

学校内ネットワーク環境における多機能ゲートウェイサーバの性能評価

牧野晋[†] 久保美和子[†] 大塚秀治[†] 柴田昌彦[‡] 松本彰夫[‡] 林英輔[†]

[†]麗澤大学国際経済学部 [‡]麗澤大学情報システムセンター

概要

柏インターネットユニオン(KIU)が行ってきた学校教育用ネットワークに関する実践活動において、筆者らは、校内 LAN を教室系と職員室系に分割し、安全に利用できるネットワーク環境を提案してきた。これを実現するために、PC-UNIX を用いた経済性の高い多機能ゲートウェイサーバを試作し、実際の学校ネットワーク環境にて運用している。運用データに基づき、この多機能ゲートウェイサーバの機能拡張を行ってきたが、機器の仕様や動作させるソフトウェアの違いによって、性能にも差が生じていることが考えられる。そこで、本報告では、これらのゲートウェイサーバの性能、特に、キャッシュ能力とパケット転送能力等について性能評価を行い、学校教育用ネットワーク環境を向上するために必要な機器構成について検討する。

Performance Evaluation of Multi-function Gateway Server for School Education Network

Susumu MAKINO, Miwako KUBO, Hideharu OHTSUKA,
Masahiko SHIBATA, Akio MATSUMOTO and Eisuke HAYASHI

Reitaku University

Abstract

In our activity on the network for school education that the Kashiwa Internet Union (KIU) has performed, we have proposed dividing school LAN into two subnets, a network for students and a network for teachers. This is consideration of the network environment that can be used safely. In order to realize this, the prototype system of multi-function gateway server using PC-UNIX was developed as an experiment. These systems are applying in the Kashiwa School Education Network environment. In this paper, we describe evaluation results of performance of these prototype systems, especially a performance of cache (squid), a transmission performance as router, and so on.

1. はじめに

「教育の情報化」推進の流れや、全国で展開されている学校インターネットプロジェクトなどを通して、学校でのインターネット活用は、実用段階へと移行しつつある。千葉県柏市では、特定非営利活動法人柏インターネットユニオン(KIU)と柏市の協力関係のもと、地域教育ネットワークの構築と運用が行われている[1]。

柏市の学校ネットワークでは、授業での一斉

利用に対応するため、構築の当初から PC-UNIX を用いたキャッシュサーバを導入してきた。また、KIU では校内 LAN を教室系と職員室系の 2 系統に分割することを推奨しており、この PC-UNIX にルータ機能を持たせることでこれを実現している。さらに、ディスクトラブル等による停止時間の短縮と復旧に関わる運用コスト低減のためのシステム変更等を行ってきた。筆者らは先の報告[2]で、この多機能ゲートウェイサーバの機能と運用デ

ータについて報告した。ゲートウェイサーバの転送能力的には、i486 クラスの PC でも実用に耐えることが示されているが、ここで検討された転送能力は、単に IP forwarding 能力についてであり、他のアプリケーションを動作させた多機能ゲートウェイ全体の性能を調査したものではない。従って、これらの視点からの検討が必要である。

現在では、柏市のコンピュータ教室整備計画に基づいて整備された PC を多機能ゲートウェイサーバとして使用している。しかし、一部には KIU から貸与された古いタイプの PC も残る。導入時期によって機器の H/W 仕様が異なるケースもある。さらに、当初に配置したシステムと昨年配置したシステムでは、動作させているサーバ機能が異なる。機器の H/W 構成や S/W の違いによって性能に差が生じているので、その詳細を検討しておく必要がある。

そこで、本報告では、これらの多機能ゲートウェイサーバの性能、特に、キャッシュ能力とパケット転送能力について性能評価を行い、比較検討を行った。この結果から、学校で必要とされる情報環境を実現するために必要な機器構成について検討した。

2. 多機能ゲートウェイサーバの構成

2-1. プロトタイプ 1

図 1 が、柏市の学校で構築されているネットワーク概念図である。多機能ゲートウェイサーバは、教室系と職員室系のネットワークを中継する装置として配置される。

プロトタイプ 1 は、2 枚の NIC を持つ PC で、OS は、FreeBSD 3.2R である。プロトタイプ 1 は、以下の機能を有する。

- 1) IP ルータ
- 2) キャッシュサーバ (squid)
- 3) ネームサーバ (bind8)
- 4) メールサーバ (sendmail、qpopper)
- 5) ユーザ登録用ツール (独自開発)
- 6) アクセス制御・ネットワーク監視 (tcp-wrapper、tcpdump、syslog 等)

現在、プロトタイプ 1 には、大別して下記の構成のシステムが混在する。

- CPU:i486-DX4、Memory:24MB、NIC:ISA

NE2000 互換、HDD:IDE 540MB

- CPU:AMD-K6 266MHz、Memory:32MB、NIC:ISA NE2000 , PCI Intel EtherExpress Pro10/100B 互換、HDD:E-IDE 3GB
- CPU:AMD-K6 350MHz、Memory:64MB、NIC:PCI Intel EtherExpress Pro10/100B 互換、HDD:E-IDE 4.3GB

2-2. プロトタイプ 2

プロトタイプ 2 は、プロトタイプ 1 の機能に加え、以下の機能を有する。システム復旧用の HDD 追加が行われた他、職員室系のプライベートアドレス化に対応するための機能などが追加されている。

- 1) HDD × 2 (2 本目 HDD より起動可能)
- 2) NAT (ip-firewall)
- 3) DHCP (ISC dhcp)
- 4) SNMP (UCD snmp)

プロトタイプ 2 は、2000/10 以降に配備されているシステムで、下記の構成である。

- CPU:Pentium 133MHz、Memory:24MB、NIC:ISA NE2000 互換、HDD:E-IDE 1GB
- CPU:AMD-K6 533MHz、Memory:64MB、NIC:PCI Intel EtherExpress Pro10/100B 互換、HDD:E-IDE 10GB
- CPU:Celeron 766MHz、Memory:64MB、NIC:PCI Intel EtherExpress Pro10/100B , RealTek 8139 10/100、HDD:E-IDE 40GB (2001/9 以降配備予定)

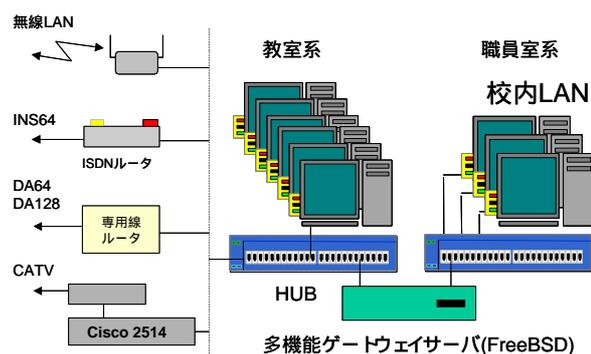


図 1 柏市学校のネットワーク概念図

3. 性能評価実験

以上のように、現在、多機能ゲートウェイサーバとして用いているシステムは、H/W、S/W 上の構成が異なっている。そこで、実際に配備されているものとほぼ同様の構成を持つ 3 種

類のシステムを用意し、性能評価実験を行った。性能評価は、主にキャッシュ性能、及び、転送能力の面から検討した。実験に使用した多機能ゲートウェイサーバのH/W構成を示す(表1)。S/Wの構成は、プロトタイプ2と同様である。

3 - 1 . キャッシュ性能

3 - 1 - 1 . 方法

キャッシュ性能の評価には、IRCache の Web Polygraph[3] (ver.1.3.2) を使用した。本実験では、Web Polygraphを用いて Compaq 社が実施したベンチマークテスト[4]と同様のスクリプトを用いて実験を行った。IRCache の PolyLab では、1999 年以来、Cache-off と呼ばれるキャッシュ性能比較が行われているが、本実験は、この中で最初に行われた Polymix-1 テストとほぼ同様のテストである。

Polymix-1 では、1 台の Web サーバシミュレータと 1 台のクライアント (Web ブラウザ) シミュレータを用いる。性能評価に用いるシステムと 2 台のシミュレータは、同一のスイッチング HUB (Catalyst 2912 XL) に接続されている。スクリプト実行時に、クライアントシミュレータから Web サーバシミュレータに対する 1 秒間あたりのリクエスト数をパラメータとして与えて変化させ、性能評価のためのデータを測定した。

本実験では、表 1 の 3 タイプのシステムに対して、それぞれ、リクエスト数を 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 80 req/sec と変化させて測定を行った。なお、スクリプト内で、コンテンツキャッシュ率は全体の 80%、ドキュメントヒット率は 55%と仮定している。実験時間は、1 試行あたり 30 分としたが、エラー発生率が 50%に到達した時点で試行は終了する。

3 - 1 - 2 . 結果と評価

1 秒あたりのリクエスト数と、それに対する応答数、平均応答時間、応答されたドキュメン

トへのヒット率、エラー発生率を、システム毎にまとめて図示した (図 2)。Type2、Type3 では、NIC の速度が選択できるが、ここでは比較のために 10Mbps の場合のみを示した。

図 2 から、システムのキャッシュ性能は、Type1 とそれ以外のシステムに大別されることが見てとれる。

Type1 の場合、リクエスト数が 30req/sec を越えるとエラーが 50%に達しており、30 分間のデータが取得できていない。応答数については、参考データとして 50req/sec まで示したが、Type1 ではリクエスト数が増えても、せいぜい 10 応答/sec 程度の応答能力しかないことがわかる。また、応答時間についても、Type1 では 15req/sec を越える頃から応答時間の急激な増加が見られ、15req/sec では 30 秒以上の時間がかかっている。ヒット率は、キャッシュサーバが満足できる性能を発揮した場合 55%程度のヒット率を返すが、Type1 の場合、20req/sec では、32.6%のヒット率しか得られない。

本実験では、リクエストは 1 台のクライアントシミュレータから連続して発せられているので一概には言えないが、教室での同時利用が約 40 台であることを考えると、ピーク時には、40req/sec 程度のリクエストは発生するものと思われる。従って、キャッシュサーバとして利用するには、Type1 クラスのシステムでは実用に耐えない可能性がある。

ただし、教室での利用では、教員が事前にコンテンツを取得しておき (キャッシュ率 100%) クライアントからは同一のコンテンツが参照される (ヒット率が上がる) 場合が多い。そこで、Type1 について、キャッシュ率を 95%、ヒット率 90%でシミュレートして測定してみた。このようにすると、先の条件で 20req/sec の時点、48.8%に達していたエラーが 0%となり、平均応答時間 : 79.19 秒 0.73 秒、ヒット率 : 32.56% 89.66%と性能が回復した。すな

表 1 性能評価を行った機器のハードウェア構成

	Type1	Type2	Type3
ベース	HITACHI FLORA-DM1	Fujitsu FMV5350ML3	Fujitsu FMV6766ML7c
CPU	Pentium 100MHz	AMD-K6 350MHz	Celeron 766MHz
Memory	32MB	64MB	64MB
NIC	ISA NE2000互換 × 2	PCI Intel EtherExpress Pro10/100B互換 × 2	PCI Intel EtherExpress Pro10/100B互換 × 1 PCI RealTek 8139 10/100互換 × 1
HDD	1GB (Quantum Fireball 1080A)	4.3GB (Maxtor 9043D2)	40GB (Fujitsu MPG3409ATE)

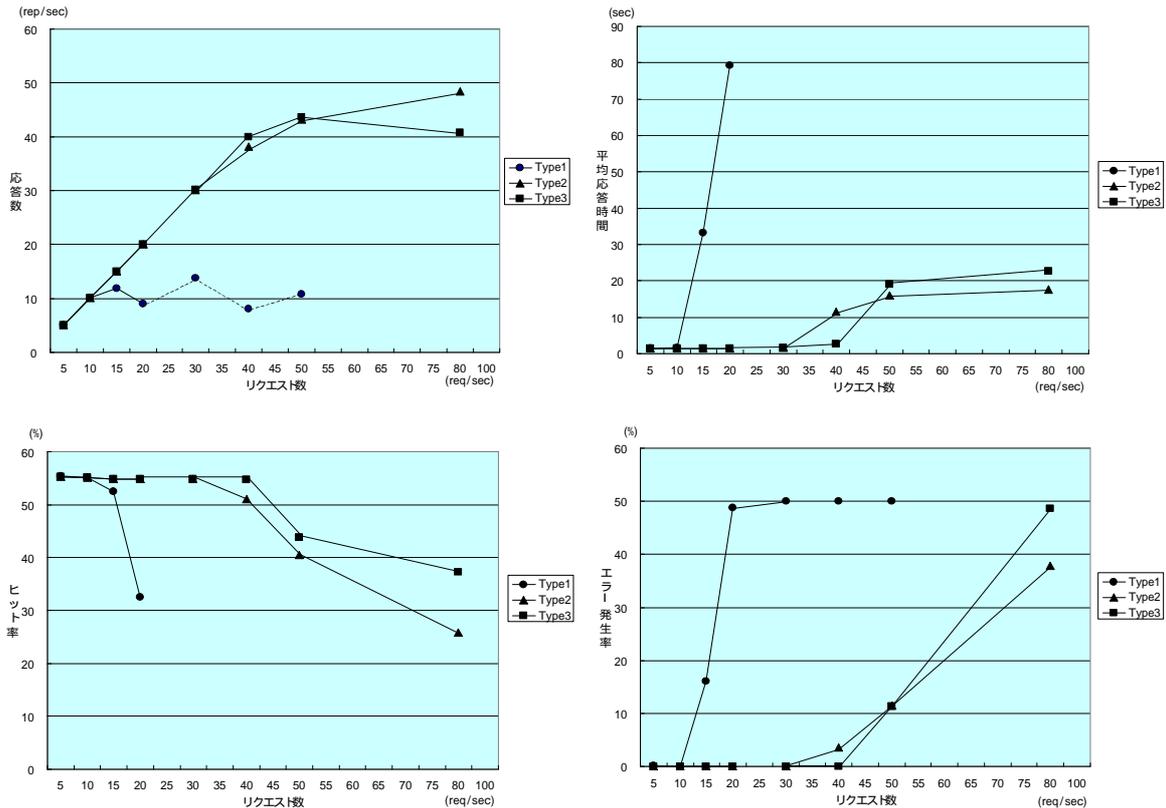


図2 Web Polygraphによるキャッシュ性能

わち、あらゆる場面で十分な性能を持つとは言い難いが、利用形態によっては使用可能な場合もあると言える。

柏市では、今夏、学校を会場としたIT講習会¹が開催された。ここで、これまで授業での利用では問題とならなかったWebアクセスの遅さが一部の学校で問題となった。本実験でも示された通り、キャッシュの性能はキャッシュ率やドキュメントヒット率に関連しており、常に異なるURLが参照されるような、IT講習会のような場面では、性能の良いキャッシュサーバが必要となることが示唆される。

一方、Type2、Type3では、わずかにType3のほうが性能は良いが、ほぼ同程度の性能を持つ。40req/sec程度の処理に耐えられる、キャッシュサーバとして実用に足る性能を有することがわかった。

これらの性能差が生じている原因として、CPU処理能力、ディスクI/Oなどの要因が考えられるが、このうち、ディスクI/Oの影響に

ついて調べた。ファイルシステムベンチマークテスト、Bonnie^[5](ver.1.0)を用い、100MBのサイズでテストしたところ、Type3 Type2

Type1の順に性能が高かった(表2)。ディスクI/Oは、キャッシュの性能に関係していると考えられる。

次に、Type2とType3に関しては100MbpsのNICを持つので、NICの速度の違いによるキャッシュ性能の差を検討するために、Type3のNICを10Mbpsと100Mbpsに設定して測定を行った(図3)。

図3から明らかな通り、NICを100Mbpsに設定した場合のほうがキャッシュ性能は向上した。10Mbpsのときと比較すると、50req/secまではエラーがなくなり、応答速度とヒット率の向上が認められた。よりH/Wスペックの高いType3であっても、80req/secになるとエラーは23.30%と多くなるが、それでも10Mbpsのときの約半分程度で応答が返っている。しかし、リクエスト数がここまで多くなると、条件に設定した55%のヒット率は維持できない。

以上のように、NICの速度の違いによって

¹ IT基礎技能講習。(社)日本教育工学振興会のWeb、<http://www.japet.or.jp/syoseki/itttext.htm>等参照。

表2 ディスク I/O 性能

Machine	MB	-----Sequential Output-----						---Sequential Input---				--Random--	
		-Per Char-		--Block---		-Rewrite--		-Per Char-		--Block---		--Seeks---	
		K/sec	%CPU	K/sec	%CPU	K/sec	%CPU	K/sec	%CPU	K/sec	%CPU	/sec	%CPU
Type1	100	1757	60	3244	25.2	1420	21	1765	53.6	2566	18.7	53.9	4.5
Type2	100	3961	33.1	5300	17	2215	6.2	3760	27.9	3957	6.4	94.3	2
Type3	100	2734	9.2	2884	3.9	1391	2.1	2656	11.5	2705	2.8	104.7	0.9

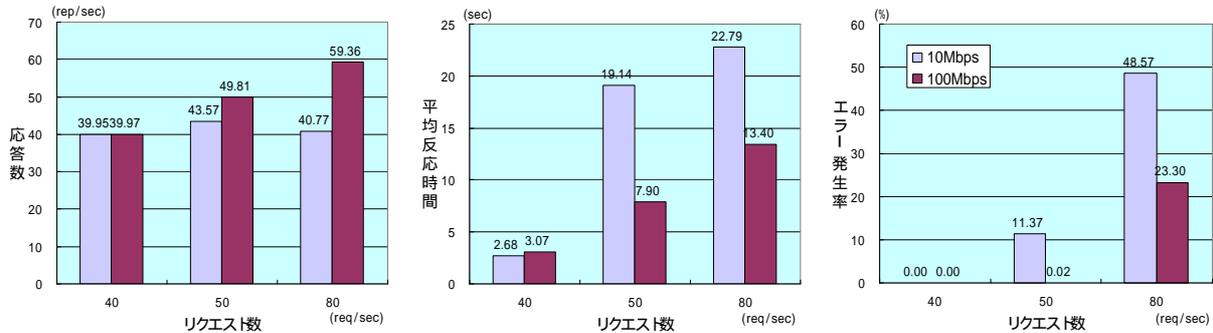


図3 NIC 転送速度によるキャッシュ性能の違い (Type3)

もキャッシュ性能には差が出ることが見出された。最近ではクライアントに標準で装備される NIC 性能も向上している。キャッシュサーバがそれに見合った性能を持たないと、逆に全体としてのスループットが上がらないということになる。キャッシュサーバには、PCI I/F 100Mbps の NIC を搭載したシステムが最低限必要であると言える。

3 - 2 . 転送能力

3 - 2 - 1 . 方法

次に、多機能ゲートウェイサーバの性能として、ルータとして動作させた場合の転送能力について実験を行った。本研究では、他の S/W を動作させた場合の性能を評価するため、キャッシュ性能評価に用いた 3 種類のシステムについて、表 3 に示す 5 条件における転送性能の測定を行った。squid の負荷の有無は、ダウンロード支援ツールである Wget[6]を用い、実際に squid に処理を行わせるか否かの違いである。

転送性能の測定には、ネットワーク性能ベンチマークソフトウェアである、Netperf[7] (ver.2.1pl3) を用いた。各条件について、10 回ずつの転送テストを行い、転送能力についてのデータを収集した。Receive Socket Size、Send Socket Size、Send Message Size は、各々 16,384 バイトである。図 4 に、実験で使

用した環境の概念図を示す。

3 - 2 - 2 . 結果と評価

測定結果について条件別に平均値と標準偏差を算出し、各条件における転送速度を求めた。

NIC の設定が 10Mbps の場合 (図 5)、100Mbps の場合 (図 6) について図に示す。なお、Type1 については、squid に負荷をかけた状態ではデータを取得することが不可能であった。これは、netperf による転送が行われていると、システムが処理待ちになり、squid の動作が一時停止してしまうという状態にな

表3 転送性能実験の条件

条件1	負荷なし(基準)
条件2	NAT動作
条件3	NAT動作+squid動作 (負荷なし)
条件4	NAT動作+squid動作 (負荷あり)
条件5	squid動作 (負荷あり)

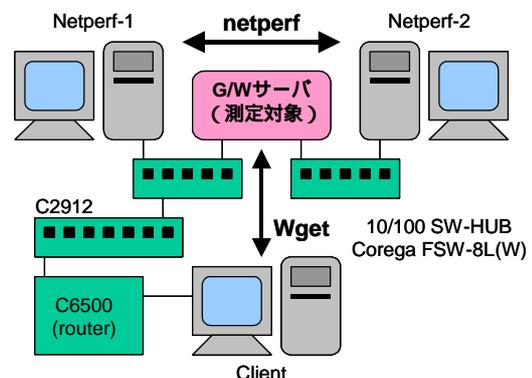


図4 転送性能実験概念図

ったためである。

図5から、転送能力については、キャッシュ性能の場合と同様、Type1での性能が最も低い。この性能差には、過去の研究[2]にある通り、CPU性能の他に、I/Oバスの影響がある。

ここで、NATを動作させた場合に、性能の違いがより顕著となった。Type1ではNATを動作させると、転送能力が20%程度下がった。10Mbpsの条件で、この傾向は他のシステムでは認められない。

しかし、図6(100Mbps条件)を見ると、NATを動作させることで、Type2において転送能力が35%程度も低下している。この性能低下はType3では認められない。Type2とType3は、CPU以外の要件はほぼ同様の構成なので、CPUの処理能力の違いが影響を与えていると考えられる。squidに負荷をかけただけの条件5では、多少の性能低下はあるものの、両者の違いはあまり認められない。NATを動作させることでの性能への影響は大きい。

NATを動作させ、かつ、squidに負荷をかけた状態(条件4)でのType2の転送能力は、約半分になら落ちてしまう。プロトタイプ2

では、他にも動作するサーバ機能があるので、処理が集中した場合に、さらに性能は低下する可能性がある。従って、100Mbpsのネットワークで多機能ゲートウェイサーバを動作させる場合には、可能な限りType3クラス以上のシステムを用いることが望ましい。しかし、Type2クラスであっても、NATだけならば、まだ50Mbps以上の転送能力はあるので、実用範囲の転送性能は有していると考えられる。

4. まとめ

本論では、学校ネットワークを構築する際に用いられる多機能ゲートウェイサーバの性能について、主にキャッシュ性能と転送性能の面から論じた。本研究の結果から、構成時のH/W要件、NAT動作時の性能低下、キャッシュサーバ機能については機能を分散したほうがよいこと、などが示された。本稿での知見を踏まえ、より実際の環境に近い状態でのシミュレーションを行う等して、さらに多機能ゲートウェイサーバについてのデータ収集を行うと共に、学校教育用ネットワークのあり方について検討したい。

引用・参考文献

- [1] 牧野晋・大塚秀治・松本彰夫・久保美和子・高辻秀興・林英輔 他：地域情報化と地域ネットワーク，情報処理学会研究報告 2001-IM-38，Vol.2001，No.24，pp.25-32(2001.3)。
- [2] 牧野晋・大塚秀治・松本彰夫・久保美和子・林英輔：学校内ネットワークにおける多機能ゲートウェイサーバの実現，情報処理学会研究報告 2000-DSM-20，Vol.2000，No.113，pp.1-6(2000.12)。
- [3] <http://polygraph.ircache.net/>
<http://www.web-polygraph.org/>
- [4] Compaq Computer：Web Polygraphを使用したCompaq TaskSmart Cシリーズサーバのプロキシキャッシング評価とベンチマーク(1999.10)，
<http://www.compaq.co.jp/tec/whitepaper131.pdf>
- [5] <http://www.br.freebsd.org/ja/ports/benchmarks.html> 他
- [6] <http://seagull.cs.uec.ac.jp/~horiuc-m/wget.html>
- [7] <http://www.netperf.org/>
- [8] 木村義紀・小杉正貴・河崎哲男・米田政明・黒田卓・安宅彰隆：LAN環境におけるコンテンツサーバの設計と性能評価，情報処理学会研究報告 99-DSM-16，Vol.99，No.98，pp.7-12(1999.11)。

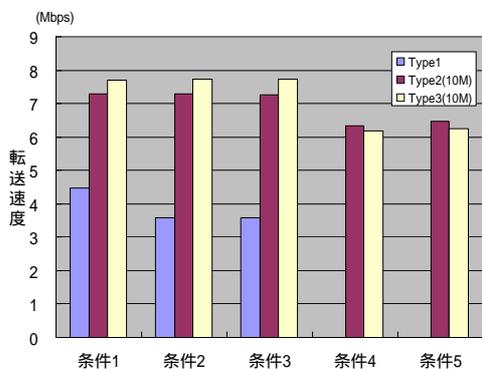


図5 netperf 性能 (10Mbps)

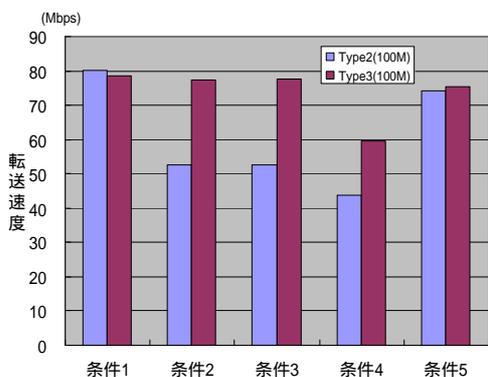


図6 netperf 性能 (100Mbps)