

キャンパスネットワークにおける WAN 接続回線の広帯域化

松田 勝 敬*

Bandwidth of the WAN Connection Network in the Campus Network

Masahiro MATSUDA

Abstract

Recently, the campus network became a high-performance and high-speed. Many computers connected to the campus network and increased the amount of communication in the network. The campus network of Tohoku Institute of Technology is speeding up to 1,000 Mbps, and bandwidth efficiency of the network configuration has been improved. For consideration of the improvement of the WAN connection network, we measured network traffic between the WAN connection and the Campus Network. As a result, traffic had become the limit of the band momentarily. Now is still not affect the service, however, would be any high traffic will affect the service. Future, using the cloud network server, it is a high performance network is necessary.

1. 背 景

インターネットを中心としたコンピュータネットワーク、および情報システムの急速な発達と普及により、大学における学内ネットワークに対する要求も年々高まっている。学内のすべての建物内で学内ネットワーク接続ができるだけでなく、より高速なネットワーク接続帯域が求められるようになってきている。また、学内ネットワークに接続するコンピュータ数も増加し、それらの通信量も増大している。

東北工業大学（以下本学）の学内ネットワークシステムである「基盤ネットワークシステム」は、平成25年に更改された¹⁾。その結果、それまで主に100 Mbpsであった学内ネットワークのエッジの通信速度が、1,000 Mbpsに高速化された。さらに、キャンパス内の一部の場所ではあるが、無線LANの整備も実施された。2つのキャンパス間は、自営の光ファイバーで接続され、ネットワーク的にはひとつのネットワークとなった。また、旧システムでは各建物毎にL3スイッチを配置するネットワーク構成であったが、基幹L3スイッチを設置して機能を集約した。

このように、学内のネットワーク構成の効率化や帯

域の向上が図られたが、学内ネットワークのWAN接続に関しては、100 Mbpsの帯域のままであり帯域の増強などは行われていなかった。本学のWAN接続ネットワーク機器などを含む「基盤サーバシステム」は、「基盤ネットワークシステム」と更新時期がずれているため、平成27年度稼働を目指し更新作業を進めている。今回の更新ではWAN接続の通信速度の向上を図ることになり、WAN接続の接続先の変更と上位ネットワークへの接続回線の高速化を検討している。

そこで、今後のWAN接続環境の向上を検討するために、現在の学内ネットワークとWAN接続の間のネットワークトラフィックについて詳細な調査を行い、広帯域化について検討を行った。

2. 東北工業大学のネットワークの現状

2.1 東北工業大学の概要

東北工業大学は、工学部とライフデザイン学部の2学部8学科、2研究科7専攻で構成され、学生数は約2,700人、教職員数は約200名の大学である。「八木山キャンパス」と、長町キャンパス」の2キャンパスから構成され、キャンパス間は直線で、2 km程離れている。両キャンパスの主な建物は合わせて14棟あり、仙台市街のサテライトキャンパスなどその他附属施設

2014年10月22日受理

* 情報通信工学科 准教授

などからなる。

2.2 学内ネットワーク

本学の学内ネットワークである「基盤ネットワークシステム」は、大学全体の基幹 L3 スイッチ、主な建物に設置されている建物基幹 L2 スイッチ、エッジに配置されたフロア L2 スイッチの 3 階層の構成である。(図 1)。フロアスイッチから各部屋へは、1 Gbps の帯域で接続できる。

八木山キャンパスと長町キャンパスの 2 キャンパスは、自営のシングルモード光ファイバーで接続されている。キャンパス間の通信帯域は 10 Gbps である。

学内ネットワークでは、サーバやルータ、プリンタなどは、固定 IP アドレスが付与されている。一般的なパソコンなどの端末は、DHCP によって IP アドレスが付与される。また、今のところ学内ネットワークと WAN の接続は、一部のサーバなどでは、WAN からの接続も許可しているが、原則として WWW 接続のみとなっており、PROXY を経由しての接続である。

食堂やロビーなどの共用スペースおよび教室では、学内ネットワークへの接続は MAC アドレス認証により、接続端末の制限をしている。各研究室や事務室で

は、学内ネットワークへの接続は、Web 認証により本学の関係者しか接続できないようになっている。しかし、研究室などで、ルータなどを設置している場合は、接続制限や認証の影響を受けずに端末などの接続が可能である。

無線 LAN のサービスは、学内の一部の場所でサービスを提供しており、全キャンパスでの接続サービスは行っていない。そのため、学生、教職員ともに学内ネットワークにおける無線 LAN の接続は、食堂やロビーなどでしか利用することができない。各研究室などで、自前の無線 LAN-AP の運用は許可しており、多くの無線 LAN-AP が稼働していると思われる。

2.3 WAN 接続

本学の WAN 接続回線は、本学学内 LAN から TOPIC²⁾、SINET³⁾ を経由してインターネットに接続されている(図 2)。現在 TOPIC とは商用の Ethernet 専用線サービスを利用して、仙台 NOC と八木山キャンパス間を接続している。

平成 27 年度からは、TOPIC を経由しての接続から、直接 SINET のデータセンターへの接続に変更する予定である。

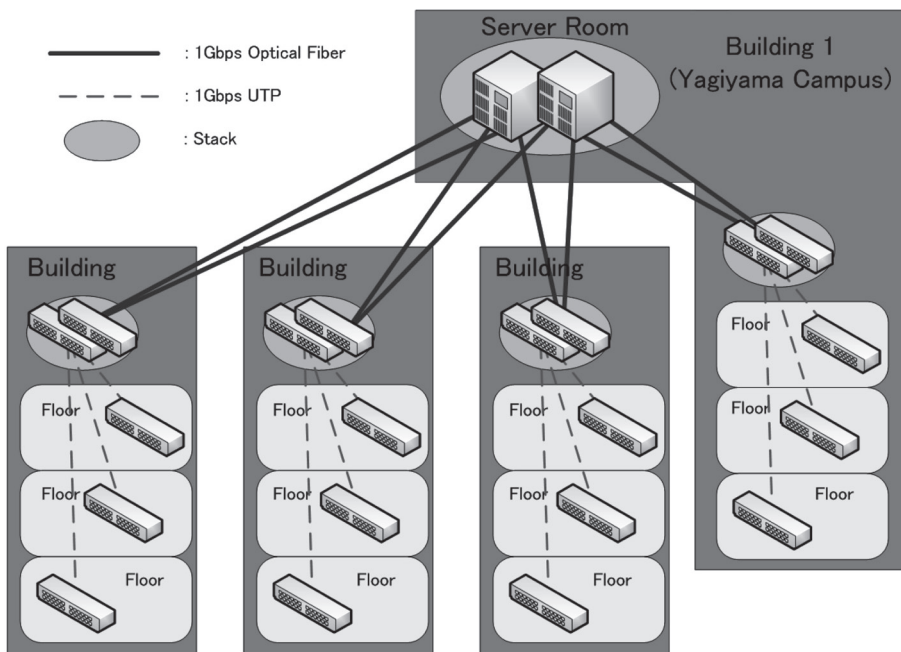


図1 基板ネットワークシステムの構成

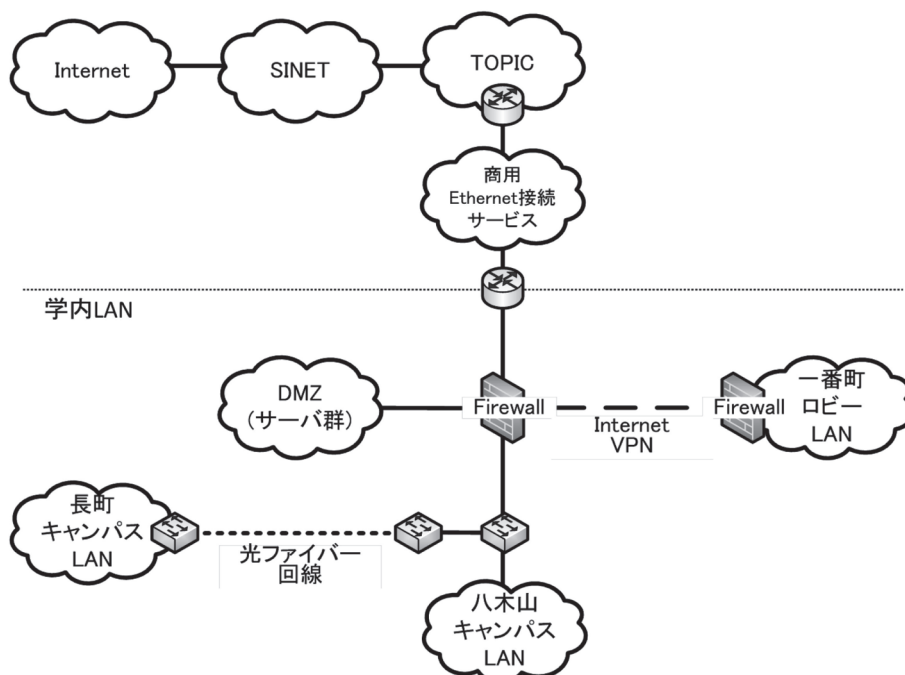


図2 学内ネットワークと WAN 接続の概要

現在は、TOPIC の NOC と本学の間は、上り下りとも 100 Mbps の帯域で接続されている。SINET のデータセンターに接続する際は、当初は 1 Gbps での接続を予定しているが、将来的には 10 Gbps への接続変更も視野にいて計画を立てる必要がある。

2.4 サーバ環境

現在本学の基幹サーバ群は、学内の DMZ にオンプレミスで設置されている。一部の学科の WWW サーバが学外ホスティングサービスを利用しているが、ほとんどのサービスは、学内 LAN に接続されているサーバから提供されている。

パブリッククラウドや、SINET 直結のデータセンターなどの利用は現在のところほとんど無いため、WAN と学内ネットワーク間の回線帯域はそれほど広帯域でなくても十分であると考えられる。

3. WAN 接続のトラフィック測定

3.1 トラフィックの測定

本学の現在の WAN 接続について、トラフィックア

ナライザおよびキャリアによる専用線サービスの管理サービスを用いて、トラフィックを測定した。

トラフィックアナライザ⁴⁾では、1 sec 毎の bit/sec を測定した。トラフィックアナライザは、本学の WAN 側ルータの下流側と IPS の間に設置された L2 スイッチに設定した、ミラーポートと接続した (図 3)。学内ネットワークと WAN とのトラフィックについて、WAN から学内ネットワークへのトラフィックと学内ネットワークから WAN へのトラフィックの双方向の測定をおこなった。

専用線サービスの管理サービスでは、5 分および 30 分毎の bit/sec の平均値を得ることができた。グラフ表示による結果 (図 4) の他に、CSV ファイルで値を取得することもできる。

3.2 曜日によるトラフィックの比較

本学は土曜日と日曜日が休業日となっており、特別な行事がない場合は授業などは行われていない。そこで、平日と休日のトラフィックを比較するために、一週間のトラフィックを測定し、曜日毎に比較、検討した。

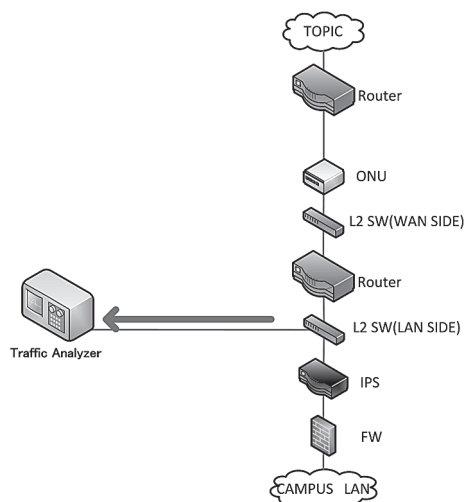


図3 基盤ネットワークシステムの概要

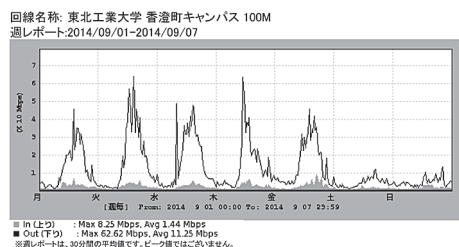


図4 専用線管理サービスのグラフ表示

トラフィックアナライザによる測定結果を、図5, 6に示す。図5は、WANから学内ネットワークへのトラフィックの測定結果を示す。図6は学内ネットワークからWANへのトラフィックの測定結果を示す。それぞれ、縦軸はトラフィック量をMbpsで示し、横軸

は時刻である。9月4日(木)から9月10日(水)までの一週間の測定結果である。学内ネットワークとTOPICとの専用線は、100 Mbpsの帯域である。よって、測定結果は、100 Mbpsを超えることはない。

また、より詳細なトラフィックの時間変化がわかるように、平日のデータとして9月4日(木)、休日のデータとして9月6日(土)の一日毎のグラフを図7~10に示す。それぞれの日毎に、トラフィックアナライザでの測定値である。縦軸はトラフィック量をMbpsで示し、横軸は時刻である。図7と図9は、WANから学内ネットワークへのトラフィックを示し、図8と図10は学内ネットワークからWANへのトラフィックを示す。

図5, 6において、トラフィックを測定できていない時間帯があった。特に9月8日(月)と9月9日(火)の日中帯に顕著に現れている。原因については不明であるが、当日インターネット接続サービスに障害は発生しておらず、トラフィックアナライザまたはミラーポートに関係していると考えられる。

最大値は規格では100 Mbpsとなっているが、実際は98 Mbpsの値となっている。特にWANから学内ネットワークへのトラフィックでは、ほぼ最大値の値が測定されているが、長くても1, 2分の継続であった。

WANから学内ネットワークへのトラフィックおよび学内ネットワークからWANへのトラフィックのどちらも、曜日によらず一日の中では日中帯のトラフィックが多く、夜間のトラフィックが少なくなっていることが分かる。これは、本学は業務日、休業日のどちらも日中帯は教職員および学生が出勤、通学して学内に利用者が増えること示しており、夜間は利用者が減ることを示している。日本のプロバイダのトラフィック量は夜間に増加する傾向がある⁵⁾ ことに比べ

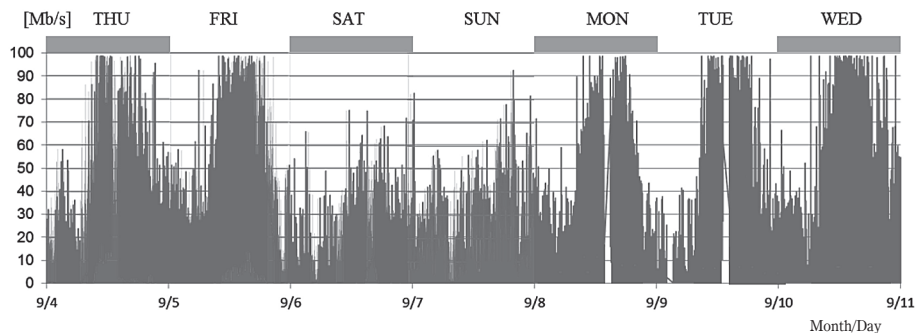


図5 9/4(木)から9/11(水)までのWAN→学内ネットワークのトラフィック

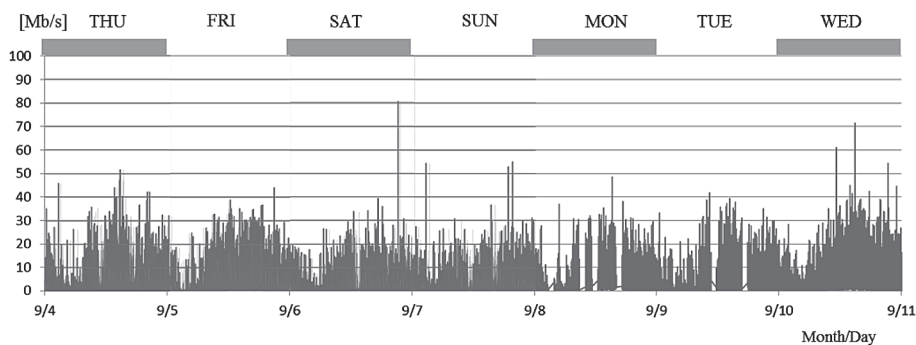


図6 9/4 (木) から 9/11 (水) までの学内ネットワーク→WAN のトラフィック

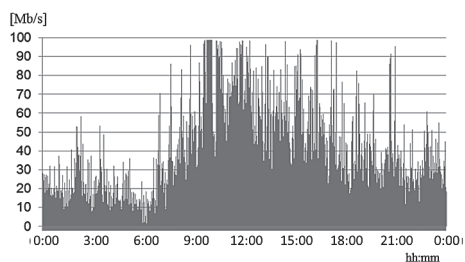


図7 9月4日(木)のトラフィック(WANから学内ネットワーク)

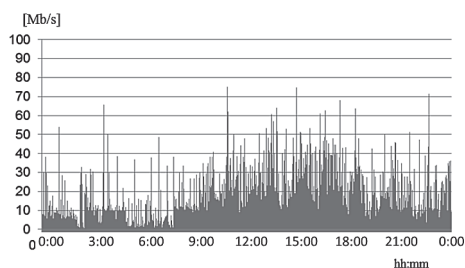


図9 9月6日(土)のトラフィック(WANから学内ネットワーク)

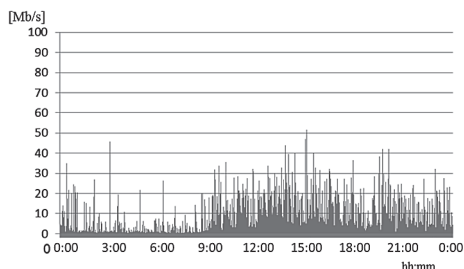


図8 9月4日(木)のトラフィック(学内ネットワークからWAN)

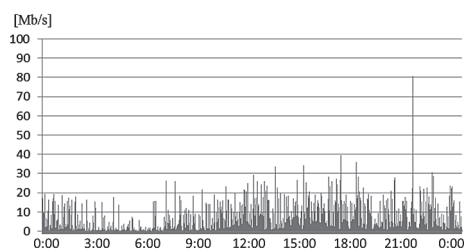


図10 9月6日(土)のトラフィック(学内ネットワークからWAN)

ると、休日も含めて夜間に学内にネットワークの利用者が減少することが本学ネットワークの特徴といえる。

曜日での比較では、本学が休業日となる土日のトラフィックが減少していることが分かる。特に日中帯のトラフィックの減少が、休業日で大きい。また、平日では6時ごろからトラフィックが増加しはじめ17時ごろから減少する傾向にある。本学の授業は、1講時目が8時50分から開始され、4講時目が16時10分

に終了する。また、勤務時間は8時30分から17時15分までとなっている。平日の日中帯のトラフィックの変化は授業や業務時間と関係が大きいと考えられる。また、土曜日にも全体のトラフィック量は少ないが同じような傾向が見られることから、土曜日にもある程度の利用者が学内にいることがわかる。

3.3 授業の有無による変化

図5,6で示した9月4日(木)から9月10日(水)

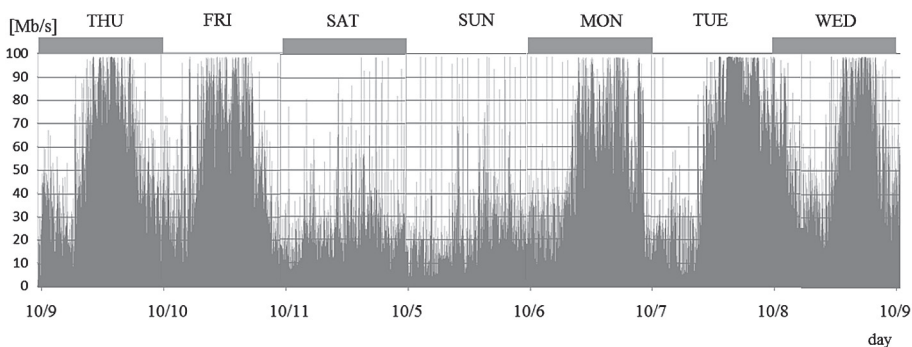


図11 9月6日(土)のトラフィック(学内ネットワークからWAN)

までの一週間は、本学では後期の授業開始前の時期である。そのため、授業は行われておらず学内での学生数も比較的少ない時期である。そこで授業が行われている、10月5日(日)から11日(土)までの一週間について、同じくトラフィックアナライザで1sec毎のbit/secを測定した。曜日による違いがより顕著に現れているWANから学内ネットワークへのトラフィックについて、比較を行った。測定結果を図11に示す。縦軸はトラフィック量をMbpsで示し、横軸は時刻である。横軸の日については、図5と曜日の並びを同じくするため、10月9日、10日、11日の次に10月5日、6日、7日、8日と並び替えている。曜日の並びは図5と同じ木、金、土、日、月、火、水とした。

図5と図11を比較すると、特に大きな傾向の違いは見受けられない。

3.4 測定方法による測定値の比較

3.2では、トラフィックアナライザによる1sec毎のbit/secの測定値を示した。WAN接続のキャリアによる専用線サービスの管理サービスでは、30min毎のbit/secの平均値を得ることができる。これらの測定値から1sec毎の値と30min毎の値の比較をおこなった。図12に9月4日(木)のWANから学内ネットワークへのトラフィックの測定値を示す。薄いグラフがトラフィックアナライザによる1sec毎の測定値を示し、濃い折線が専用線サービスの管理サービスからの30sec毎の平均の値である。

1sec毎の測定値では、30min毎の測定値では現れないトラフィックの変化も測定できることがわかる。30min毎の測定値では最大でも60Mbps程度の値であるが、数秒から数分程度のバースティなトラフィック

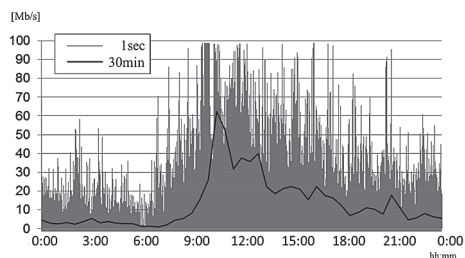


図12 1sec毎と30min毎の測定値の比較

クが常に発生しており、実際は最大値に達している時間が存在している。

3.5 イベント発生時のトラフィック

平成26年10月14日(火)に、台風19号の影響により、本学の講義がすべて休講となった。この時は、前日から台風の接近にともない、14日朝6時に本学のWebサイトやポータルサイトにてお知らせをすることをWebサイトで周知していた。この日のトラフィックについて、専用線サービスの管理サービスから5分毎の平均トラフィックを図13, 14に示す。それぞれ比較対象として、特にイベントなどがなかった一週間前の同じ曜日(10月7日)のトラフィックも示した。図13は学内ネットワークからWANへのトラフィックを示し、主に学内の大学Webサーバやポータルサイトのサーバから学外の端末などへのトラフィックと考えられる。図14はWANから学内ネットワークへのトラフィックを示し、学外のWebサーバなどへの学内の端末からのトラフィックと考えられる。

図13を見ると、休講の掲示をWebサイトおよびポ

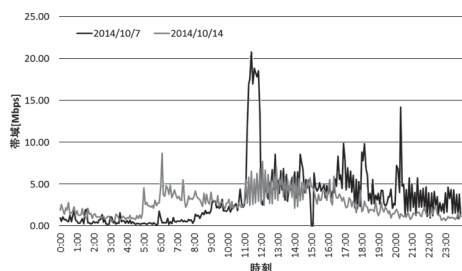


図 13 台風による休講日のトラフィック比較 (学内ネットワークから WAN)

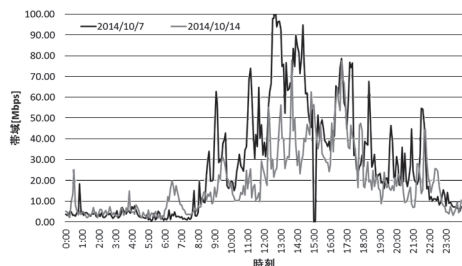


図 14 台風による休講日のトラフィック比較 (WAN から学内ネットワーク)

タルサイトに掲載した 6 時にトラフィックが増えており、その時刻の前後のトラフィックも特にイベントがなかった日と比べて増加している。6 時前後を除くと台風の日には特に日中帯のトラフィックが少ないことがわかる。これは、学内にいる学生や教職員が少ないためと考えられる。図 14 でも同様に、日中帯のトラフィックは少なくなっている。

4. 広帯域化に関する考察

現在の本学の WAN 接続について、広帯域化の必要性について考察を行う。

現在の本学の WAN 接続は 100 Mbps の規格であり、実際に測定されるトラフィックの最大値は約 98 Mbps であった。よって、98 Mbps のトラフィックの場合は通信能力の限界に達しているとみなすことができる。3 章の結果より、1 sec 毎の詳細なトラフィック測定値では限界に達している時刻もあるが、数分間の平均値では 70 Mbps 程度の値が最大値となる。98 Mbps 以上という限界値の値も数分続くことはなく、バースト的なトラフィックが多く発生していることがわかった。

実際に、WAN 接続が遅くなったり帯域不足による障害が発生したという報告などはこれまでのところない。本学では業務サーバなどの学外クラウドなどへの設置は実施していないため、WAN 接続のトラフィックは多くが WWW であると考えられる。このため帯域不足の場合でも、数秒程度の一時的な通信障害や、TCP による再送により学内ユーザは業務に支障がでるようなことになっていないからだと思われる。

しかし瞬間的にでも、98 Mbps 以上のトラフィックが発生しているということは、通信能力の限界まで達していることである。そこで各曜日毎の一日のトラフィックの最大値を表 1 に示す。それぞれ WAN から学内 LAN への通信に関する値である。9 月の値は図 5 とおなじ 9 月 4 日から 10 日までであり、10 月の値は図 11 に対応した 10 月 5 日から 11 日の期間である。授業の無かった 9 月の期間では土日は限界に達していないが、授業がある 10 月の期間では、土日も限界に達していたことがわかる。また、表 1 と同じ期間について、曜日毎に 98 Mbps 以上の値の測定値の数を調べた (図 15)。その結果、9 月に比べ 10 月の方がすべての曜日で、限界に達していた値の数が多いことがわかった。これらから、学内のネットワーク利用者数が増えると、WAN 接続回線の限界に達している時間が増えることがわかる。特に平日ではその時間が多くなる。また、一定時間の平均値によるトラフィック計測などでは、これらのバースティなトラフィックは測定することができないことがわかった。

表 1 一日毎のトラフィックの最大値 [Mbps]

	木	金	土	日	月	火	水
9 月	98.7	98.6	75.1	92.3	98.6	98.6	98.7
10 月	98.7	98.6	98.7	98.7	98.7	98.6	98.7

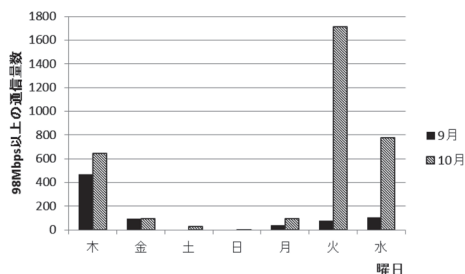


図 15 一日毎の 98 Mbps 以上のトラフィックの回数

台風による休講のWeb掲載という、学内サーバへのアクセスが急増するイベントが発生した時でも、学内ネットワークからWAN接続のトラフィックは10 Mbps程度であり、通信帯域を圧迫することはないことがわかった。休講のお知らせはWebサイトへの掲示のため、コンテンツとしての容量は通常時の本学のWebサイトやポータルサイトの閲覧と同じである。そのため、動画を学内サーバで公開したり、教務システムによる授業登録などの場合は、もっと多くのトラフィックが発生することが予想される。ネットワーク上のコンテンツの容量は増加する傾向にあるため、今後他のトラフィックの増大が予測されるイベントにおいて、トラフィック計測を続けることが必要である。

以上より、現在の本学のWAN接続のトラフィックは、瞬間的に98 Mbpsというほぼ最大値に達していることがわかった。また1,2分この状態が継続することもあることがあり、短時間ではあるがWAN接続の帯域が不足しているといえる。WAN接続の需要は今後も増え続けると見込まれることから、より長時間トラフィックが最大値に達するようになることが予測できる。まだ影響は明確に現れていないが、現在のWAN接続帯域では、今後帯域不足による障害が発生することが考えられる。

5. ま と め

本学のWAN接続のトラフィックについて、詳細な測定を行い、その結果から本学のWAN接続の広帯域化について検討をおこなった。その結果、瞬間的ではあるがトラフィックがほぼ最大値に達していることがわかった。

現在のように学内ネットワークにサーバを設置し、学外とのサーバの通信が発生しない環境では、100 Mbps程度の帯域でも大きな問題は発生していないことがわかった。また、台風による休講のWebに

よる連絡時など、学内サーバへのアクセスの集中による帯域不足も発生していない。

しかし、今後は学内LANに接続される端末の増加やコンテンツの大容量化が見込まれるため、さらにWAN接続の需要の増加が見込まれており、トラフィックが最大値に達する時間が長くなることを見込まれる。さらにクラウドメールの導入や、ストレージの学外からの利用サービスなど、WANと学内ネットワークのトラフィックを増加させるサービスの提供が予定されているため、現実的にはそれらのサービス提供開始に合わせて、WAN接続の広帯域化が必要であると思われる。

ネットワークシステムの管理運営および本論文の作成に協力していただいた、東北工業大学情報センターの黒澤佳利氏、早川修司氏、佐々木宏幸氏に感謝いたします。

参 考 文 献

1. 松田勝敬, 鈴木健一, 中山英久, 河野公一, 角田裕, 工藤栄亮: 東北工業大学基盤ネットワークシステムの更改, 東北工業大学紀要I理工学編, 第33号, (March 2013), pp.69-76.
2. 東北学術研究インターネットコミュニティ: TOPIC, <http://www.topic.ad.jp/>.
3. 国立情報学研究所: Science Information Network — SINET4 (学術情報ネットワーク, サイネット・フォー), <http://www.sinet.ad.jp/>.
4. アンリツ株式会社: データクオリティアナライザ MD1230B, <http://www.anritsu.com/ja-JP/Products-Solutions/Products/MD1230B.aspx>.
5. 総務省: 平成26年度版情報通信白書, <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h26/index.html>.