



# Moderner Dreikampf



**Vergleichstest Triple-Play-Switches, Teil 2** – Der Hochgeschwindigkeits-transport von Sprache, Bewegtbild und klassischen Daten stellt hohe Ansprüche an moderne LAN-Switches. Vier Systeme der 10-Gigabit-Ethernet-Klasse sind zum modernen Dreikampf in den Real-World Labs angetreten.

**A**ktuelle LAN-Switches müssen die Anforderungen von IP-Telefonie, Video-Übertragung und klassischer Datenübertragung erfüllen. Dafür, dass sie diesem modernen Dreikampf gewachsen sind, sorgen die Hersteller mit Gigabit-Ethernet- und 10-Gigabit-Ethernet-Technologie, Datenpriorisierungsmechanismen und

Bandbreitenmanagement-Funktionalität. – Zumindest auf dem Papier. Ob aktuelle LAN-Switches diesen Dreikampf auch in der Realität bestehen, musste eine Auswahl aktueller Geräte in unseren Real-World Labs an der FH Stralsund beweisen. Unsere Testspezifikation haben wir bereits im vergangenen Herbst an die ein-

schlägigen Hersteller geschickt und diese eingeladen, an unserem Vergleichstest in unseren Real-World Labs an der FH Stralsund teilzunehmen. Auf den Messen Systems und Exponet haben wir dann den einschlägigen Herstellern unser Testprojekt erläutert. Neben 3Com, Alcatel, Allied Telesyn und D-Link waren unter anderem auch Cisco, Extreme Networks, Hewlett-Packard und Nortel an einer Teilnahme interessiert. Als dann nach fast dreimonatiger Vorlaufphase unsere Testtermine anstanden, gelang es mit Ausnahme der vier erstgenannten den Herstellern nicht, innerhalb der gesetzten Frist ein funktionierendes System in unseren Labs vorzuführen. Die Gründe hierfür reichen von »mangelnden Ressourcen« bis hin zu noch nicht fertig gestellten neuen Modellen.

Das erste Testfeld der diesjährigen Switch-Testserie bildeten letztendlich 3Coms »SuperStack 4 Switch 5500G-EI 24-Port«, Alcatels »OmniSwitch 9700«, Allied Telesyns/Telesis »9924TS« und D-Links »DXS-3350SR«. Da 3Com für ihren Superstack die falschen 10-Gigabit-Ethernet-Adapter geliefert hatte und ein Nachtstesttermin nicht zustande kam, reduziert sich unser Testfeld in den Disziplinen Uplink und Downlink auf die drei Switches von Alcatel, Allied Telesyn/Telesis und D-Link.

Eine zweite Teststaffel ist schon in Vorbereitung. In der Warteschleife befinden sich unter anderem Cisco, Hewlett-Packard, Huawei und SMC. Es bleibt also spannend.

## Die Network Computing Musterfirma

Im Mittelpunkt unserer Testspezifikation steht die Network Computing Musterfirma. Diese ist ein innovatives Unternehmen, das im Bereich der Automobilzubehörindustrie tätig ist. Die Mus-

### REPORTCARD POLICY-BASED SWITCHING

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

	Gewichtung	D-Link DXS-3350SR	Alcatel OmniSwitch 9700	Allied Telesyn/ Telesis 9924TS	3Com SuperStack 4 5500G-EI
Downlink Strict-Priority-Switching Burst-Size 1	12,5%	5	5	2	–
Downlink Strict-Priority-Switching Burst-Size 100	12,5%	5	5	3	–
Downlink Bandbreitenmanagement Burst-Size 1	12,5%	5	4	4	–
Downlink Bandbreitenmanagement Burst-Size 100	12,5%	5	4	4	–
Uplink Strict-Priority-Switching Burst-Size 1	12,5%	5	5	2	–
Uplink Strict-Priority-Switching Burst-Size 100	12,5%	1	2	1	–
Uplink t Bandbreitenmanagement Burst-Size 1	12,5%	4	5	2	–
Uplink Bandbreitenmanagement Burst-Size 100	12,5%	4	5	2	–
<b>Ergebnis Teil 2</b>	<b>100%</b>	<b>4,25</b>	<b>4,38</b>	<b>2,50</b>	–
<b>Ergebnis Teil 1, (in NWC 4/2006, S. 42 ff.)</b>		<b>4,50</b>	<b>4,13</b>	<b>4,38</b>	<b>4,13</b>
<b>Gesamtergebnis</b>		<b>4,38</b>	<b>4,25</b>	<b>3,44</b>	
		<b>A-</b>	<b>B+</b>	<b>C+</b>	

A>= 4,3; B>=3,5; C>=2,5; D>=1,5; E<1,5  
Die Bewertungen A bis C enthalten in ihren Bereichen + oder -;  
Gesamtergebnisse und gewichtete Ergebnisse basieren auf einer Skala von 0 bis 5.  
Abweichung vom Sollwert:  
> 30 % = 1; > 20 % = 2; > 10 % = 3; > 5 % = 4; <= 5 % = 5



terfirma verteilt sich auf mehrere Standorte: Firmenhauptsitz in Stralsund mit den Abteilungen

- ◆ Forschung & Entwicklung (250 PC-Arbeitsplätze),
  - ◆ Marketing (150 PC-Arbeitsplätze),
  - ◆ Sales (200 PC-Arbeitsplätze),
  - ◆ Verwaltung (80 PC-Arbeitsplätze),
  - ◆ Rechenzentrum (Serverfarm, SAN, Administration, 5 PC-Arbeitsplätze) sowie
  - ◆ Geschäftsführung (20 PC-Arbeitsplätze).
- Produktionsstandort in Rostock mit
- ◆ Produktion in vier Betrieben mit insgesamt 300 PC-Arbeitsplätzen und
  - ◆ Backup-Rechenzentrum (Serverfarm, SAN, Administration, fünf PC-Arbeitsplätze).

Hinzu kommen vier Niederlassungen in Frankfurt, Berlin, München und Passau mit jeweils 30 PC-Arbeitsplätzen und zwei Auslandsniederlassungen in New York und Hongkong mit jeweils 40 PC-Arbeitsplätzen.

Die IT-Verantwortlichen der Network Computing Musterfirma möchten alle Standorte sowie Partnerfirmen in einem Intranet auf IP-Basis integrieren. Neben den klassischen Datenanwendungen sollen über dieses Intranet auch Telefonie und Videoübertragung realisiert werden. Dabei soll das Unternehmensnetz in Segmente unterteilt werden, die den verschiedenen Abteilungen an den Hauptstandorten beziehungsweise den einzelnen Niederlassungen zugeordnet werden sollen. Die Segmente sollen hochperformant miteinander verbunden aber zugleich auch durch die entsprechenden Sicherheitstechnologien gegeneinander abgesichert werden.

### Die Ausgangssituation

Die Network Computing-Musterfirma möchte neben den klassischen Datenapplikationen und Voice-over-IP weitere Real-Time-Applikationen in ihr Unternehmensnetz zunächst am Firmenhauptsitz integrieren. Ein geeigneter Vergleichstest soll evaluieren, welche Switches für diese Aufgaben auch unter entsprechender Last geeignet sind.

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 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 Tests sollten die verschiedenen 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,
  - ◆ CAD- und CAM-Anwendungsdaten sowie
  - ◆ übrige Datenanwendungen und Updates.
- Die Marketing-Abteilung produziert auch Filme zu Werbungs- und Schulungszwecken und hat ein großes Videoarchiv. Weiterhin unterhält die Marketing-Abteilung ein Callcenter für das Direktmarketing. Die Abteilungen Forschung & Entwicklung wie auch die Produktion arbeiten mit CAD- und CAM-Applikationen. Der Fertigungsbereich soll auf Industrial-Ethernet umgerüstet und in das Intranet integriert werden.

Um die möglichst absolute Störungsfreiheit der Kommunikations- und Arbeitsprozesse im Unternehmen zu garantieren, ist mindestens eine vierstufige Daten-Priorisierung sowie eine intelligente Queuing-Policy erforderlich. Gefordert ist für die Edge-Switches neben der Datenpriorisierung ein intelligentes Bandbreitenmanagement, das es ermöglicht, von vorneherein eine Überlastung des Backbones zu vermeiden.

Daraus ergeben sich folgende Anforderungen an die Teststellungen:

- ◆ Layer-3-Gigabit-Ethernet-Switch,
- ◆ mindestens 24 Gigabit-Ethernet-Kupfer-Ports (Steckertyp RJ45),
- ◆ mindestens zwei 10-Gigabit-Ethernet-Uplink-Ports (Multimode-Fibre, Steckertyp LC),
- ◆ 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,

### TESTFELD

- ◆ Alcatel OmniSwitch 9700
- ◆ Allied Telesyn/Telesis 9924TS
- ◆ D-Link DXS-3350SR

- ◆ mindestens zwei CoS-Queuing-Mechanismen, wie Strict-Priority-Queuing, Weighted-Fair-Queuing oder Weighted-Round-Robin, die softwareseitig konfiguriert werden können sowie
- ◆ Multicast (IGMP-Snooping).

## Testparameter und Verfahren

Als Testverfahren haben wir RFC 2544 (One-to-Many, Many-to-One, Many-to-Many) festgelegt. Gemessen werden hierbei Performance, Packet-Loss, Latency und Jitter. Analysiert wird dann das unterschiedliche Verhalten in den verschiedenen CoS-Queuing-Modi.

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 lediglich das Verhalten der Systeme bei Volllast gewertet, da dann unabhängig vom verwandten Mechanismus die gleichen Maximalbandbreiten für die jeweilige Priorität eingehalten werden müssten.

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 Netzbetrieb das konkrete Switching-Verhalten der Systeme und nicht die dahinterstehenden Mechanismen und Theorien entscheidend sind. Konkret haben wir zwei Policies isoliert und messtechnisch untersucht. Zu-



D-Link DXS-3350SR

nächst 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. Danach haben wir mit Bandbreitenmanagement gearbeitet. Hier sollten die Systeme den Datenströmen aller vier Prioritäten Maximalbandbreiten garantieren, um einem Zusammenbruch der Anwendungen 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 zu Gunsten 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.

## Die Tests im Detail

Durchgeführt haben wir insgesamt vier Class-of-Service-Testreihen jeweils mit Layer-3-Priorisierung und abwechselnd unter Verwendung der Priorisierungsmechanismen Strict-Priority und Bandbreitenmanagement. In den ersten beiden Test-Setups haben wir die Datenverlustraten sowie Latency und Jitter bei der Datenkommunikation zwischen den Gigabit-Ethernet-Ports untereinander auf einem Switch untersucht. Dabei haben wir in der ersten Testreihe die Switches im Multicast-Modus und in

der zweiten Testreihe im Unicast-Modus betrieben. Bei der dritten Testreihe haben wir dann ein Downlink-Szenario aufgebaut. Hierbei sendeten zwei 10-Gigabit-Ethernet-Ports auf die verfügbaren Gigabit-Ethernet-Ports. In der vierten Testreihe hatte das entsprechende Uplink-Szenario von den Gigabit-Ethernet-Ports auf einen 10-Gigabit-Ethernet-Port zum Thema. Die Ergebnisse der ersten beiden Testreihen stellen wir in Network Computing 4 / 2006 ab Seite 42 vor. Die übrigen Resultate folgen im hiermit vorliegenden Artikel.

## Testreihe Gigabit-Ethernet-Downlink

In der dritten Testreihe unserer Class-of-Service-Testsuite haben wir mit unserem Lastgenerator auf zwei 10-Gigabit-Ethernet-Ports parallel Datenströme gesendet. Jeder dieser Ports hatte vier Datenströme zu verarbeiten, so dass insgesamt vier Ströme unterschiedlicher Priorität anlagen. Für die Festlegung der Prioritäten haben wir die DSCP-Werte 8, 24, 40 und 56 verwendet, wobei die höchste Priorität 56 und niedrigste 8 entspricht. Die Datenströme dieser einzelnen Prioritäten wurden dann in die jeweiligen Hardware-Queues geleitet.

Die beiden 10-Gigabit-Ethernet-Ports haben dann ihre Datenströme an 5 Gigabit-Ethernet-Ports gesendet, so dass bei Volllast an diesen Ausgangsports eine vierfache Überlast anlag, was einer Gesamtlast des Switches von 20 GBit/s entspricht. In nacheinander folgenden Messungen hat der Spirent-Lastgenerator Datenströme bestehend aus Datenrahmen von je 64, 128, 256, 512, 1024, 1280 und 1518 Byte erzeugt. Alle Messungen haben wir zunächst mit Burst-Size 1 und dann mit Burst-Size 100 durchgeführt.

Beträgt die Burst-Size einen Frame, bedeutet dies, dass der Lastgenerator die erzeugte Last kontinuierlich auf der Zeitachse verteilt sendet. Der belastete Switch kann so die erzeugte Last gleichmäßig abarbeiten. Im Betrieb mit einer Burst-Size von 100 Frames sendet der Lastgenerator dagegen mit Leitungsgeschwindigkeit 100 Frames nacheinander. Dann folgt eine Pause, so dass der Generator im Mittel die jeweils konfigurierte Durchsatzleistung erzeugt. Während der Sendephase muss der belastete Switch die Datenströme im Pufferspeicher zwischenspeichern und in der folgenden Pause abarbeiten.

Die Last an den Eingangsports startete jeweils bei 25 Prozent und wurde dann in entsprechenden Schritten auf 100 Prozent erhöht. Das bedeutete an den Ausgangsports eine Last zwischen 100 und 400 Prozent – dabei waren die Lastan-



Allied Telesyn/Telesis 9924TS

teile für die vier Prioritäten immer gleich groß, so dass die Daten der verschiedenen Prioritäten immer in einem gleichen Verhältnis zueinander standen. Die einzelnen Messreihen haben wir jeweils für die unterschiedlichen Priorisierungstechniken auf Layer-3 mit einer Burst-Size von 1 und von 100 Frames durchgeführt.

Bei den Messungen mit Strict-Priority sollten die Switches folgendes idealtypisches Verhalten zeigen: Bei 100 Prozent Last sollten alle Datenströme ungehindert weiter geleitet werden. Bei zunehmender Last sollten die Switches dann jeweils möglichst viele Daten der niedrigsten Prioritäten verlieren und möglichst viele Daten der hohen Prioritäten unbeschadet passieren lassen. Bei vierfacher Überlast sollte der jeweilige Switch folglich alle Daten mit Ausnahme denen der höchsten Priorität verwerfen.

Für die Tests mit Bandbreitenmanagement haben wir eine einfache Policy definiert, die bestimmten Applikationen Bandbreiten reservieren sollte. Als Maximalbandbreiten haben wir für die höchste Priorität DSCP-Wert 56 10 Prozent, für DSCP-Wert 40 20 Prozent, für DSCP-Wert 24 30 Prozent und für DSCP-Wert 8 40 Prozent gefordert. Ansonsten entsprachen Testaufbau und -durchführung dem Verfahren mit Strict-Priority.

Aus den Ergebnissen dieser Messungen ist dann 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 zu Gunsten der hoch priorisierten verwerfen. Ein Datenverlust in der höchsten Priorität dürfte bei allen 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 entstehen.

Hat ein Switch Probleme bei unseren Messungen mit Strict-Priority und einer Burst-Size von 100 Frames, sind entweder die Pufferspeicher zu knapp bemessen oder es besteht ein Problem mit dem Speichermanagement. Treten Probleme bei den Messungen mit einer Burst-Size von einem Frame auf, ist von grundlegenden funktionalen Mängeln auszugehen. Gleiches gilt bei Problemen mit unsauber arbeitenden Bandbreitenmanagement. Auf Grund ihrer Bedeutung für die Übertragungsquali-

tät haben wir das Datenrahmenverlustverhalten als primäres K.O.-Kriterium definiert. Die Parameter Latency und Jitter sind gegebenenfalls für die genauere Diagnose und weitere Analyse im Einzelfall wichtig. Sind jedoch die Datenverlustraten von Hause aus schon zu hoch, können gute Werte für Latency und Jitter die Sprachqualität auch nicht mehr retten. Diese Parameter ziehen wir folglich erst dann hinzu, wenn die Ergebnisse der Paketverlustmessung unkritisch sind.

Alcatels Omniswitch-9700 arbeitete hier im Downlink-Betrieb mit Strict-Priority fehlerfrei. Die von uns gemessenen Datenverlustraten lagen sowohl bei unseren Messungen mit einer Burst-Size von 1 Frame als auch bei den Tests mit einer Burst-Size von 100 Frames dicht an den theoretisch ermittelten Sollwerten. In der Disziplin Bandbreitenmanagement verhielt sich der Omniswitch nicht ganz so vorbildlich. Hier schwankte die durchschnittliche Abweichung von den Sollwerten zwischen 0,07 und 6,52 Prozent, wobei der Switch um so präziser arbeitete, um so kleiner die verwendeten Frames waren.

Allied Telesyns 9924TS verhielt sich bei unseren Messungen mit Strict-Priority nicht ganz so mustergültig wie der Alcatel-Switch. Unter Volllast teilte der Switch die Datenverluste zwischen der höchsten und der zweithöchsten Priorität auf. Dabei schwankten die illegitimen Datenverluste in der höchsten Priorität zwischen gut 31 und über 37 Prozent, obwohl hier theoretisch keine Verluste zu erwarten gewesen wären. Die Burst-Size spielte bei diesem Verhalten keine signifikante Rolle. Auch in der Disziplin Bandbreitenmanagement arbeitete der 9924TS nicht fehlerfrei. Bei beiden verwendeten Burst-Formaten streuten die durchschnittlichen Abweichungen vom Sollwert zwischen 0,35 und über 9 Prozent. Im Gegensatz zum Alcatel-System hatte der Allied-Telesyn-Switch hier die meisten Probleme mit kleinen Frames. Verwendeten wir die großen Frame-Formate, arbeitete der Switch präziser.

D-Links DXS-3350SR arbeitete im Strict-Priority-Modus praktisch fehlerfrei – und zwar sowohl bei einer Burst-Size von 1 als



Alcatel OmniSwitch 9700

auch von 100 Frames. Lediglich bei der Messung mit Burst-Size 100, 100 Prozent Last und den größten Frames gingen gut 4 Prozent der niedrigsten Priorität verloren. Den Betrieb mit Bandbreitenmanagement beherrschte der DXS-3350SR präziser als der Mitbewerber im Testfeld. So blieb der Wert für die durchschnittliche Abweichung von den Sollwerten unabhängig von der Größe der verwendeten Frames und der Burst-Size deutlich unter 1 Prozent.

### Testreihe Gigabit-Ethernet-Uplink

In der vierten Testreihe unserer Class-of-Service-Testsuite haben wir mit unserem Lastgenerator auf 24 Gigabit-Ethernet-Ports parallel Datenrahmen gesendet und diese an einen 10-Gigabit-Ethernet-Port adressiert. Dabei sendete jeder Input-Port vier Datenströme der vier Prioritätsklassen an jeden Output-Port. Da 24 Ports gleichzeitig sendeten betrug die Gesamtlast des Systems in diesem Unicast-Betrieb 24 GBit/s. Da wir zwischenzeitlich Probleme mit einzelnen Gigabit-Ethernet-Modulen unserer Smartbits bekamen, konnten wir nicht bei allen Messungen mit 24 Ports senden. In diesen Fällen galt es, die etwas geringere Eingangslast entsprechend in unserer Auswertung zu berücksichtigen. So schwankten die maximalen Lasten zwischen einer 2,4- und einer 2,2-fachen Überlast.

In nacheinander folgenden Messungen hat der Spirent-Lastgenerator Datenströme bestehend aus Datenrahmen von je 64, 128, 256, 512, 1024, 1280 und 1518 Byte erzeugt. Alle Messungen haben wir zunächst mit Burst-Size 1 und dann mit Burst-Size 100 durchgeführt, um auch aussagefähige Ergebnisse in Bezug auf die Kapazität der Pufferspeicher zu erhalten. Auch hier haben wir die Priorisierungsmechanismen

Stirct-Priority und Bandbreitenmanagement eingesetzt. Alle weiteren Details entsprechen der ersten Testreihe oben.

Im Gegensatz zu unseren Messungen im Uplink-Betrieb hatten alle drei Switches im Testfeld hier Probleme im Stirct-Priority-Betrieb mit einer Burst-Size von 100 Frames. So verlor Alcatels Omniswitch-9700 schon bei 100 Prozent Last je nach Frame-Format zwischen gut 44 und über 85 Prozent in der niedrigsten Priorität. In der zweitniedrigsten schwankten hier die Datenverluste zwischen 32 und 87 Prozent, obwohl hier theoretisch noch gar keine Verluste erforderlich gewesen wären. Auch bei höheren Lasten arbeitete der Alcatel-Switch nicht sauber. Allerdings leistete er sich in keinem Fall ungebührliche Datenverluste in der höchsten Priorität. Bei unseren Messungen mit einer Burst-Size von 1 Frame hatte der Omniswitch dagegen keine Probleme. In der Disziplin Bandbreitenmanagement schwankten bei beiden Burst-Formaten die durchschnittlichen Abweichungen von den Sollwerten zwischen rund 0,1 und 4,5 Prozent, wobei der Alcatel-Switch mit den kleinsten Frames am besten klar kam.

Auch Allied Telesyns 9924TS leistete sich ungebührliche Datenverluste bei den Tests mit einer Burst-Size von 100 Frames. So verlor er hier schon bei 100 Prozent Last bis zu über 65 Prozent der Daten in der niedrigsten Priorität. Bei höheren Lasten blieb dann selbst die höchste Priorität nicht von ungebührlichen Datenverlusten verschont. So verlor der 9924TS bei einer Maximallast von 220 Prozent auch in der höchsten Priorität zwischen rund 38 und 45 Prozent, obwohl die Daten der höchsten Priorität das System immer unbeeinträchtigt hätten passieren müssen. Nahezu das gleiche Bild bot der

Allied-Telesyn-Switch auch bei unseren Messungen mit einer Burst-Size von 1 Frame. Die Messergebnisse gleichen praktisch denen mit einer Burst-Size von 100 Frames. Allerdings nur bei Überlastbetrieb. Blieb die Last bei 100 Prozent und die Burst-Size bei 1 Frame, arbeitete der Switch vorbildlich. Mit dem Bandbreitenmanagement hatte der 9924TS deutliche Probleme. Hier betrug die durchschnittlichen Abweichungen von den Sollwerten zwischen rund 28 Prozent bei der Messung mit den kleinsten und rund 5,5 Prozent bei der Messung mit den größten Frames.

D-Links DXS-3350SR ähnelte in seinem Verhalten bei den Burst-Size-100-Messungen dem des Alcatel-Switchs. So gingen hier in der niedrigsten Priorität bei 100 Prozent Last zwischen 45 und 94 Prozent aller Daten verloren. In der zweithöchsten Priorität und mit den größten Frames betrug die Verlustrate immer noch fast 30 Prozent in der zweithöchsten Priorität. Bei einer Maximallast von 240 Prozent leistete sich der Switch dann keine weiteren Ausreißer. Auch ihm gelang es, in allen Fällen die höchste Priorität frei von Datenverlusten zu halten. Blieb die Burst-Größe dagegen bei 1 Frame, verhielt sich auch der D-Link-Switch mustergültig. In der Disziplin Bandbreitenmanagement arbeitete der D-Link-Switch mit einer konstanten durchschnittlichen Abweichung von rund 6,8 Prozent von den geforderten Sollwerten. Er ließ sich ansonsten weder von verschiedenen Burst-Größen noch von variierenden Frame-Formaten beeindrucken.

### Fazit

Um den Faktor 10 beschleunigt haben sich die Durchsätze, die LAN-Switches der aktuellen Generation bieten. Und schon ein erster Blick in die Report-Card zeigt, dass die Systeme durchaus leistungsfähig sind. Nicht immer perfekt arbeiten sie aber, wenn es gilt Priorisierungsmechanismen umzusetzen. Neben zum Teil nicht exakt umgesetzten CoS-Regeln sind insbesondere mangelnde Ressourcen im Puffer-Speicherbereich festzustellen. Diese werden bei unseren Messungen mit einer Burst-Size von 100 Frames deutlich. Und 100 Frames sind für Gigabit-Ethernet-Switches mit 10-Gigabit-Ethernet-Uplinks nicht mehr allzu viel. Da sind die Hersteller wohl wieder einmal davon ausgegangen, dass sie drohenden Engpässen mit »Bandbreite satt« begegnen können. Dabei füllen die neuen Switches nicht nur das Netzwerk, sondern auch ihre Pufferspeicher mit der zehnfachen Geschwindigkeit. Von daher wird es sicher für anspruchsvolle Umgebungen wie bei unserer Musterfirma sinnvoll sein, in Switches mit größeren Pufferspeichern zu investieren. Oder die IT-Verantwortlichen sorgen gleich mit einem intelligenten Ende-zu-Ende-Bandbreitenmanagement dafür, dass es im Netzwerk erst gar nicht eng wird. Diese Aufgabe ist in der Praxis aber auch nicht gerade trivial.

Prof. Dr. Bernhard G. Stütz,  
dg@networkcomputing.de

## TESTVERFAHREN POLICY-BASED SWITCHING

Als Lastgenerator und Analysator haben wir in unseren Real-World Labs einen »Smartbits 6000B Traffic Generator/Analyzer« von Spirent Communications eingesetzt. Das System ist mit der Software »SmartFlow« ausgestattet und mit 24 Gigabit-Ethernet-Kupfer-Ports sowie zwei 10-Gigabit-Ethernet-Fibre-Ports bestückt. Alle Ports können softwareseitig als Lastgeneratorausgang 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-3 untersucht. In unseren Test-szenarios »Gigabit-Ethernet-Switches« haben wir verschieden priori-

sierte Datenströme von den Eingangsports auf die Ausgangsports gesendet. Für die Festlegung der Prioritäten haben wir die DSCP-Werte 8, 24, 40 und 56 verwendet, wobei die höchste Priorität 56 und niedrigste 8 entspricht. 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.



Alle Messergebnisse finden Sie im Internet unter:  
[www.networkcomputing.de/nwc\\_downloads/policy\\_switching\\_o6-2.zip](http://www.networkcomputing.de/nwc_downloads/policy_switching_o6-2.zip)