の outgoing では、全パケット数の 91% が TCP のパケットである。90% 近くが 40byte 付近に集まっている。サイズの大きいパケットが全く分布していない。TCP の全パケット数の 84% が http のパケットである。全パケット数の 74.7% がクライアントからのパケットである。サーバからのパケットは、3.4% と非常に少ない。

藤沢 NOC の incoming の総量は 719,768packets/678,125,084byte に対し、outgoing の総量は 1,374,833packets/ 154,277,946byte である。パケッ

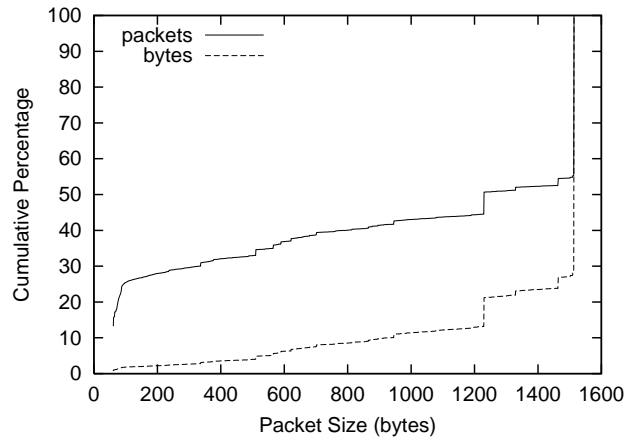


図 11: 藤沢 NOC incoming

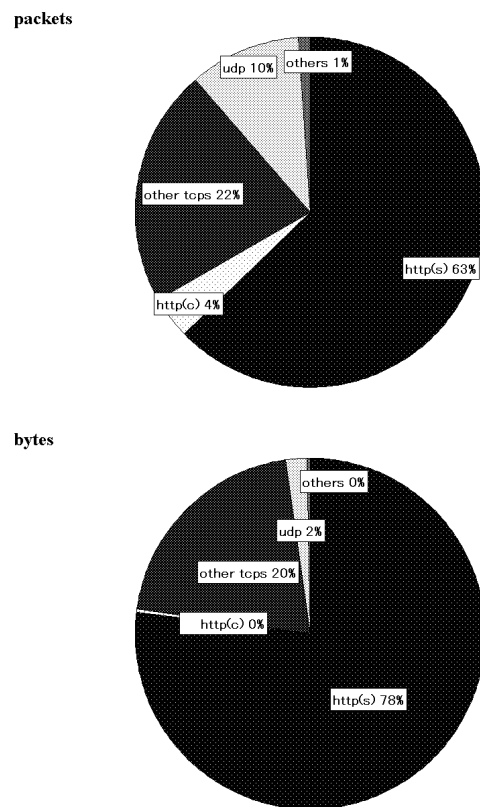


図 12: 藤沢 NOC での incoming のトラフィックにおけるプロトコルの内訳

ト数は outgoing が非常に多いが、データ流量は incoming が outgoing の約 4.5 倍である。

incoming、outgoing 別の解析に関する考察

大手町 NOC、藤沢 NOC ともに outgoing のデータ流量に対して incoming のデータ流量が非常に多い。incoming の多くが http サーバからのパケットで、outgoing の多くが http クライアントからのパケットであった。http クライアントからのパケットは、あまりデータを含んでいなかった。一方、http サーバからのパケットは多くのデータを含んでいる。このことから、outgoing のデータ流量に対して incoming のデータ流量が非常に多いのは、情報流通が非対称であるからと考えられる。日本から海外のコンテンツへのアクセスが非常に多いが、海外から日本のコンテンツへのアクセスは少ない。

藤沢 NOC では、incoming のパケット数に対して outgoing のパケット数が圧倒的に多い。outgoing のパケットのほとんどが、サイズの小さい http サーバへのパケットであった。このことから、http サーバからの応答パケットである http クライアントへのパケットの多くが、藤沢 NOC を通らないと判断出来る。すなわち、経路が非対称であることが分かる。したがって、藤沢 NOC のパケット分布 (図 5) は一般的なパケット分布と異なり、サイズの小さいパケットが多くみられたと考えられる。

WIDE バックボーンの経路制御担当者は、現在以下のようなポリシーで経路の設定を行なっている。

- outgoing パケットは近い出口から出ていく
- incoming のパケットは WIDE 内の特定の領域宛のパケットのみが藤沢 NOC から入ってくるように経路をアナウンスしている。特定の領域の範囲は、トラフィックの総量を考慮して調整している

したがって、藤沢 NOC から出ていって、大手町 NOC から戻ってくるトラフィックが多くなるのはある程度意図されたものである。藤沢 NOC におけるネットワークの負荷で見ると、経路制御担当者は意図通りに負荷分散が達成できている。

しかし、パケットサイズ分布に着目すると、藤沢 NOC ではサイズの小さいパケットが非常に多く観測された。そのことに関しては経路制御担当者は必ずしも注意を払っていないという事である。現状では、経路設計においてパケット数やパケットサイズの分布をどの程度考慮する必要があるのかは不明である。例えば、超高速バックボーンにおいては、ルータの性能はバイト数ではなくパケッ

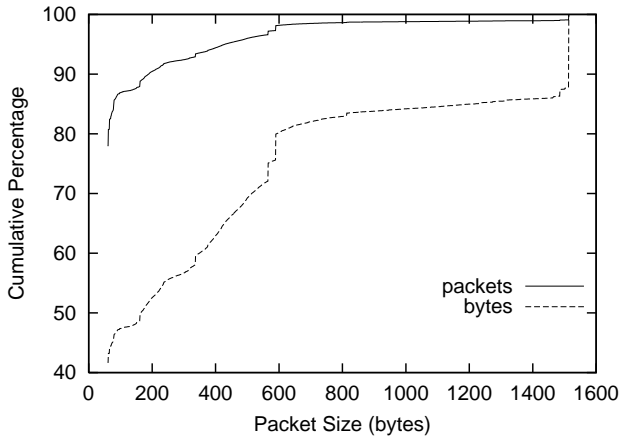
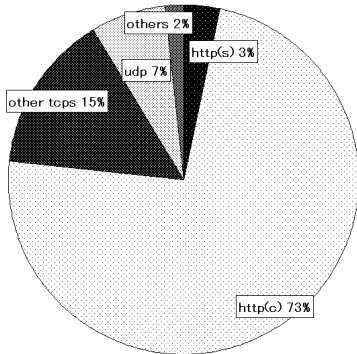


図 13: 藤沢 NOC outgoing

packets



bytes

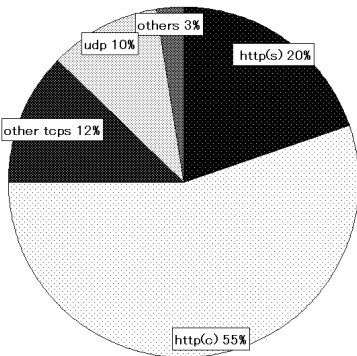


図 14: 藤沢 NOC での outgoing のトラフィックにおけるプロトコルの内訳

ト数で評価されるべきかもしれない。今後なんらかの考慮を必要とする可能性がある。

4 大手町NOCおよび藤沢NOCを合わせたトラフィックの解析

大手町NOCおよび藤沢NOCを合わせたトラフィックの解析を行ない、経路の非対称性を検証する。

図15は、大手町NOCおよび藤沢NOCを合わせたトラフィックでのパケットサイズの分布を表している。図16は、大手町NOCおよび藤沢NOCを合わせたトラフィックにおけるプロトコルの内訳を、パケット数とバイト数に分けて示している。これらのグラフは、図4および図5で使用したデータを基に作成した。各トラフィックデータ毎に、あるパケットサイズでの総パケット数、各プロトコルの総パケット数等の要素を抽出し、単純に合成した。

全パケット数の88%がTCPのパケットである。約50%のパケットが40byteに集まり、552byte/576byte、1500byteに多く分布している。

また、全パケット数の42.2%がhttpサーバからのパケット、全パケット数の31.7%がhttpクライアントからのパケットである。

考察

大手町NOCおよび藤沢NOCを合わせたトラフィックでは、httpサーバからのパケット数とhttpクライアントからのパケット数が、ほぼバランスがとれていることが分かる。

httpサーバからのパケット数とhttpクライアントからのパケット数が、一致するとは限らない。しかし、藤沢NOCにおけるIPトラフィックは、明らかにサイズの小さなパケットが多く分布していた。大手町NOCおよび藤沢NOCを合わせたIPトラフィックがバランスすることは、藤沢NOCにおけるパケットサイズの分布の偏りの原因が、非対称な経路にあると考えられる。

5 IPv6 IXにおけるトラフィック解析

IPv6のネットワークである6boneのトラフィック状況を知るために、6boneのIXであるNSPIXP-6においてトラフィック解析を行なった。

図17は、NSPIXP-6[WID99]でのパケットサイズの分布を表している。この図は、2000年7月24日09時00分から25日03時00分間のデータを基に作成した。

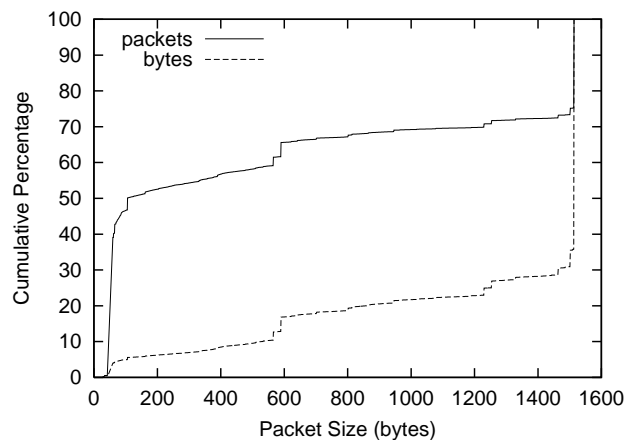


図15: 大手町NOCと藤沢NOCを合わせたIPトラフィックにおけるパケットサイズ分布

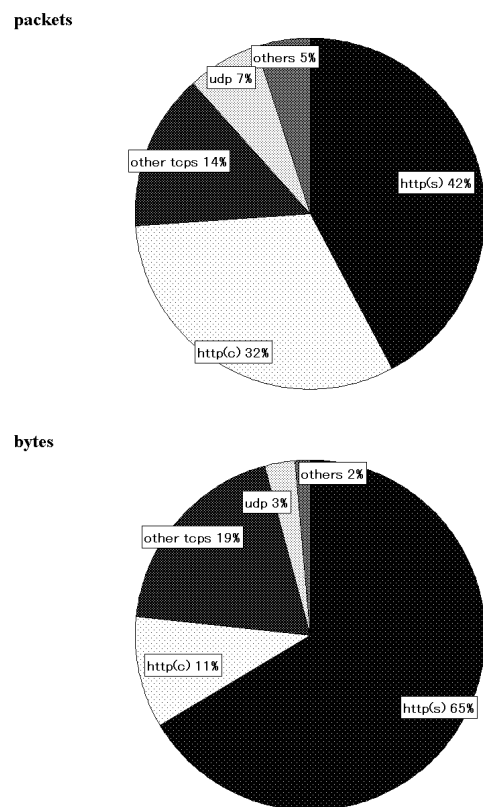


図16: 藤沢NOCでのoutgoingのトラフィックにおけるプロトコルの内訳

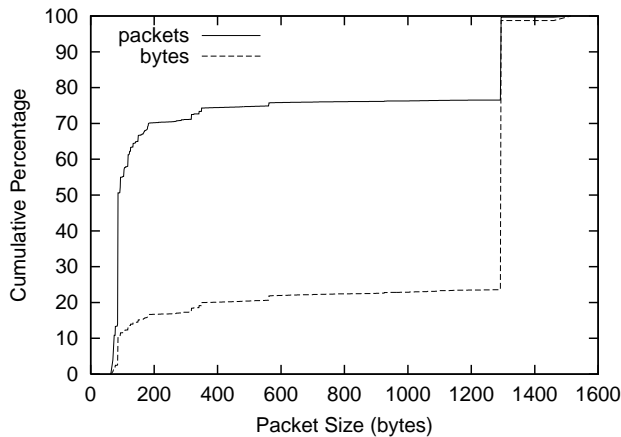


図 17: NSPIXP6 におけるパケットサイズの分布

全パケット数の 64%が TCP のパケットである。ペイロードをあまり含まない 200byte 以下のサイズのパケットが、約 70%観測される。1500byte のパケットが全く分布していない。IPv6 TCP での Maximum Segment Size(MSS) のデフォルト値である 1280byte のパケットが、約 25%分布している。

図 18 は、NSPIXP-6 のトラフィックにおけるプロトコル別の内訳である。図 17 で利用したデータを基に作成した。

考察

BGP、その他の TCP のパケット、ICMP6 の割合が多くみられる。これらのパケットはサイズが小さい。したがって、図 17 で 200byte 以下のサイズが小さいパケットが多くみられた。

1280byte のパケットが多く観測された。これは、Path MTU discovery が正しく動作していないからではなく、通信経路上に IPv6 over IPv4 トンネルを持つ通信と考えられる。IPv6 では、TCP の Maximum Segment Size(MSS) のデフォルト値は 1220byte であるが、現在、6bone における IPv6 node のほとんどが、KAME[KAM98] による実装を利用している。KAME では、MSS のデフォルト値が 1024byte に設定されている。また、IPv6 over IPv4 トンネルの MTU は 1280byte に設定されている。したがって、Path MTU discovery は正しく動作していて、1280byte のパケットは通信経路上に IPv6 over IPv4 トンネルを持つ通信と考えられる。しかし、トンネルを経由したパケットを見分ける有効な手段がないため、これを確認することはできなかった。

tcpdstat の出力から、MSS が 1220byte の ノードは 9

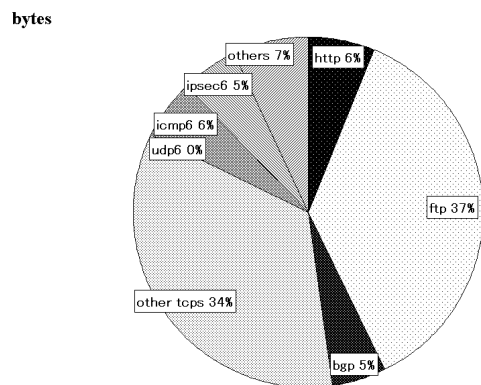
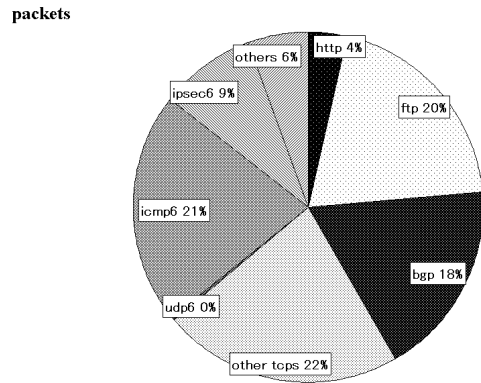


図 18: NSPIXP6 のトラフィックにおけるプロトコルの内訳

ノードに対し、1440byte のノードは 33 ノード観測された。1280 バイトと 1500 バイトの TCP パケット数の比は、大まかにトンネルを経由する通信とトンネルなしの通信を表すと考えられる。トンネル経由でなく直接 6bone に繋がっているノードの方が多く存在するが、トンネル経由のノードのほうがより多くの情報交換を行なっていることが分かる。

パケットサイズの分布を解析する事により、トンネル経由での通信が多く行なわれているという 6bone の現状を捉える事ができた。しかし、6bone はまだ利用が始まったばかりであり、今後の IP トラフィックの傾向は、短期間で変化していくと考えられる。

6 結論と課題

本研究では、WIDE バックボーンにおける IP トラフィックの傾向を報告した。Tracer が提供するトラフィックデータレポジトリを利用し、WIDE ネットワークのバックボーンに位置する、大手町 NOC、藤沢 NOC、そして NSPIXP-6 における IP トラフィックに関する情報を得た。Tracer

が提供するデータは、パケット総数、パケットサイズの分布、平均負荷、プロトコルの内訳等を含んでいる。本研究では、とくにパケットサイズに着目し、IP トラフィックの解析を行なった。

パケットサイズの分布から得られたヒントを基に、プロトコルの内訳を使って IP トラフィックの傾向を探った。その結果、IP トラフィックの入出量の非対称性や経路の非対称性、ネットワークへの接続形態がトラフィックの性質に大きく影響していることが明らかになった。今後は、得られた情報をいかに運用面やプロトコルの設計および実装に反映していけるか検討していきたい。

従来のネットワークの負荷だけでなく、他の情報も併用することにより、IP トラフィックの特徴や傾向をより正確に把握できることが分かった。さらに、得られたデータの特徴に注目して、複数の手法を組み合わせ、その原因を解析することによって、新しい傾向を把握できることが分かった。

なお、本研究で用いたトラフィックデータは、必ずしも IP トラフィックとして一般的なものではない。6bone に関して、まだ利用が始まったばかりであり、今後ともトラフィックの傾向は短期間で変化していくと思われる。したがって、本研究で得られた結果は、あくまで限られた地点での観測された限られた時点のスナップショットである。その反面、観測点の特徴が得られたため、典型的なバックボーンのトラフィックからは見つけにくい傾向や特徴が得られるという部分もあった。今後は、長期間における IP トラフィックの解析に関する研究も行なっていきたい。

謝辞

本論文を進めるにあたり、御指導をいただきました、慶應義塾大学環境情報学部助手 南政樹氏、慶應義塾大学 SFC 研究所研究員 植原啓介氏、慶應義塾大学政策メディア研究科 渡辺恭人氏に感謝いたします。

論文を執筆する際に迷惑をおかけしたにも係わらず、快く協力してくださった、増田康人氏、杉本信太氏、佐藤雅明氏、有賀征爾氏、日野哲志氏に、深い感謝を表します。

慶應義塾大学 徳田村井楠本中村研究室の諸氏に、深い感謝の念を表します。特に、SING のグループの皆さんに深い感謝の意を表します。

参考文献

[ACTW99] J. Apisdorf, K. Claffy, K. Thompson, and R. Wilder. Oc3mon: Flexible, affordable, high perfor-

mance statistics collection. In Proceedings of LISA X, pages 97-112, Chicago, IL September 1996.

[APA97] Asia-Pacific Advanced Network Consortium. <http://www.apan.net/>, 1997.

[CAI99] CoralReef. <http://www.caida.org/tools/measurement/coralreef/>. 1999.

[CMK00] Kenjiro Cho, Koshiro Mitsuya, and Akira Kato. Traffic Data Repository at the WIDE Project (USENIX 2000, June 2000)

[KAM98] KAME. Provide a free IPv6 and IPsec stack for BSD. <http://www.kame.net/>, 1998.

[MC00] S. McCreary and K. Claffy. Trends in Wide Area IP Traffic Patterns - A View from the Ames Internet Exchange (Monterey, May 2000) <http://www.caida.org/outreach/papers/AIX0005/>

[NAI98] a framework for the creation of a Network Analysis Infrastructure. <http://moat.nlanr.net/NAI/>, 1998.

[Oet96] T. Oetiker, D. Rand. MRTG:Multi Router Traffic Grapher. <http://ee-staff.ethz.ch/~oetiker/webtools/mrtg/mrtg.html>, 1996.

[tcp99] tcpdump.org. <http://www.tcpdump.org/>, 1999.

[TRA98] TransPAC. <http://www.transpac.org/>, 1998.

[WID99] WIDE IPv6 Internet Exchange Point in Tokyo. <http://www.wide.ad.jp/nspixp6/>, 1999.

[WID88] Widely Integrated Distributed Environment. <http://www.wide.ad.jp/>

[kato99] Akira Kato, Jun Murai, Satoshi Katsuno, Tohru Asami: An Internet Traffic Repository: The Architecture and the Design Policy, Proceedings of INET'99, Internet Society, July 1999.