

Gigabit-Ethernet-Switches

# Schnell und intelligent im Netz

Kritische und wichtige Daten müssen auch in hochperformanten konvergenten Netzen bevorzugt behandelt werden, dafür sorgen Gigabit-Ethernet-LAN-Switches mit Datenpriorisierung. Wie schnell und intelligent solche Systeme sind, mussten sechs Exemplare in unseren Real-World Labs beweisen.

In vielen Ethernet-basierten Unternehmensnetzen sorgen Lastspitzen immer wieder dafür, dass es im Netz eng wird, und dann kommt es je nach Aus- und Überlastung zu teils erheblichen Datenverlusten. Aber auch andere übertragungstechnische Parameter, wie Latency oder Jitter, können – wenn sie gewisse Toleranzwerte überschreiten, weil beispielsweise das Netzwerk und seine Komponenten überfordert sind – zu Störungen einzelner Services oder auch der gesamten Kommunikation führen. Im Zeitalter konvergenter Netze, die Echtzeitanwendungen wie Voice- und Video-over-IP aber auch Produktionsteuerungsdaten in das klassische Datennetz integrieren, führen Datenverluste und andere Störungen in der Praxis zu empfindlichen Kommunikationsstörungen und Produktionsausfällen. So haben in realen Projekten schon mangelhaft priorisierende Switches ganze Call-Center außer Betrieb gesetzt.

## Auswirkungen von Datenverlusten

Bei klassischen Dateitransfers arbeitet das System mit möglichst großen Datenrahmen. Bei Echtzeit-Anwendungen teilt sich das Feld. Video-Übertragungen nutzen ähnlich den Dateitransfers relativ große Datenrahmen. Voice-over-IP bewegt sich dagegen im Mittelfeld. Messungen mit Ethernet-LAN-Phones der ersten Generation in unseren Real-World Labs haben beispielsweise



ergeben, dass diese Voice-over-IP-Lösung die Sprache mit konstant großen Rahmen von 534 Byte überträgt. Aktuelle Lösungen überlassen es dem IT-Verantwortlichen selbst festzulegen, mit welchen Frame-Größen die Systeme arbeiten sollen. Dabei sollte der IT-Verantwortliche berücksichtigen, dass der Paketierungs-Delay mit kleiner werdenden Datenrahmen kleiner wird. Dagegen wächst der Overhead, der zu Lasten der Nutzdatenperformance geht, je kleiner die verwendeten Pakete sind. Generell kann man bei der

IP-Sprachübertragung davon ausgehen, dass mittelgroße Frames verwendet werden. Und auch die meisten Web-Anwendungen nutzen mittelgroße Datenrahmen. Kurze Frames von 64 Byte sind dagegen beispielsweise bei den TCP-Bestätigungspaketen oder interaktiven Anwendungen wie Terminal-sitzungen zu messen.

Für eine realitätsnahe und aussagefähige Auswertung der Messergebnisse ist es darüber hinaus entscheidend zu wissen, welche Framegrößen in welchen Verteilungen in realen Netzwerken vorkommen. Die Analyse der Verteilung der Framegrößen, die für das MCI-Backbone dokumentiert sind, sowie die Ergebnisse der Analyse typischer Business-DSL-Links haben ergeben, dass rund 50 Prozent aller Datenrahmen in realen Netzwerken 64 Byte groß sind. Die übrigen rund 50 Prozent der zu transportierenden Datenrahmen streuen über alle Rahmengrößen von 128 bis 1518 Byte.

Für die Übertragung von Real-Time-Applikationen ist zunächst das Datenverlustverhalten von entscheidender Bedeutung. Für Voice-over-IP gilt beispielsweise: Ab 5 Prozent Verlust ist je nach Codec mit deutlicher Verschlechterung der Übertragungsqualität zu rechnen, 10 Prozent führen zu einer massiven Beeinträchtigung, ab 20

## Reportcard / interaktiv unter [www.networkcomputing.de](http://www.networkcomputing.de)

### Policy-based Switching

Feature	Gewichtung	D-Link DXS-3350SR	HP ProCurve Switch 5308x	Extreme Networks Summit 400-48T	Allied Telesyn AT-9924T	Dell PowerConnect 6024	SMC TigerSwitch 8648T
Strict-Priority-Switching Layer-2 Burst-Size 1	12,5 %	5	5	5	5	5	5
Strict-Priority-Switching Layer-2 Burst-Size 100	12,5 %	3	3	2	2	1	2
Bandbreitenmanagement Layer-2 Burst-Size 1	12,5 %	5	5	4	4	4	2
Bandbreitenmanagement Layer-2 Burst-Size 100	12,5 %	5	5	4	4	4	2
Strict-Priority-Switching Layer-3 Burst-Size 1	12,5 %	5	3	5	5	5	5
Strict-Priority-Switching Layer-3 Burst-Size 100	12,5 %	3	3	1	2	1	2
Bandbreitenmanagement Layer-3 Burst-Size 1	12,5 %	5	4	5	4	4	2
Bandbreitenmanagement Layer-3 Burst-Size 100	12,5 %	5	4	5	4	4	2
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>100 %</b>	<b>4,50</b>	<b>4,00</b>	<b>3,88</b>	<b>3,75</b>	<b>3,50</b>	<b>2,75</b>
A>=4,3; B>=3,5; C>=2,5; D>=1,5; E<1,5; Die Bewertungen A bis C beinhalten in ihren Bereichen + oder -;		<b>A-</b>	<b>B+</b>	<b>B</b>	<b>B-</b>	<b>B-</b>	<b>C</b>
Gesamtergebnisse und gewichtete Ergebnisse basieren auf einer Skala von 0 bis 5.							

Zur Report-Card-Wertung: Um die Flut der Messergebnisse in eine Report-Card verdichten zu können, mussten wir einen Algorithmus definieren, der eine in Bezug auf eine generelle, anwendungsunabhängige Echtzeitfähigkeit aussagefähige, relevante und trennscharfe Ergebnisbewertung ermöglicht. Bewertet haben wir die Differenz zwischen den zu erreichenden Sollwerten und den gemessenen Testergebnissen. Hierzu haben wir in den jeweiligen Disziplinen den jeweiligen Mittelwert der Abweichungen errechnet und nach folgendem Schlüssel bewertet: Abweichung vom Sollwert <= 5% = 5, >5% = 4, >10% = 3, >20% = 2 und >30% = 1.

## Info

**Das Testfeld****Gigabit-Ethernet-Switches**

- ▶ Allied Telesyn AT-9924T
- ▶ Dell PowerConnect 6024
- ▶ D-Link DXS-3350SR
- ▶ Extreme Networks Summit 400-48T
- ▶ HP ProCurve Switch 5308x
- ▶ SMC TigerSwitch 8648T

Prozent Datenverlust ist beispielsweise die Telefonie definitiv nicht mehr möglich. So verringert sich der R-Wert für die Sprachqualität gemäß E-Modell nach ITU G.107 schon bei 10 Prozent Datenverlust um je nach Codec 25 bis weit über 40 Punkte, also Werte, die massive Probleme im Telefoniebereich sehr wahrscheinlich machen. Auf Grund ihrer Bedeutung für die Übertragungsqualität haben wir daher das Datenrahmenverlustverhalten als primäres K.O.-Kriterium für unseren Test definiert. Die Parameter Latency und Jitter sind dann für die genauere Diagnose und weitere Analyse im Einzelfall wichtig. Sind jedoch die Datenverlusten von Hause aus schon zu hoch, können gute Werte für Latency und Jitter die Sprachqualität auch nicht mehr retten. Dafür, dass es zu solchen massiven Datenverlusten im Ethernet-LAN erst gar nicht kommt, sollen entsprechend gut funktionierende Priorisierungsmechanismen sorgen. Bei entsprechender Überlast im Netz sind Datenverluste ganz normal, jedoch sollen sie durch die Priorisierungsmechanismen in der Regel auf nicht echtzeitfähige Applikationen verlagert werden. Arbeitet diese Priorisierung nicht ausreichend, kommt es auch im Bereich der höher priorisierten Daten zu unerwünschten Verlusten.

**Qualitätssicherungsmechanismen**

Um solchen Problemen vorzubeugen rüsten die Ethernet-Hersteller ihre Switches mit einer zusätzlichen Funktionalität aus, die es ermöglichen soll, bestimmten Applikationen die Vorfahrt im Netzwerk einzuräumen, wenn es einmal eng wird. Diese Priorisierungs-Mechanismen werden allgemein als Class-of-Service oder – verfälschend in Anlehnung an ATM – als Quality-of-Service bezeichnet. Standardisiert ist eine achtstufige Priorisierung auf Layer-2 nach IEEE 802.1p/Q und auf Layer-3 nach RFC 1349/2474/2475. Die jeweils zugeordnete Priorisierung lesen die Systeme aus den Headern der Datenpakete aus.

Wie Switches die Datenpakete dann gemäß ihrer Priorität behandeln, hängt von den jeweils implementierten Queuing-Mechanismen ab. So besteht beispielsweise die Möglichkeit, bestimmten Daten absolute Vorfahrt einzuräumen oder auch für niedrigere Prioritäten Mindestdurchsatzraten zu garantieren. Eine gute Queuing- oder Scheduling-Strategie sollte folgende Voraussetzungen erfüllen:

▶ Sie muss die faire Verteilung der Bandbreite auf die verschiedenen Serviceklassen unterstützen. Dabei sollte auch die Bandbreite für beson-

dere Dienste berücksichtigt werden, so dass es zu bestimmten Gewichtungen bei der Fairness kommen kann.

▶ Sie bietet Schutz zwischen den verschiedenen Serviceklassen am Ausgangsport, so dass eine Serviceklasse mit geringer Priorität nicht die anderen Serviceklassen anderer Queues beeinflussen kann.

▶ Wenn ein Dienst nicht die gesamte Bandbreite verwendet, die für ihn reserviert ist, dann sollte diese Überkapazität auch anderen Diensten zur Verfügung stehen, bis der eigentliche Dienst diese Kapazitäten wieder benötigt. Alternativ soll die Bandbreite für diesen Dienst absolut begrenzt werden.

▶ Ein schneller Algorithmus, der hardwaremäßig implementiert werden kann, muss für diese Strategie existieren. Nur dann kann diese Strategie auch auf Switches eingesetzt werden, die mit hoher Geschwindigkeit arbeiten. Algorithmen, die nur softwareseitig implementiert werden können, sind in der Regel ungeeignet, da man die Priorisierung bei hoher Last braucht und gerade dann reicht die Performance der Softwarelösung in der Regel nicht aus.

Eine intelligente Ausnutzung der in einem konvergenten Netzwerk vorhandenen Bandbreiten und die Garantie für angemessene Service-Qualitäten der einzelnen Anwendungen setzt eine durchgängige Switching-Policy voraus, die nicht nur blind bestimmten Daten die Vorfahrt anderen gegenüber einräumt, sondern ein sinnvolles Bandbreitenmanagement für das gesamte Netzwerk realisiert.

So ist es möglich, bei auftretenden Überlasten die Störungen im Betrieb gering und lokal begrenzt zu halten. Aus diesem Grund haben wir für unseren Real-World-Labs-Vergleichstest Switches gefordert, die CoS-Queuing-Mechanismen sowie Bandbreitenmanagement unterstützen und damit erlauben, nicht nur bestimmten Applikationen Vorfahrt anderen gegenüber einzuräumen, sondern auch durch die Einräumung von Mindestbandbreiten die Service-Qualität niedriger Prioritäten und somit das Funktionieren der entsprechenden Applikationen zu garantieren und dafür zu sorgen, dass Dienste nicht mehr senden als vorgesehen.

Die Hersteller von Switches verwenden oft eigene Namen für die CoS-Queuing-Strategien oder ändern die eigentliche Strategie nach ihren Vorstellungen ab. Oft werden auch verschiedene Strategien miteinander kombiniert, um die Ergebnisse zu verbessern. Die ursprünglichen Queuing-Strategien sind:

- ▶ First-In First-Out (FIFO),
- ▶ Strict- und Rate-Controlled-Priority-Queuing (PQ),
- ▶ Fair-Queuing (FQ),
- ▶ Weighted-Fair-Queuing (WFQ),
- ▶ Weighted-Round-Robin-Queuing (WRR), auch als Class-Based-Queuing (CBQ) bezeichnet und
- ▶ Deficit-Weighted-Round-Robin-Queuing (DWRR).

Wie diese Verfahren im einzelnen arbeiten, haben wir in einem separaten Grundlagenartikel in diesem Heft ab Seite 52 dargestellt.

## Das Real-World-Labs-TestszENARIO

Wir wollten wissen, wie gut Queuing-Mechanismen heute in aktuellen LAN-Switches arbeiten und ob es mit ihnen möglich ist, die gewünschte Policy zu realisieren. Aus diesem Grund haben wir sechs Class-of-Service-fähige LAN-Switches einer umfangreichen Testprozedur unterzogen. Um unseren Test wie gewohnt im Vorfeld sauber zu strukturieren, haben wir zur Definition unserer Test-Spezifikation, die wir an alle einschlägigen Hersteller gesandt haben, wieder auf unser Modellunternehmen HighFair zurückgegriffen.

Das Modellunternehmen HighFair möchte neben den klassischen Datenapplikationen und Voice-over-IP weitere Real-Time-Applikationen in ihr Unternehmensnetz integrieren. Ein geeigneter Vergleichstest sollte evaluieren, welche Switches für diese Aufgaben auch unter entsprechender Last geeignet sind. Dabei sollten verschiedene CoS-Queuing-Mechanismen, wie Strict-Priority-Queuing, Weighted-Fair-Queuing oder Weighted-Round-Robin, auf ihre Eignung für das geplante Szenario untersucht werden.

Folgende Dienste sollen im LAN integriert werden:

- ▶ Videokonferenzen (Video-over-IP, bidirektional, unicast),
- ▶ Videodistribution (Multicast-Betrieb),
- ▶ Voice-over-IP (Call-Center),
- ▶ SAP-Anwendungsdaten sowie
- ▶ übrige Datenanwendungen und Updates.

Um die möglichst absolute Störungsfreiheit der Kommunikations- und Arbeitsprozesse im Unternehmen zu garantieren, ist eine vierstufige Daten-Priorisierung sowie eine intelligente Queuing-Policy erforderlich. Gefordert ist für die LAN-Switches neben der Datenpriorisierung ein intelligentes Bandbreitenmanagement, das es ermöglicht, von vorneherein eine Überlastung des Backbones zu vermeiden. Daraus ergaben sich folgende Anforderungen an die Teststellungen:

- ▶ Layer-3-Gigabit-Ethernet-Switch,
- ▶ mindestens 20 Gigabit-Ethernet-Kupfer-Ports (RJ45-Stecker),
- ▶ Datenpriorisierung nach IEEE 802.1p/Q auf Layer-2,
- ▶ Diffserv-Datenpriorisierung nach RFC 2474 oder
- ▶ Type-of-Service-Datenpriorisierung nach RFC 791 und/oder 1349 auf Layer-3,
- ▶ mindestens zwei CoS-Queuing-Mechanismen, wie Strict-Priority-Queuing, Weighted-Fair-Queuing oder Weighted-Round-Robin, die softwareseitig konfiguriert werden können, sowie
- ▶ Multicast-Funktionalität (IGMP-Snooping).

Als Testverfahren haben wir Messungen nach RFC 2544 (Many-to-One) festgelegt, die die Parameter Performance, Packet-Loss, Latency und Jitter ermitteln. Analysiert wird dann das unterschiedliche Verhalten der Systeme in den verschiedenen CoS-Queuing-Modi.

Unsere Testspezifikation haben wir an die einschlägigen Hersteller geschickt und diese eingeladen, an unserem Vergleichstest in unseren Real-World Labs an der FH Stralsund teilzunehmen. Auf den Herbstmessungen Systems und Exponent haben wir dann den einschlägigen Herstel-

lern unser Testprojekt erläutert. Neben Allied Telesyn, Dell, D-Link, Extreme Networks, Hewlett-Packard und SMC waren auch Cisco, Huawei und Nortel an einer Teilnahme interessiert. Als dann nach fast dreimonatiger Vorlaufphase unsere Testtermine anstanden, sah sich Nortel nicht in der Lage, eine Teststellung zur Verfügung zu stellen. Und auch Cisco hat wegen »mangelnder Ressourcen« ihre Teilnahme abgesagt. Der chinesische Hersteller Huawei, der sich gerade anschickt den europäischen Markt zu erobern, sah sich auch nicht in der Lage, unseren Test zu unterstützen. Begründung: Auf Grund des Chinesischen Neujahrfestes ist eine ausreichende Unterstützung der Tests momentan leider nicht gewährleistet, da zeitgleich so viele Kundenanfragen und Tests durchgeführt werden müssen. Das Feld der Gigabit-Ethernet-Switches bildeten schließlich Allied Telesyns »AT-9924T«, Dells »PowerConnect 6024«, D-Links »DXS-3350SR«, Extreme Networks »Summit 400-48T«, HPs »ProCurve Switch 5308x« und SMCs »Tiger-Switch 8648T«. Im vorliegenden Artikel stellen wir die Messergebnisse mit Strict-Priority-Queuing und mit Bandbreitenmanagement dar. In einer der nächsten Ausgaben von Network Computing berichten wir dann, wie sich die Systeme in Bezug auf Multicast-Funktionalität und Stray-Frames verhalten haben.

## Die Gigabit-Ethernet-Switches im Test

Messtechnisch sind die einzelnen CoS-Queuing-Verfahren zum Teil schlecht auseinander zu halten, da sie unter entsprechenden Lasten zu einem ähnlichen Verhalten der Systeme führen. Dieser Fakt ist aber auch nicht weiter problematisch, da für einen möglichst störungsfreien Netzwerkbetrieb das konkrete Switching-Verhalten der Systeme

dungen niedrigerer Prioritäten bei Überlast vorzubeugen.

Aus den Ergebnissen von Performance-Messungen wie den von uns durchgeführten ist gut zu erkennen, ob, und wenn ja, in welchem Bereich, das jeweilige System Schwierigkeiten hat. Arbeitet der so belastete Switch korrekt, muss er in allen Fällen gemäß den »Class-of-Service-Regeln« die niedrig priorisierten Daten zugunsten der höher priorisierten verwerfen. Ein Datenverlust in der höchsten Priorität dürfte bei allen unseren Strict-Priority-Tests theoretisch nicht vorkommen, nur so würde der jeweilige Switch die fehlerfreie Übertragung der am höchsten priorisierten Echtzeitapplikation, beispielsweise einer Video-Konferenz, garantieren.

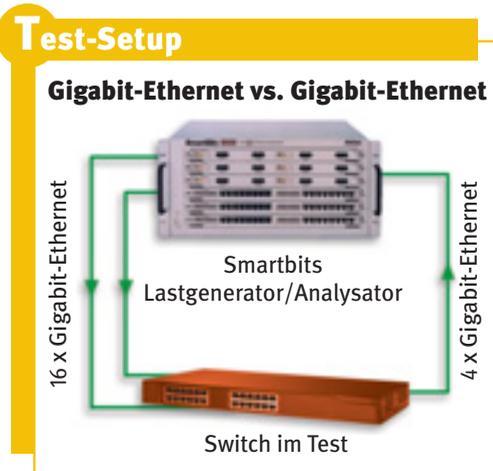
Für die Switches sind pro Zeiteinheit um so mehr Header-Informationen auszuwerten, um so kleiner die einzelnen Datenrahmen sind. Ein Switch wird also zuerst Probleme mit 64-Byte-Datenströmen bekommen, wenn er bei der internen Verarbeitungsgeschwindigkeit an seine Grenzen stößt. Bei großen Datenrahmen können je nach Design dagegen schneller Probleme mit dem Speichermanagement beziehungsweise mit der Größe des überhaupt verfügbaren Pufferspeichers entstehen.

## Strict-Priority-Switching

In unserem Gigabit-Ethernet-Switch-Test haben wir ausschließlich die Gigabit-Ethernet-Ports der Systeme im Test eingesetzt. Um die notwendigen Lasten erzeugen zu können haben wir mit unseren Smartbits auf 16 Gigabit-Ethernet-Eingangsporten gesendet und vier Gigabit-Ethernet-Ausgangsporten adressiert. In diesem Test-Setup beträgt die maximale Überlast am Switch-Ausgang 400 Prozent.

Da wir die Switches systematisch überlastet haben, kam es bei einer maximalen Last von 100 Prozent auf den Eingangsport zu einer vierfachen Überlastung der Ausgangsporten. Dadurch ist es natürlich normal, dass die Switches im Test viele Frames nicht übertragen konnten und somit viele Frames verloren. Anhand der Verteilung der einzelnen Prioritäten oder der einzelnen resultierenden Bandbreiten konnten wir dann erkennen, ob und wenn ja wo der jeweilige Testkandidat Probleme hatte.

In einer ersten Messreihe haben wir zunächst Strict-Priority-Switching gefordert und untersucht. In unseren Tests haben wir jeweils mit unseren Smartbits-Lastgeneratoren Datenströme auf die Eingangsporten gesendet und diese Datenströme auf die Ausgangsporten adressiert. Hierbei haben wir Datenströme in den vier Layer-2- und Layer-3-Prioritäten – VLAN 7, 5, 3 und 1 nach IEEE 802.1p/Q und Diffserv/ToS 1, 3, 5 und 7 nach RFC 2474 – erzeugt. Die Eingangslast wird hierbei schrittweise erhöht, so dass die Last an den Eingangsporten 25, 33, 33, 50 und 100 Prozent betrug, was bei einer vierfachen Überlast einer Last am Ausgangsport von 100, 133, 200 und 400 Prozent entspricht. Die Datenströme bestanden aus konstant großen Frames von jeweils 64, 128, 256, 512, 1024, 1280 und 1518 Byte. Alle Messungen haben wir zunächst mit Burst-Size 1 und dann mit Burst-Size 100 durchgeführt, um



me und nicht die dahinter stehenden Mechanismen und Theorien entscheidend sind. Konkret haben wir zwei Policies isoliert und messtechnisch untersucht. Zunächst sollten die Switches eine Strict-Priority-Policy umsetzen. Hier kam es vor allem darauf an, dass die Daten der höchsten Priorität unter allen Umständen weitergeleitet werden sollten. Als zweites TestszENARIO haben wir dann mit Bandbreitenmanagement gearbeitet. Hier sollten die Systeme den Datenströmen aller vier Prioritäten Maximalbandbreiten garantieren, um einem Zusammenbruch der Anwen-

## Info

/ alle Messergebnisse unter [www.networkcomputing.de/nwc\\_downloads/messergebnisse\\_lanswitches\\_01\\_05.zip](http://www.networkcomputing.de/nwc_downloads/messergebnisse_lanswitches_01_05.zip)

## Messergebnisse mit Strict-Priority-Switching Layer-3 in Prozent

	Ausgangslast	Burst-Size-1					Burst-Size-100				
		Prio 7	Prio 5	Prio 3	Prio 1	Verlust gesamt	Prio 7	Prio 5	Prio 3	Prio 1	Verlust gesamt
<b>Allied Telesyn AT-9924T</b>											
<b>Sollwert</b>	<b>100%</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
64 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,03
128 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,02
512 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,29	33,94	34,62	22,98
1024 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60,69	65,31	65,87	47,49
1518 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	71,40	74,70	75,36	54,82
<b>Sollwert</b>	<b>200%</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>50,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>50,00</b>
64 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	100,00	49,75	0,00	0,14	100,00	100,00	49,78
128 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	100,00	49,75	0,00	0,07	100,00	100,00	49,77
512 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	99,99	49,75	0,00	25,52	74,49	99,99	49,75
1024 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	99,99	49,75	0,00	61,46	67,37	71,26	49,77
1518 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	99,99	49,75	0,00	71,40	74,70	75,36	55,09
<b>Sollwert</b>	<b>400%</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>75,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>75,00</b>
64 Byte	400%	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81
128 Byte	400%	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81
512 Byte	400%	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81
1024 Byte	400%	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81
1518 Byte	400%	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81
<b>D-Link DXS-3350SR</b>											
<b>Sollwert</b>	<b>100%</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
64 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,03
128 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01
512 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,49	18,49	19,94	12,60
1024 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,03	54,86	55,51	40,20
1518 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	63,52	65,43	66,16	48,30
<b>Sollwert</b>	<b>200%</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>50,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>50,00</b>
64 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	99,99	49,75	0,00	0,13	99,99	99,99	49,78
128 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	100,00	49,75	0,00	0,07	100,00	100,00	49,77
512 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	99,99	49,75	0,00	13,02	86,99	99,99	49,75
1024 Byte	200%	0,00	0,00	99,98	99,99	49,75	0,00	52,68	55,69	91,62	49,75
1518 Byte	200%	0,00	0,00	99,98	99,99	49,74	0,00	63,90	66,06	70,39	49,84
<b>Sollwert</b>	<b>400%</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>75,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>75,00</b>
64 Byte	400%	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81
128 Byte	400%	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81
512 Byte	400%	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81
1024 Byte	400%	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81
1518 Byte	400%	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81
<b>Dell PowerConnect 6024</b>											
<b>Sollwert</b>	<b>100%</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
64 Byte	100%	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,01	6,20	28,95	42,19	19,14
128 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,10	50,17	57,67	31,92
512 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,41	61,98	62,64	43,82
1024 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	58,77	63,31	63,89	46,04
1518 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60,42	63,71	64,39	46,66
<b>Sollwert</b>	<b>200%</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>50,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>50,00</b>
64 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	100,00	49,75	0,00	6,46	93,67	100,00	49,79
128 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	100,00	49,75	0,00	21,45	83,61	95,01	49,77
512 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	100,00	49,75	0,00	53,55	64,39	82,08	49,76
1024 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	99,99	49,75	0,00	60,55	65,75	73,70	49,75
1518 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	99,99	49,74	0,00	62,63	65,95	71,40	49,75
<b>Sollwert</b>	<b>400%</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>75,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>75,00</b>
64 Byte	400%	23,14	76,85	100,00	100,00	74,81	23,15	76,85	100,00	100,00	74,81
128 Byte	400%	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81
512 Byte	400%	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81
1024 Byte	400%	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81	0,00	99,99	100,00	100,00	74,81
1518 Byte	400%	0,00	99,99	100,00	99,99	74,81	0,00	99,99	100,00	99,99	74,81
<b>Extreme Networks Summit 400-48T</b>											
<b>Sollwert</b>	<b>100%</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
64 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,04
128 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,45	7,66	12,61	5,62
512 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	58,20	63,45	64,43	46,06
1024 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	76,78	79,88	80,50	58,71
1518 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,68	81,41	84,25	85,09	62,48
<b>Sollwert</b>	<b>200%</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>50,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>50,00</b>
64 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	100,00	49,75	0,00	0,14	100,00	100,00	49,78
128 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	100,00	49,75	0,00	2,79	97,29	100,00	49,77
512 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	100,00	49,75	0,00	58,39	64,11	77,61	49,78
1024 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	100,00	49,75	0,00	76,78	79,89	80,51	59,00
1518 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	99,99	49,75	1,67	81,41	84,25	85,08	62,79
<b>Sollwert</b>	<b>400%</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>75,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>75,00</b>
64 Byte	400%	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81
128 Byte	400%	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81
512 Byte	400%	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81
1024 Byte	400%	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81
1518 Byte	400%	1,04	98,96	100,00	100,00	74,81	1,14	98,85	100,00	100,00	74,81

Vergleich der Messergebnisse mit den theoretisch zu erwartenden Sollwerten. Alle Verlustangaben in Prozent. Werte, die deutlich von den Sollwerten abweichen sind hervorgehoben.

auch aussagefähige Ergebnisse in Bezug auf die Puffer-Speicherkapazität der zu untersuchenden Switches zu erhalten. Für die Ergebnisse haben wir die für CoS wichtigen Parameter Frame-Loss, Latency und Jitter ausgewertet. Im Mittelpunkt unserer Analysen steht dabei wegen seiner Bedeutung für die Übertragungsqualität das Datenverlustverhalten.

Verhält sich ein Switch anforderungsgerecht, dann verliert er bei 100 Prozent Last am Ausgangsport noch keine Daten. Bei 133 Prozent Last sollte er dann Totalverlust der niedrigsten Priorität erzeugen, die anderen Streams sollten ohne Verluste ankommen. Bei 200 Prozent Last sollte der Switch dann die Daten der beiden niedrigen Prioritäten komplett verlieren und die beiden hohen Prioritäten ungehindert passieren lassen. Bei Volllast ist dann bei einer Last am Ausgangsport von 400 Prozent ein Totalverlust aller Prioritäten mit Ausnahme der höchsten erforderlich, damit die höchste Priorität noch verlustfrei verarbeitet werden kann. Die Daten der höchsten Priorität sollten also in allen Fällen unbeschadet die Systeme passieren.

Allied Telesyns AT-9924T arbeitete mit Layer-2-Priorisierung und einer Burst-Size von 1 mustergültig. Hier waren keine außergewöhnlichen Datenverluste zu erkennen. Wechselte die Burst-Size auf 100, waren teils massive Verlustraten bei den Messungen mit größeren Datenrahmen in der zweithöchsten Priorität zu erkennen. So betrug die Verlustrate bei 200 Prozent Last in

der zweithöchsten Priorität maximal 71,41 Prozent, obwohl hier keine Verluste erforderlich gewesen wären. Lediglich die höchste Priorität blieb in allen Fällen frei von Datenverlusten. Auch mit Layer-3-Priorisierung und einer Burst-Size von 1 arbeitete der AT-9924T fehlerfrei. Stellten wir die Burst-Size auf 100, ähnelten die Messergebnisse denen mit Layer-2-Priorisierung und gleicher Burst-Size. Auch hier kam es zu teils massiven Verlusten in der zweithöchsten Priorität von über 70 Prozent, die nicht erforderlich gewesen wären, sobald wir große Frames verwendeten.

Auch Dells Powerconnect-6024 arbeitete mit Layer-2-Priorisierung und einer Burst-Size von 1 recht unauffällig. Lediglich bei der Messung mit 64-Byte-Rahmen und Volllast kam es zu außerplanmäßigen Datenverlusten von über 20 Prozent in der höchsten Priorität. Als wir dann die Burst-Size auf 100 stellten war es mit dem Wohlverhalten vorbei. Schon bei 100 Prozent Last, als noch überhaupt keine Datenverluste erforderlich waren, verlor der Switch in der zweithöchsten Priorität zwischen rund 8 und über 60 Prozent der Daten. In den beiden niedrigen Prioritäten lagen die Verluste jeweils noch etwas höher, so dass der Switch insgesamt maximal 46,64 Prozent aller Daten verlor, obwohl hier noch gar keine Datenverluste zu erwarten gewesen wären. Bei Volllast und 64-Byte-Rahmen war dann auch hier wieder eine Verlustrate von über 20 Prozent in der höchsten Priorität zu messen. Bei den

Messungen mit Layer-3-Priorisierung zeigte der Dell-Switch ein quasi identisches Verhalten: Rund 23 Prozent Frameloss in der höchsten Priorität bei Volllast und massive Probleme mit großen Datenrahmen bei einer Burst-Size von 100 vervollständigen das Bild.

In der einfachsten Disziplin, den Messungen mit Layer-2-Priorisierung und einer Burst-Size von 1 zeigte D-Links DXS-3350SR keinerlei Probleme und arbeitete völlig unauffällig. Als wir dann die Messungen mit einer Burst-Size von 100 wiederholten kam der D-Link-Switch schnell an seine Leistungsgrenzen. Insbesondere kam er hier mit großen Datenrahmen nur schlecht zurecht. So betrug der Datenverlust des gesamten Systems bei der Messung mit 1518-Byte-Paketen und 100 Prozent Last über 48 Prozent, obwohl noch gar keine Datenverluste erforderlich gewesen wären. Noch höhere Lasten quitierte der Switch mit entsprechenden Datenverlusten, so betrug der Frameloss bei 200 Prozent Last und 1518-Byte-Paketen rund 64 Prozent in der zweithöchsten Priorität. Allerdings blieb in allen Fällen die höchste Priorität von Datenverlusten verschont. Die Messungen mit Layer-3-Priorisierung führten zu ähnlichen Ergebnissen, die Datenverluste setzten teils aber noch früher ein.

Extreme Networks Summit-400-48T arbeitete bei unseren Messungen mit Layer-2-Priorisierung und einer Burst-Size von 1 recht sauber und leistete sich keine ungebührlichen Datenverluste. Lediglich bei Maximallast und 1518-Byte-

Paketen verlor er in der höchsten Priorität rund 1,4 Prozent der Datenpakete. Bei der gleichen Messung mit einer Burst-Size von 100 Paketen geriet auch der Extreme-Switch dann recht schnell ins Stolpern. Schon bei 100 Prozent Last und größeren Datenrahmen, als das System noch gar keine Daten hätte verlieren dürfen, waren massive Datenverluste festzustellen. So verlor der Switch beispielsweise bei der Messung mit 1518-Byte-Paketen rund 85,1 Prozent in der niedrigsten und 84,24 Prozent in der zweitniedrigsten Priorität. Und auch in der zweithöchsten Priorität gingen noch 81,43 Prozent der Daten verloren. Nur die höchste Priorität blieb mit maximal 1,53 Prozent Datenverlust einigermaßen stabil. Bei 200 Prozent Last waren dann hohe Verluste in der zweithöchsten Priorität zu beobachten, die hier nicht auftreten dürften. Dafür verwarf der Switch aber nicht alle Daten in der zweitniedrigsten Priorität, was er hätte tun sollen. Auch der Gesamtverlust des Systems lag bei den Messungen mit großen Frames über dem Soll. So verwarf der Switch bei 1518 Byte insgesamt 62,77 Prozent aller Daten, 50 Prozent wäre in Ordnung gewesen. Lediglich die höchste Priorität blieb weitgehend ungeschoren. Auch bei Volllast gingen hier maximal 1,39 Prozent der Daten verloren. Die Resultate unserer Messungen mit Layer-3-Priorisierung ähneln denen des Extreme-Switches mit

Layer-2-Priorisierung. Bei einer Burst-Size von 1 war die Welt ganz in Ordnung. Hier betrug der maximale Datenverlust 1,04 Prozent bei Volllast und 1518-Byte-Paketen. Stellten wir die Burst-Size dann auf 100, verlor der Switch wieder massiv an Daten. Aber auch hier blieb die höchste Priorität weitgehend verschont. Probleme hat der Extreme-Networks-Summit-400-48T insbesondere mit großen Datenrahmen und einer Burst-Size von 100, hier sind teils massive Datenverluste zu beklagen.

Hewlett-Packards Procurve-Switch-5308x verhielt sich bei unseren Messungen mit Layer-2-Priorisierung und einer Burst-Size von 1 vorbildlich und leistete sich keine außerplanmäßigen Datenverluste. Wechselten wir aber auf eine Burst-Size von 100, verschluckte sich auch der HP-Switch. Dabei leistete er sich generell keine Datenverluste in der höchsten Priorität. Aber in der zweithöchsten Priorität gingen bei 200 Prozent Last maximal 45,46 Prozent aller Daten verloren, obwohl hier gar keine Verluste erforderlich gewesen wären. Dafür hat das System dann nicht alle Daten in den niedrigen Prioritäten verworfen, was bei einer standardkonformen Arbeitsweise zu erwarten gewesen wäre. Mit der Layer-3-Priorisierung hatte der HP-Switch dann mehr Probleme. Hier verlor er bei den Messungen mit kleinen Datenrahmen schnell die Fassung und

verwarf Daten aller Prioritäten. So gingen beispielsweise bei 200 Prozent Last und 64-Byte-Rahmen in der höchsten und zweithöchsten Priorität gut 42 Prozent der Daten verloren, obwohl hier keine Datenverluste erforderlich gewesen wären. Dieses Problem bleibt aber auf 64- und 128-Byte-Rahmen beschränkt, bei den Messungen mit größeren Rahmen war die Welt dann wieder in Ordnung. Verwendeten wir eine Burst-Size von 100 kam zu der Schwäche bei kleinen Datenrahmen noch deutliche Datenverluste in der zweithöchsten Priorität bei der Verwendung großer Datenrahmen hinzu. So waren maximal über 40 Prozent Frameless in der zweithöchsten Priorität zu messen, obwohl hier gar keine Datenverluste erforderlich gewesen wären.

In der ersten Messrunde hatte SMCs Tiger-switch-8648T Probleme, MAC-Adressen zu lernen, wenn diese nicht ständig über Rückströme wiederholt wurden. Daher haben wir in einer zweiten Runde mit Rückströmen und 1 Prozent Last gearbeitet, die wir von den Ziel- zu den Quellports gesendet haben. Die so ermittelten Ergebnisse sind Bestandteil der Auswertung. Der Tigerswitch-8648T kann unter bestimmten Umständen durch diese Schwäche Probleme machen, in Windows-Umgebungen sollte dieses Verhalten aber kein Handicap sein. Auch SMCs Tigerswitch-8648T arbeitete dann bei unseren

## Info

/ alle Messergebnisse unter [www.networkcomputing.de/nwc\\_downloads/messergebnisse\\_lanswitches\\_01\\_05.zip](http://www.networkcomputing.de/nwc_downloads/messergebnisse_lanswitches_01_05.zip)

### Messergebnisse mit Strict-Priority-Switching Layer-3 in Prozent

	Ausgangslast	Burst-Size-1					Burst-Size-100				
		Prio 7	Prio 5	Prio 3	Prio 1	Verlust gesamt	Prio 7	Prio 5	Prio 3	Prio 1	Verlust gesamt
<b>HP ProCurve Switch 5308x</b>											
<b>Sollwert</b>	<b>100%</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
64 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,03
128 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01
512 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1024 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1518 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Sollwert</b>	<b>200%</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>50,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>50,00</b>
64 Byte	200%	42,34	42,35	43,16	71,76	49,65	42,40	42,43	42,36	72,56	49,69
128 Byte	200%	0,00	0,00	100,00	100,00	49,75	0,00	0,08	100,00	100,00	49,77
512 Byte	200%	0,00	0,01	99,99	100,00	49,75	0,15	38,44	65,41	95,95	49,74
1024 Byte	200%	0,00	0,01	99,98	100,00	49,75	0,27	40,64	65,35	93,59	49,72
1518 Byte	200%	0,00	0,01	99,98	100,00	49,75	0,20	43,37	65,58	90,62	49,70
<b>Sollwert</b>	<b>400%</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>75,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>75,00</b>
64 Byte	400%	71,18	71,18	71,94	85,51	74,76	71,18	71,18	71,96	85,48	74,76
128 Byte	400%	48,62	51,19	100,00	100,00	74,77	48,53	51,28	100,00	100,00	74,77
512 Byte	400%	0,03	99,98	99,99	100,00	74,81	0,03	99,98	99,99	100,00	74,81
1024 Byte	400%	0,05	99,96	99,99	100,00	74,81	0,05	99,96	99,99	100,00	74,81
1518 Byte	400%	0,07	99,94	99,99	100,00	74,81	0,07	99,94	99,99	100,00	74,81
<b>SMC TigerSwitch 8648T</b>											
<b>Sollwert</b>	<b>100%</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
64 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,03
128 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,02
512 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,20	44,39	45,37	31,92
1024 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	65,84	68,90	69,60	50,58
1518 Byte	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	74,05	76,43	77,01	56,31
<b>Sollwert</b>	<b>200%</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>50,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>50,00</b>
64 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	100,00	49,75	0,00	0,13	100,00	100,00	49,78
128 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	100,00	49,75	0,00	0,07	100,00	100,00	49,77
512 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	99,99	49,75	0,00	39,62	60,39	100,00	49,75
1024 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	99,99	49,75	0,00	65,84	69,05	70,13	51,00
1518 Byte	200%	0,00	0,00	99,99	99,99	49,75	0,00	74,05	76,43	77,01	56,59
<b>Sollwert</b>	<b>400%</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>75,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>75,00</b>
64 Byte	400%	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81
128 Byte	400%	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81	0,00	100,00	100,00	100,00	74,81
512 Byte	400%	4,17	95,82	100,00	100,00	74,82	4,17	95,83	100,00	100,00	74,82
1024 Byte	400%	13,29	86,70	100,00	100,00	74,85	13,32	86,68	100,00	100,00	74,85
1518 Byte	400%	16,73	83,27	100,00	100,00	74,85	16,43	83,57	100,00	99,99	74,84

Vergleich der Messergebnisse mit den theoretisch zu erwartenden Sollwerten. Alle Verlustangaben in Prozent. Werte, die deutlich von den Sollwerten abweichen sind hervorgehoben.

Messungen mit Layer-2-Priorisierung und einer Burst-Size von 1 zunächst recht unauffällig. Datenverluste waren hier allerdings auch in der höchsten Priorität bei Volllast und großen Frames zu verzeichnen. So verwarf der SMC-Switch hier bei 1518-Byte-Frames gut 16 Prozent der Daten in der höchsten Priorität. Deutliche Probleme hatte der SMC-Switch dann bei den Messungen mit einer Burst-Size von 100 und größeren Datenrahmen. So verlor der Switch schon bei 100 Prozent Last bis zu gut 56 Prozent aller Daten, obwohl hier noch gar keine Datenverluste erforderlich gewesen wären. Lediglich die höchste Priorität blieb hier verlustfrei. Stieg die Last weiter, waren dann auch Datenverluste in der höchsten Priorität zu verzeichnen. So verlor der Tigerswitch-8648T bei Volllast und 1518-Byte-Frames immerhin 16,61 Prozent der Daten in der höchsten Priorität. Die Messungen mit Layer-3-Priorisierung ergaben ein nahezu identisches Bild.

## Switching mit Bandbreitenmanagement

Auch in unseren Tests mit Bandbreitenmanagement haben wir jeweils mit unseren Smartbits-

Lastgeneratoren Datenströme auf die Eingangsports gesendet und diese Datenströme auf die Ausgangsports adressiert. Hierbei haben wir Datenströme in den vier Layer-2- und Layer-3-Prioritäten – VLAN 7, 5, 3 und 1 nach IEEE 802.1p/Q und Diffserv/ToS 1, 3, 5 und 7 nach RFC 2474 – erzeugt. Die Eingangslast wird hierbei schrittweise erhöht, so dass die Last an den Eingangsports 25, 33,33, 50 und 100 Prozent betrug, was bei einer vierfachen Überlast einer Last am Ausgangsport von 100, 133, 200 und 400 Prozent entspricht.

Die Datenströme bestanden aus konstant großen Frames von jeweils 64, 128, 256, 512, 1024, 1280 und 1518 Byte. Die Burst-Size betrug hierbei 1 beziehungsweise 100 Frames. Als Maximalbandbreiten haben wir für die höchste Priorität VLAN beziehungsweise Diffserv/ToS 7 10 Prozent, für VLAN beziehungsweise Diffserv 5 20 Prozent, für VLAN beziehungsweise Diffserv 3 30 Prozent und für VLAN beziehungsweise Diffserv 1 40 Prozent gefordert. Für die Ergebnisse haben wir dann die für CoS wichtigen Parameter Frame-Loss, Latency und Jitter ausgewertet. Im Mittelpunkt auch dieser Analysen steht wegen seiner Bedeutung für die Übertragungsqualität

das Datenverlustverhalten des jeweiligen Switches im Test. Bei der Priorisierung mit Bandbreitenmanagement sind zwei grundsätzlich unterschiedliche Verhaltensweisen der Switches zu unterscheiden: Rate-Limited-Switching und Weighted-Switching. Beim Rate-Limited-Switching garantiert der Switch den entsprechend konfigurierbaren Bandbreitenanteilen der einzelnen Prioritäten nicht nur eine Mindestbandbreite, er »deckelt« quasi auch die Durchsätze, indem er übrige Bandbreiten, die ein Dienst, dem sie zur Verfügung stehen, derzeit nicht benötigt, auch nicht für andere Dienste verfügbar macht. Eine solche Funktionalität ist insbesondere für den Edge-Bereich je nach Policy unverzichtbar, weil es so möglich ist, der Entstehung von Überlasten bereits in der Netzwerkperipherie vorzubeugen. Switches im Core-Bereich sollten dagegen die Mindestbandbreiten für die ihnen zugeordneten Dienste reservieren. Wenn diese Dienste die ihnen zustehenden Bandbreiten aber nicht benötigen, dann sollten andere Dienste freie Bandbreiten über die ihnen selbst zustehenden hinaus ruhig nutzen können. Ansonsten wird die insgesamt im Core-Bereich zur Verfügung stehende Bandbreite unnötig verringert. Ein solches Verhalten kann aber auch im Rahmen der Policy erwünscht sein. Um den verschiedenen Mechanismen gerecht zu werden, haben wir hier ausschließlich das Verhalten der Systeme bei Volllast gewertet, da dann unabhängig vom verwandten Mechanismus die gleichen Maximalbandbreiten für die jeweilige Priorität eingehalten werden müssten.

Allied Telesyns AT-9924T stellte ein mittelmäßig funktionierendes Bandbreitenmanagement zur Verfügung. Dabei betrug die durchschnittliche Abweichung von den Sollwerten sowohl bei den Messungen mit Layer-2 wie mit Layer-3-Priorisierung zwischen gut 9 Prozent bei 64-Byte-Paketen und 0,33 Prozent bei 1518-Byte-Paketen. Dabei standen für die höheren Prioritäten durchgehend die geforderten Mindestbandbreiten zur Verfügung. Diese Aussage gilt sowohl für eine Burst-Size von 1 wie von 100.

Auch Dells Powerconnect-6024 stellte ein mehr oder weniger brauchbares Bandbreitenmanagement bereit. Die durchschnittlichen Abweichungen von den Sollwerten betragen sowohl mit Layer-2 wie auch mit Layer-3-Priorisierung bei einer Burst-Size von 1 wie auch von 100 zwischen rund 9 Prozent mit 64-Byte-Paketen und 0,28 Prozent bei 1518-Byte-Paketen. Übergewöhnliche Datenverluste beschränkten sich dabei auf die niedrigste Priorität, ansonsten standen die geforderten Mindestbandbreiten immer zur Verfügung.

Deutlich präziser arbeitete das Bandbreitenmanagement des D-Link-DXS-3350SR. Bei allen vier Szenarien – Layer-2- und Layer-3-Priorisierung sowie Burst-Size 1 und 100 – betragen die gemessenen Abweichungen im Mittel zwischen 0 Prozent mit 64-Byte-Paketen und um die 1 Prozent mit 1518-Byte-Paketen. Allerdings standen nicht immer ganz die geforderten Mindestbandbreiten zur Verfügung, so blieben von den geforderten 10 Prozent Mindestbandbreite für die höchste Priorität bei den Messungen mit großen

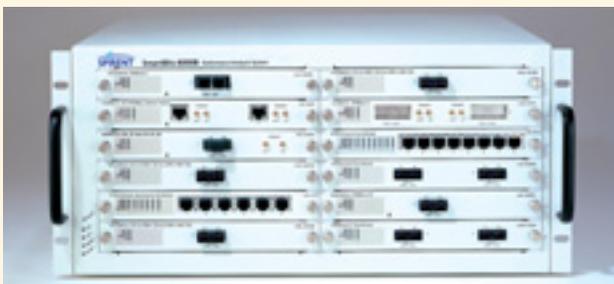
## Info

### So testete Network Computing

Als Lastgenerator und Analysator haben wir in unseren Real-World Labs einen »Smartbits 6000B Traffic Generator/Analysator« von Spirent Communications eingesetzt. Das in dieser Konfiguration rund 320 000 Euro teure System ist mit der Software »SmartFlow« ausgestattet und mit 24 Gigabit-Ethernet-Kupfer-Ports bestückt. Alle Ports können softwareseitig als Lastgeneratortausgang und/oder als Analysatoreingang eingesetzt werden. Die Class-of-Service-Eigenschaften der Switches im Testfeld haben wir in verschiedenen Testreihen gemäß RFC 2544 (vgl.: [www.ietf.org/rfc/rfc2544.txt](http://www.ietf.org/rfc/rfc2544.txt)) gemessen. In diesen Tests haben wir die Priorisierung auf Layer-2 nach IEEE 802.1p/Q untersucht. In unseren Testszenarios »Gigabit-Ethernet-Switches« haben wir verschieden



priorisierte Datenströme von 16 Eingangsports auf vier Ausgangsports gesendet. Die die Priorisierung festlegenden Bits haben wir im Header der Datenrahmen mit drei Bits nach IEEE 802.1p und auf Layer-2 und nach ToS beziehungsweise Diffserv auf Layer-3 festgelegt. Durch eine gezielte Überlastung der Switches in diesen Tests ist es möglich, das genaue Datenverlustverhalten sowie weitere Testparameter wie Latency oder Jitter zu ermitteln, das Leistungspotential der untersuchten Switches zu analysieren und deren Eignung für bestimmte Einsatzszenarien zu prüfen.



Frames zum Teil nur gut 9 Prozent übrig. Noch akzeptable Datenverlustraten zeigte auch Extreme Networks Summit-400-48T bei den Messungen mit Bandbreitenmanagement und Layer-2-Priorisierung. Hier lagen die Mittelwerte der Abweichungen von den einzustellenden Sollwerten zwischen 8,84 Prozent bei 64-Byte-Frames und 0,46 Prozent bei 1518-Byte-Frames. Auch eine Burst-Size von 100 vermochte den Switch nicht weiter zu erschüttern. Dass Bandbreitenmanagement noch exakter geht, hat Extreme Networks dann bei den Messungen mit Layer-3-Priorisierung bewiesen. In dieser Disziplin lagen die durchschnittlichen Abweichungen ebenso wie die einzelnen Messwerte durchweg deutlich unter einem Prozent.

HPs Procurve-Switch-5308x zeigte erneut, dass Bandbreitenmanagement auch präziser funktionieren kann. So erreichte der HP-Switch bei unseren Messungen mit Layer-2-Priorisierung mittlere Abweichungen vom Sollwert zwischen 2,32 Prozent bei 64-Byte-Paketen und 0,32 Prozent bei 1518-Byte-Paketen. Dabei standen die zu garantierenden Mindestbandbreiten insbesondere in den hohen Prioritäten praktisch durchgehend zur Verfügung. Mit Layer-3-Priorisierung funktionierte das Bandbreitenmanagement nicht ganz so präzise. Hier lag die mittlere Abweichung unabhängig von der Burst-Size zwischen gut 6 und 0,33 Prozent. Bedenkliche Einschränkungen der zu garantierenden Mindestbandbreiten waren aber nicht zu verzeichnen.

SMCs Tigerswitch-8648T war dagegen nicht von unseren geforderten Mindestbandbreiten zu überzeugen und reservierte grundsätzlich für die höchste Priorität auch die meiste Bandbreite und für die niedrigste Priorität die geringste Bandbreite. Dieses Verhalten zeigte der Switch bei allen Messungen mit Bandbreitenmanagement in unserem Vergleichstest, so dass der Tigerswitch-8648T durchwegs auf Mittelwerte in der Abweichung von unseren Sollwerten kam, die bei über 22 Prozent liegen, was zwangsläufig zur Abwertung führen muss, da der Switch die geforderte Policy nicht unterstützt.

## Fazit

Auch wenn man mit allen Switches im Testfeld unseres Real-World-Labs-Tests mehr oder weniger gut arbeiten kann, Schwächen haben sie alle: Allied Telesyns AT-9924T hat massive Probleme, wenn die Burst-Size 100 beträgt. Auch Dells Powerconnect-6024 verliert schnell seine guten Manieren, wenn Burst-Size 100 anliegt, darüber hinaus mag er keine 64-Byte-Frames. D-Links DXS-3350SR verschluckt sich dagegen insbesondere an 1518-Byte-Paketen, auch diesen Switch bringt die Burst-Size 100 aus dem Arbeitstakt. Und auch Extreme Networks Summit-400-48T gerät schnell ins Stolpern, wenn er mit entsprechenden Burst-Raten konfrontiert wird. Spürbare Datenverlustraten zeigte der Summit-400-48T auch bei den Messungen mit Bandbreitenmanagement und Layer-2-Priorisierung. Auch HPs

Procurve-Switch-5308x hatte seine Probleme mit der großen Burst-Size. Außerdem schwächelt er nach wie vor bei Messungen mit Layer-3-Priorisierung und kleinen Frames. Deutliche Probleme hatte der SMC-Tigerswitch-8648T bei den Messungen mit einer Burst-Size von 100 und größeren Datenrahmen. Und sein Bandbreitenmanagement ließ sich nicht von der geforderten Policy überzeugen.

Schon ein erster Blick in unsere Report-Card zeigt, dass alle Switches ihre Stärken und Schwächen haben. Wirklich fehlerfrei hat auch in unserem aktuellen LAN-Switch-Vergleichstest nicht ein einziges System gearbeitet. Und das ist das eigentlich erschreckende an den Ergebnissen unseres aktuellen Vergleichstests: Wir testen seit mehr als fünf Jahren die Class-of-Service-Implementierung bei LAN-Switches und auch wenn die Switches im Laufe dieser Jahre schneller geworden sind, deutlich besser sind sie auf keinen Fall geworden. Von daher gilt nach wie vor der Rat, grundsätzlich dafür zu sorgen, dass es im Netzwerk erst gar nicht eng wird, und die Systeme auszuwählen, die für die gewünschte Policy auch geeignet sind. Bei größeren Netzwerkprojekten kommen die Verantwortlichen dann eigentlich nicht darum herum, die Eigenschaften der in Frage kommenden Systeme in qualifizierten Tests zu überprüfen, wenn sie auf Nummer Sicher gehen wollen. Denn Vertrauen ist gut aber Kontrolle ist besser.

*Prof. Dr. Bernhard G. Stütz, [ dg ]*