



Echtzeitfähige LAN-Switches

Real-Time – Real-Life

»Quality of Service« heißt das Marketing-Zauberwort, wenn es darum geht, die Tauglichkeit moderner Ethernet-LAN-Switches für die Übertragung von Sprache, Bild und anderen, Echtzeitfähigkeit erfordernden Anwendungen zu belegen. Wie gut eine solche Übertragungsqualitätssicherung heute jenseits der Hochglanzbroschüren und Datenblätter im wirklichen Leben ist, haben wir in unseren Real-World Labs an der FH Stralsund untersucht.

Die professionelle IT-Welt steht nach wie vor im Zeichen der Konvergenz. Auf den ersten Blick ist die Idee ja auch bestechend, die verschiedensten Informations- und Kommunikationsdienste in einem Netzwerk zu vereinen. Wozu mehrere Netzwerke parallel aufbauen und betreiben und die verschiedenen Services dann aufwändig am Arbeitsplatz beispielsweise mit CTI-Technologie integrieren, wenn ein Netzwerk, das zumeist ohnehin vorhandene Ethernet-basierte IP-Datennetz, alle erforderlichen Dienste zur Verfügung stellen kann. Doch bei näherer Betrachtung ist schnell klar, dass es nicht ganz trivial sein kann, zusätzliche Funktionalität wie die Telefonie »mal eben« im Datennetz zu integrieren. Zu unterschiedlich sind die Anforderungen, die die klassische Datenübertragung einschließlich File- und Printservices oder WWW und E-Mail gegenü-



ber echtzeitfähigen Applikationen wie Telefonie, Video-Konferenz oder Produktionssteuerung an ein Netzwerk stellen. Ethernet und IP sind von Hause aus für die Übertragung solcher Real-Time-

parallele Übertragung von klassischen Datenströmen und Daten echtzeitfähiger Applikationen Anforderungen, für die diese Technologie ursprünglich nicht ausgelegt war. Dabei können typische Eigenschaften verbindungsloser Netzwerktechnologien die Übertragung von Echtzeitapplikationen behindern oder gefährden.

Das Real-World-Labs-Test-Szenario

Das Modellunternehmen HighFair möchte neben den klassischen Datenapplikationen und dem bereits implementierten 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. Künftig sollte das Ethernet-basierte LAN verschiedene Echtzeitfähigkeit erfordernde Dienste bieten. Folgende Dienste wollen die IT-Verantwortlichen künftig im LAN integrieren:



- ▶ Videokonferenzen (Video-over-IP, bidirektional, unicast),
- ▶ Video-Live-Übertragungen und Video-Streams (Video-over-IP, unidirektional, unicast/multicast),
- ▶ Voice-over-IP (inklusive Call-Center),
- ▶ SAP-Anwendungsdaten sowie

Applikationen nicht konzipiert. Zudem bietet die ausgereifte TK-Anlagentechnologie eine Flut von Funktionalitäten, die nicht so einfach im IP-Netzwerk mit entsprechender Hard- und Software nachgebildet werden können. Und insbesondere an Ethernet-Switch-Systeme stellt die pa-



Report-Card /interaktiv unter www.networkcomputing.de

CoS-Priorisierung bei Überlast / Nicht-modulare Switches

Feature	Gewichtung	Cisco Catalyst 2950	Extreme Summit 48si	Allied Telesyn Rapier 24i	D-Link DES-3326S	3Com Superstack 3 4400
Fast-Ethernet vs. Gigabit-Ethernet	35%	5	5	5	5	5
Gigabit-Ethernet vs. Fast-Ethernet	35%	5	5	1	1	1
Fast-Ethernet vs. Fast-Ethernet	30%	5	5	5	5	1
Ergebnis Burst-Size 1		5	5	3,6	3,6	2,4
Fast-Ethernet vs. Gigabit-Ethernet	35%	5	5	5	5	5
Gigabit-Ethernet vs. Fast-Ethernet	35%	5	5	1	1	1
Fast-Ethernet vs. Fast-Ethernet	30%	5	5	5	1	1
Ergebnis Burst-Size 100		5	5	3,6	2,4	2,4
Gesamtergebnis		5	5	3,6	3	2,4
		A+	A+	B-	C	D
						

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 -;

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 ausschließlich die erreichten Maximalwerte des Datenrahmenverlustverhaltens in der höchsten Priorität, wobei wir nach dem K.O.-System die Werte für 64-, 512- und 1518-Byte-Pakete mit Layer-2- und Layer-3-Priorisierung untersucht und das jeweils schwächste Ergebnis gewertet haben. Dabei galt folgender Bewertungsschlüssel: > 10 Prozent Packet-Loss = 1, > 5 Prozent Packet-Loss = 2, > 2 Prozent Packet-Loss = 3, > 1 Prozent Packet-Loss = 4 und <= 1 Prozent Packet-Loss = 5. Die entsprechenden Ergebnisse haben wir gemäß Gewichtung jeweils für Burst-Size 1 und 100 verrechnet. Das Gesamtergebnis ist das arithmetische Mittel der Ergebnisse für Burst-Size 1 und Burst-Size 100.

► übrige Datenanwendungen einschließlich E-Mail und WWW sowie Updates.

Um die möglichst absolute Störungsfreiheit der wichtigsten Kommunikations- und Arbeitsprozesse im Unternehmen zu garantieren, ist eine vierstufige Daten-Priorisierung auf Layer-2 und -3 erforderlich. Oberste Priorität soll die Video-Übertragung haben. Die zweithöchste Priorität ist für die umfangreichen Voice-over-IP-Anwendungen einschließlich des integrierten Call-Centers vorgesehen. Aufgrund ihrer Bedeutung für die Geschäftsprozesse sollen dann die SAP-Anwendungsdaten noch »Vorfahrt« gegenüber den übrigen Datenanwendungen und Updates im Netzwerk haben.

Aus diesem Szenario ergaben sich folgende Anforderungen an die Teststellungen:

- Layer-3-Ethernet-Switch,
- mindestens 24 Fast-Ethernet-Ports,
- mindestens zwei Gigabit-Ethernet-Uplink-Ports (Multimode-LWL mit SC-Stecker oder Kupfer),
- 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.



Messen wollten wir das Datenverlustverhalten, Latency sowie Jitter für die jeweils unterschiedlich priorisierten Datenströme. Als Test-Equipment dienten die Lastgeneratoren und -analysatoren Smartbits von Spirent sowie Ixia 1600 von Ixia jeweils mit den aktuellsten Versionen ihrer CoS-Applikation.

In einer Ausschreibung haben wir alle einschlägigen LAN-Switch-Hersteller gebeten, uns ihre Switches zum Test zur Verfügung zu stellen und ihre Geräte in unserem Vergleichstest an der FH Stralsund zu begleiten. Jedem Hersteller standen unsere Labs exklusiv für einen Messtag zur Verfügung. Insgesamt gingen elf Switches ins Konvergenz-Rennen.

Das Testfeld haben wir nach modularen und nicht modularen Switches unterschieden und in zwei Gruppen geteilt. In der ersten Gruppe, in der wir die nicht-modularen LAN-Switches zusammengefasst haben, standen mit dem »3Com Superstack 3 4400« und dem »Cisco Catalyst 2950« zwei Layer-2-Switches in unseren Labs an der FH Stralsund, die aber auch auf Ebene 3 priorisieren können. Als weitere nicht modulare Systeme gingen Allied Telesyns »Rapier 24i«, D-Links »DES-3326S« und dem Extreme Networks »Summit 48si« an den Start – alle drei

Info

Das Testfeld

Gruppe 1: Nicht-modulare Switches



- **3Com Superstack 3 4400** (3C17203) (Layer-2-Switch mit IEEE 802.1p und TOS/Diffserv, Fibre-MT-RJ)
- **Allied Telesyn Rapier 24i** (Layer-3-Switch mit IEEE 802.1p und TOS/Diffserv, Fibre-SC)
- **Cisco Catalyst 2950** (Layer-2-Switch mit IEEE 802.1p und TOS/Diffserv, Fibre-SC)
- **D-Link DES-3326S mit DES-132T** (Layer-3-Switch mit IEEE 802.1p und TOS/Diffserv, Copper-RJ45)
- **Extreme Networks Summit 48si** (Layer-3-Switch mit IEEE 802.1p und TOS/Diffserv, Fibre-LC). Der Summit 48si wurde freundlicherweise von Algol Deutschland zur Verfügung gestellt.

Gruppe 2: Modulare Switches

- **BATM T5 Pro** (Layer-3-Switch mit IEEE 802.1p und TOS/Diffserv, Fibre-SC)
- **BATM T5 Routing** (Layer-3-Switch mit IEEE 802.1p und TOS/Diffserv, Fibre-SC)
- **Cisco Catalyst 6506** (Layer-3-Switch mit IEEE 802.1p und TOS/Diffserv, Copper-RJ45)
- **Enterasys Matrix E1** (1H582-51) (Layer-3-Switch mit IEEE 802.1p und TOS/Diffserv, Fibre-SC)
- **HP Procurve 5304XL** (Layer-3-Switch mit IEEE 802.1p und TOS/Diffserv, Fibre-SC)
- **Nortel Passport 8603** (Layer-3-Switch mit IEEE 802.1p und TOS/Diffserv, Fibre SC)

Report-Card /interaktiv unter www.networkcomputing.de

CoS-Priorisierung bei Überlast / Modulare Switches

Feature	Gewichtung	Cisco Catalyst 6506	Nortel Passport 8603	BATM T5 Routing	BATM T5 Pro	Enterasys Matrix E1	HP Procurve 5304 XL
Fast-Ethernet vs. Gigabit-Ethernet	35%	5	5	5	1	1	1
Gigabit-Ethernet vs. Fast-Ethernet	35%	5	5	5	5	5	1
Fast-Ethernet vs. Fast-Ethernet	30%	5	5	5	5	5	1
Ergebnis Burst-Size 1		5	5	5	3,6	3,6	1
Fast-Ethernet vs. Gigabit-Ethernet	35%	5	5	1	1	1	1
Gigabit-Ethernet vs. Fast-Ethernet	35%	5	5	5	5	2	1
Fast-Ethernet vs. Fast-Ethernet	30%	5	5	5	5	5	1
Ergebnis Burst-Size 100		5	5	3,6	3,6	2,55	1
Gesamtergebnis		5	5	4,3	3,6	3,08	1
		A+	A+	A-	B-	C	E
							

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 -;

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 ausschließlich die erreichten Maximalwerte des Datenrahmenverlustverhaltens in der höchsten Priorität, wobei wir nach dem K.O.-System die Werte für 64-, 512- und 1518-Byte-Pakete mit Layer-2- und Layer-3-Priorisierung untersucht und das jeweils schwächste Ergebnis gewertet haben. Dabei galt folgender Bewertungsschlüssel: > 10 Prozent Packet-Loss = 1, > 5 Prozent Packet-Loss = 2, > 2 Prozent Packet-Loss = 3, > 1 Prozent Packet-Loss = 4 und <= 1 Prozent Packet-Loss = 5. Die entsprechenden Ergebnisse haben wir gemäß Gewichtung jeweils für Burst-Size 1 und 100 verrechnet. Das Gesamtergebnis ist das arithmetische Mittel der Ergebnisse für Burst-Size 1 und Burst-Size 100.

»reinrassige« Layer-3-Systeme. Die Gruppe der modularen Switches bilden dann die Layer-3-Systeme »BATM T5 Pro«, »BATM T5 Routing«, Cisco »Catalyst 6505«, HPs »Procurve 5304XL« sowie der »Nortel Passport 8603«. Wie sich diese modularen Switches in unserem Real-World-Labs-Test bewährt haben, veröffentlichen wir ebenfalls im hier vorliegenden Testbericht.

Fast-Ethernet vs. Fast-Ethernet

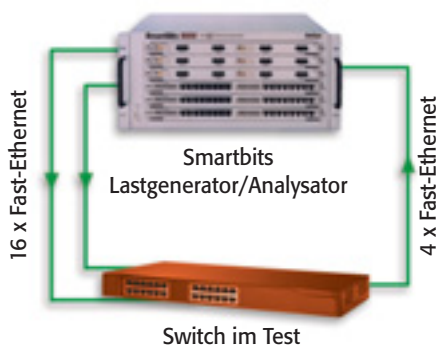
Durchgeführt haben wir insgesamt drei Class-of-Service-Testreihen jeweils mit Layer-2- und mit Layer-3-Priorisierung. In unserm ersten Test-Setup haben wir die Datenverlustraten sowie Latency und Jitter bei der Datenkommunikation zwischen den Fast-Ethernet-Ports untereinander auf einem Switch untersucht. Die zweite Testreihe hatte dann die gleichen Parameter bei der Kommunikation im Uplink-Szenario, also von den Fast-Ethernet-Ports auf den Gigabit-Ethernet-Port, die dritte Testreihe hatte das entsprechende Downlink-Szenario vom Gigabit-Ethernet-Port auf die Fast-Ethernet-Ports zum Thema.

In der ersten Testreihe unserer Class-of-Service-Testsuite haben wir auf 16 10/100-MBit/s-Ports parallel Datenrahmen gesendet und diese an vier 10/100-MBit/s-Ports adressiert. Dabei sendete jeder Input-Port vier Datenströme der vier Prioritätsklassen an jeden Output-Port. In nacheinander folgenden Messungen hat der Spirent-Lastgenerator Datenströme bestehend aus Datenrahmen von je 64, 512 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 Puffer-Speicherkapazität zu erhalten.

Die Last an den Eingangsports startete jeweils bei 12,5 Prozent und wurde dann in entsprechenden Schritten auf 100 Prozent erhöht. Das bedeutete an den Ausgangsports eine Last zwischen 50 Prozent und 400 Prozent – dabei waren die Lastanteile 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-2 und auf Layer-3 durchgeführt.

Test-Setup

Fast-Ethernet vs. Fast-Ethernet



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 zugunsten 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

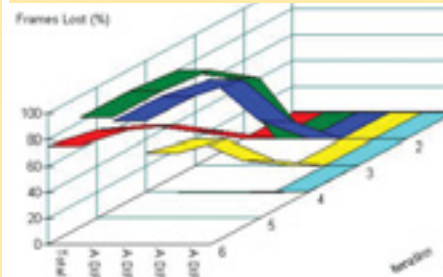
priorisierten Echtzeitapplikation, beispielsweise einer Video-Konferenz, garantieren.

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 Speichermanage-

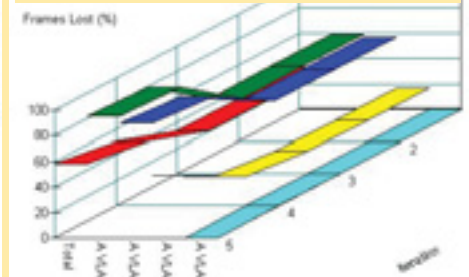
Datenverlustverhalten der vier Prioritäten

3Com Superstack 3 4400

Fast-Ethernet - Fast-Ethernet

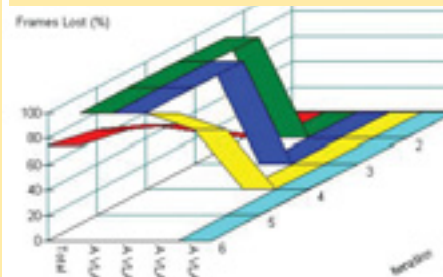


Fast-Ethernet - Gigabit-Ethernet

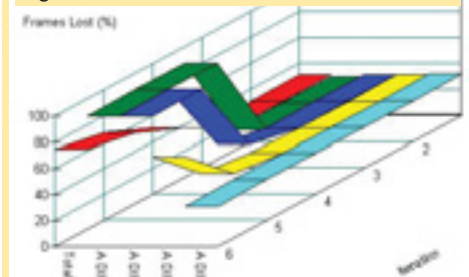


Allied Telesyn Rapier 24i

Fast-Ethernet - Fast-Ethernet

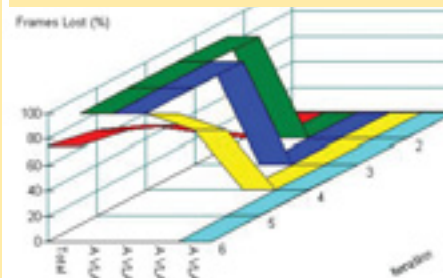


Gigabit-Ethernet - Fast-Ethernet

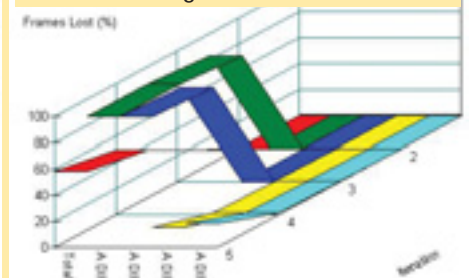


BATM T5 Pro

Fast-Ethernet - Fast-Ethernet



Fast-Ethernet - Gigabit-Ethernet



x-Achse von links nach rechts: Mittelwert, niedrigste Priorität, zweithöchste Priorität, höchste Priorität; y-Achse: Datenverlustrate in Prozent; z-Achse: Last an den Ausgangsports in Prozent. Bei einer standardkonformen Priorisierung müsste der jeweilige Switch bei steigender Überlast kontinuierlich steigende Verlustraten in der niedrigsten Priorität zeigen. Erreicht die Verlustrate in der niedrigsten Priorität 100 Prozent, sollte er bei weiter steigender Eingangslast kontinuierlich bis 100 Prozent anstehende Verlustraten in der zweithöchsten Priorität erzeugen. Sind auch dort die 100 Prozent erreicht, müsste sich die Kurve der zweithöchsten Priorität bei weiter steigender Last ebenso der 100-Prozent-Marke kontinuierlich nähern und diese bei 400 Prozent Last an den Ausgangsports erreichen. In der höchsten Priorität dürfen auch bei Vollast keine Datenverlusten messbar sein.

Fast-Ethernet vs. Gigabit-Ethernet: Da bei dieser Messreihe nur eine maximale Last von 240 Prozent an den Ausgangsports erreichbar ist – für 400 Prozent hätten wir mit 40 Fast-Ethernet-Ports auf einen Gigabit-Ethernet-Port senden müssen, aber unsere Test-Spezifikation hat als Mindestanforderung 24 Fast-Ethernet-Ports gefordert – sind moderate Verluste in der zweithöchsten Priorität normal. In der höchsten Priorität dürfen auch hier bei Vollast keine Datenverlusten messbar sein.

ment entstehen. Bei klassischen Dateitransfers arbeitet das System mit möglichst großen Rahmen. Bei Echtzeit-Applikationen 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 in unseren Real-World Labs haben beispielsweise ergeben, dass diese Voice-over-IP-Lösung die Sprache mit konstant großen Rahmen von 534 Byte überträgt. Noch deutlich kür-

zere Rahmen sind beispielsweise bei der TCP-Signalisierung mit 64 Byte zu messen. Für die Übertragung von Real-Time-Applikationen ist wie gesagt zunächst das Datenverlustverhalten von entscheidender Bedeutung. Für Voice-over-IP gilt beispielsweise: Ab 5 Prozent Verlust ist je nach Codec mit deutlicher Verschlechterung der Sprachqualität zu rechnen, 10 Prozent führen zu einer massiven Beeinträchtigung, ab 20 Prozent Datenverlust ist die Telefonie definitiv nicht mehr möglich. So verrin-

gert sich der R-Wert wie berichtet 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.

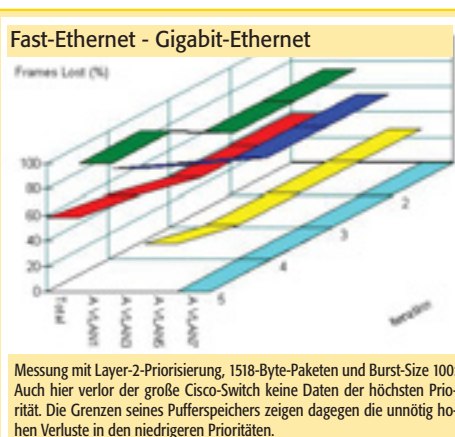
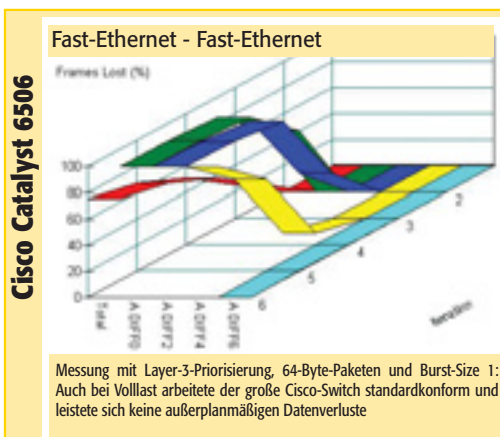
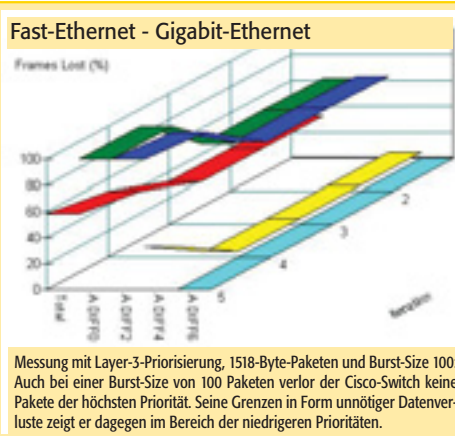
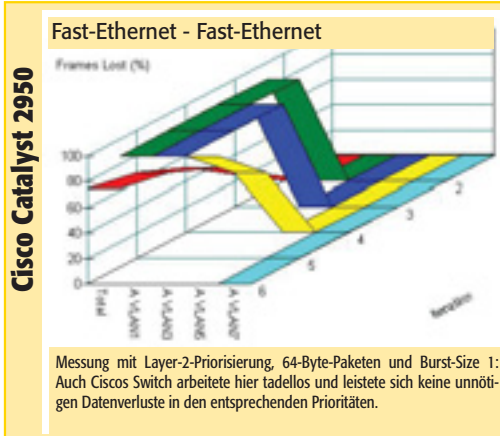
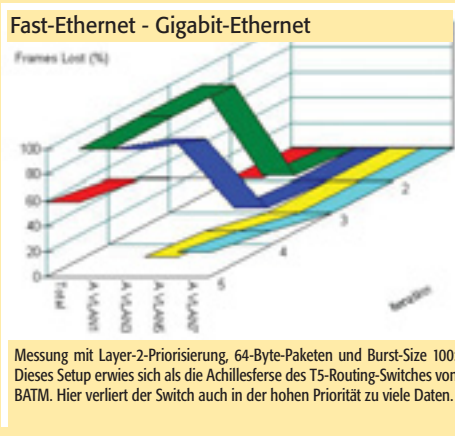
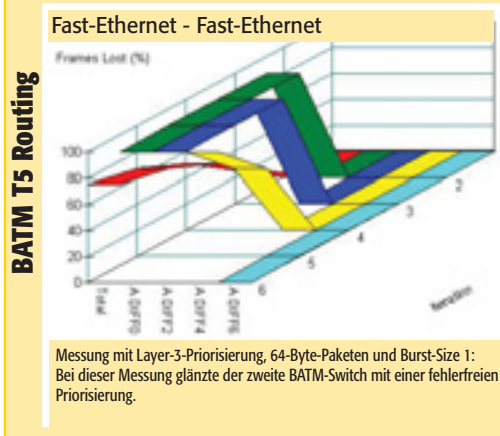
Aufgrund ihrer Bedeutung für die Übertragungsqualität haben wir daher das Datenrahmenverlustverhalten als primäres K.O.-Kriterium definiert. Die Parameter Latency und Jitter sind gegebenenfalls für die genauere Diagnose und weitere Analyse im Einzelfall wichtig. Sind jedoch die Datenverlustraten von 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.

Deutliche Datenverlustraten auch in der höchsten Priorität zeigte 3Coms Superstack-3-4400. Bei der Messung mit Layer-2-Priorisierung und 64-Byte-Paketen betrug die Verluste in der höchsten Priorität bei 300 Prozent Ausgangslast fast 20 Prozent und bei Volllast knapp 40 Prozent, bei 200 Prozent Last verlor der Switch schon gut 23 Prozent in der zweithöchsten Priorität. Bei der Messung mit 512-Byte- wie auch mit den 1518-Byte-Paketen kamen wir zu praktisch identischen Ergebnissen. Auch bei den Layer-3-Messungen zeigte der Switch ein identisches Verhalten. Eine Vergrößerung der Burst-Size auf 100 Frames führte zu den selben Verlustraten und veränderte die Messwerte nicht nennenswert.

Dass es auch besser geht, zeigte Allied Telesyns Rapier-24i: 0 Prozent Datenverlust in der höchsten Priorität bei Volllast und 0 Prozent in der zweithöchsten Priorität bei 200 Prozent Last an den Ausgangsports bei der Layer-2-Priorisierung und allen gemessenen Paketgrößen entsprechen dem theoretischen Idealwert. Und auch bei den Messungen mit Layer-3-Priorisierung ließ sich der Rapier-24i keine unbeabsichtigten Datenverluste nachweisen. Selbst eine Burst-Size von 100 Frames konnte den Rapier-24i hier nicht weiter beeindrucken.

BATMs T5-Pro zeigte auf Layer-2 Idealwerte. Etwas »wackeliger« wirkte er dann bei den Messungen mit Layer-3-Priorisierung und 64-Byte-Paketen. Hier verlor er geringfügig Daten in den oberen Prioritäten – und zwar nicht bei Volllast, sondern interessanterweise schon bei den Messungen zwischen 50 und 133 Prozent Ausgangslast. Absolut liegen die Verluste aber im Bereich der dritten Stelle hinter dem Komma und sind so als unkritisch einzustufen. Bei den Messungen mit größeren Frames war die Priorisierungswelt dann völlig in Ordnung. Bei den Burst-Size-100-Messungen zeigte der BATM-Switch dann, dass er an die Grenzen seines Pufferspeichers gelangt. So verlor er beispielsweise bei der Layer-3-Messung mit 1518-Byte-Datenrahmen und 200 Prozent Ausgangslast nicht erforderliche 2,33 Prozent in der zweithöchsten Priorität. Die Werte der Layer-2-Messung sind mit denen der Layer-3-Messungen praktisch identisch. Datenverluste in der höchsten Priorität waren hier nicht messbar. BATMs zweiter Switch im Testfeld, der T5-Routing-Switch, arbeitete hier auf Layer-2 völlig unauffällig und priorisierte standardkonform und fehlerfrei. Auch die Messungen mit Layer-3-Priorisierung verliefen ohne Befund. Bei den Burst-Size-

Datenverlustverhalten der vier Prioritäten



x-Achse von links nach rechts: Mittelwert, niedrigste Priorität, zweithöchste Priorität, höchste Priorität; y-Achse: Datenverlustrate in Prozent; z-Achse: Last an den Ausgangsports in Prozent. Bei einer standardkonformen Priorisierung müsste der jeweilige Switch bei steigender Überlast kontinuierlich steigende Verlustraten in der niedrigsten Priorität zeigen. Erreicht die Verlustrate in der niedrigsten Priorität 100 Prozent, sollte er bei weiter steigender Eingangslast kontinuierlich bis 100 Prozent ansteigende Verlustraten in der zweithöchsten Priorität erzeugen. Sind auch dort die 100 Prozent erreicht, müsste sich die Kurve der zweithöchsten Priorität bei weiter steigender Last ebenso der 100-Prozent-Marke kontinuierlich nähern und diese bei 400 Prozent Last an den Ausgangsports erreichen. In der höchsten Priorität dürfen auch bei Volllast keine Datenverluste messbar sein.

Fast-Ethernet vs. Gigabit-Ethernet: Da bei dieser Messreihe nur eine maximale Last von 240 Prozent an den Ausgangsports erreichbar ist – für 400 Prozent hätten wir mit 40 Fast-Ethernet-Ports auf einen Gigabit-Ethernet-Port senden müssen, aber unsere Test-Spezifikation hat als Mindestanforderung 24 Fast-Ethernet-Ports gefordert – sind moderate Verluste in der zweithöchsten Priorität normal. In der höchsten Priorität dürfen auch hier bei Volllast keine Datenverluste messbar sein.

100-Messungen verhielt sich der zweite BATM-Switch im Test praktisch genauso wie sein »Bruder«, der T5-Pro. Bei der Layer-3-Messung mit 1518-Byte-Datenrahmen und 200 Prozent Ausgangslast verlor er 2,37 Prozent in der zweithöchsten Priorität.

Mustergültig priorisierte Cisco Catalyst-2950 bei allen Messungen mit Layer-2-Priorisierung. Auch in der Disziplin der Layer-3-Priorisierung arbeitete das Cisco-System standardkonform. Selbst durch eine Burst-Size von 100 Frames ließ sich der Switch nicht zu ungebührlichen Paketverlusten hinreißen. Auch Cisco Catalyst-6505 zeigte auf Layer-2 wie auf Layer-3 zwar keine nennenswerten Verluste in der höchsten Priorität – so betrug der maximale Packet-Loss bei der Messung mit 1518-Byte-Paketen maximal 0,0018 Prozent – allerdings verwarf der Switch mehr Daten in der zweithöchsten Priorität, als theoretisch erforderlich. So betrug der Datenverlust in der zweithöchsten Priorität schon bei 200 Prozent Ausgangslast bei allen Frame-Größen rund 8,5 Prozent, obwohl hier noch keine Datenverluste erforderlich wären. Bei den Burst-Size-100-Messungen mit großen Frames traten dann frühzeitig Probleme in der niedrigsten Priorität auf, hier verlor der große Cisco-Switch bereits bei einer Ausgangslast von 50 Prozent 66 Prozent. Der Maximalverlust in der höchsten Priorität blieb auch bei Volllast bei minimalen 0,0015 Prozent. Die erhöhten Verluste in der zweithöchsten Priorität glichen den Ergebnissen mit einer Burst-Size von 1 Frame.

D-Links DES-3326S arbeitete auf Layer-2 wie Layer-3 fehlerfrei und leistete sich keine unnötigen Datenverluste. Probleme hatte der D-Link-Switch dann allerdings bei den Layer-2-Priorisierungs-Messungen mit einer Burst-Size von 100 Frames. Rund 75 Prozent Datenverlust in der höchsten Priorität bei Volllast und allen Rahmengrößen sprechen dafür, dass der DES-3326S hier seine Grenzen schon überschritten hatte.

Geringe Datenverluste bei der Layer-2-Priorisierung konnten wir dagegen dem Enterasys Matrix-E1 bei der Messung mit 512-Byte-Paketen feststellen. Absolut sind Werte von 0,28 Prozent Frame-Loss in der höchsten Priorität bei Volllast aber unbedeutend. Bei den übrigen Messungen mit Layer-2- wie auch mit Layer-3-Priorisierung arbeitete der Switch fehlerfrei. Deutliche Probleme

offenbarte der Enterasys-Switch dann bei allen Messungen mit einer Burst-Size von 100 Frames. So verlor er beispielsweise bei der Layer-3-Messung mit 1518-Byte-Rahmen bereits bei 50 Prozent Ausgangslast rund 49 Prozent in der niedrigsten, rund 61 zweitniedrigsten, circa 57 Prozent in der zweithöchsten und 0,5 Prozent in der höchsten Priorität. Bei steigender Last stiegen die Verluste in allen außer der höchsten Priorität an. Lediglich die höchste Priorität funktionierte bei höherer Last wirklich standardkonform. Dieses Verhalten zeigte der Enterasys-Switch bei allen Messungen dieses Test-Setups mit Layer-2- und Layer-3-Priorisierung und einer Burst-Size von 100 Frames. Extreme Networks Summit-48si priorisierte in dieser Disziplin auf beiden Layern ohne Fehl und Tadel und ließ sich keine unbeabsichtigten Datenverluste nachweisen. Und auch die Messungen mit einer Burst-Size von 100 Frames meisterte der Extreme-Switch ohne nennenswerte Verluste.

Hewlett-Packards Procurve-5304XL verwarf dagegen bei Volllast mit 64-Byte-Paketen und Layer-2-Priorisierung gut 50 Prozent der Daten in der höchsten Priorität. Bei 300 Prozent Last verlor er bereits rund 35 Prozent in der zweithöchsten Priorität. Bei größeren Frames stiegen die Verluste noch geringfügig an, um ein Maximum bei Volllast in der höchsten Priorität von rund 54 Prozent zu erreichen. Die Ergebnisse bei den Messungen mit Layer-3-Priorisierung führten praktisch zu identischen Werten. HP erklärt das Verhalten des Switches mit der implementierten Weighted-Fair-Queuing-Funktionalität. Eine Möglichkeit, den HP-Switch auf das geforderte Strict-Queuing umzuschalten, ist derzeit nicht implementiert. Eine Burst-Size von 100 Datenrahmen machte dem HP-Switch schwer zu schaffen. So verlor er schon bei einer Ausgangslast von 50 Prozent mit 1518-Byte-Paketen und Layer-2-Priorisierung in der zweithöchsten Priorität 49 Prozent der Daten. Der maximale Datenverlust stieg bei dieser Messung erneut auf rund 54 Prozent in der höchsten Priorität an. Auch bei den Messungen mit kleineren Datenrahmen sowie mit Layer-3-Priorisierung änderten sich die Ergebnisse nicht.

Nortels Passport-8603 arbeitete dagegen fehlerfrei und standardkonform – so lange die Burst-Size 1 Frame betrug. Bei den Burst-Size-100-Messungen und großen Paketen bekam dann auch der Nortel-Switch



deutliche Probleme. Allerdings blieb die höchste Priorität dabei immer von Datenverlusten verschont, in der zweithöchsten Priorität verlor der Switch dagegen schon bei einer Ausgangslast von 50 Prozent und Layer-2-Priorisierung rund 80 Prozent in der niedrigsten, gut 44 Prozent in der zweitniedrigsten und fast 10 Prozent in der zweithöchsten Priorität. Die Messungen mit Layer-3-Priorisierung ergaben praktisch identische Ergebnisse.

Fast-Ethernet vs. Gigabit-Ethernet

In unserem zweiten Test-Setup, dem Many-to-One-Test, haben wir auf 24 Fast-Ethernet-Ports parallel Datenrahmen gesendet und diese an einen Gigabit-Ethernet-Uplink adressiert. Dabei waren die Datenströme wie zuvor unterschiedlich priorisiert, jeder der 24 Fast-Ethernet-Ports sendete je vier Datenströme der vier Prioritäten an den Gigabit-Ethernet-Uplink.

Die Last an den Eingangsports startete jeweils bei 21 Prozent und wurde dann in entsprechenden Schritten auf 100 Prozent erhöht. Das bedeutete an den Ausgangsports eine Last zwischen 50 Prozent und 240 Prozent – dabei waren die Lastanteile 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-2 und auf Layer-3 durchgeführt.

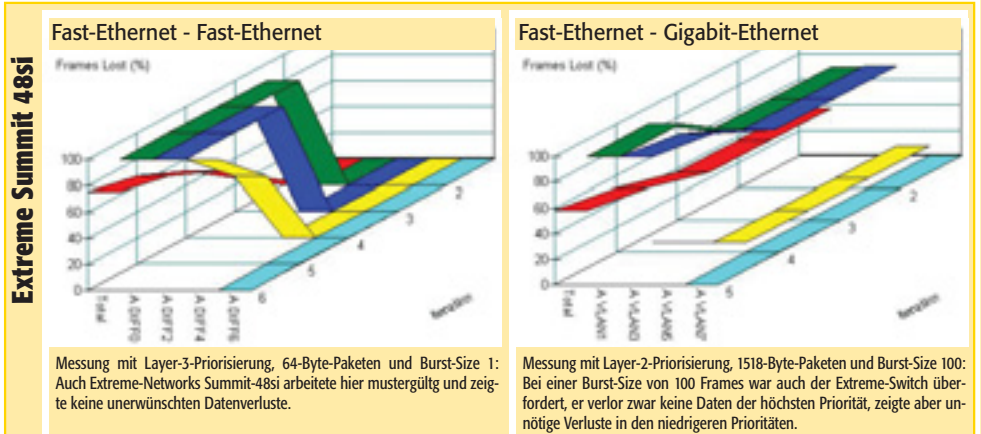
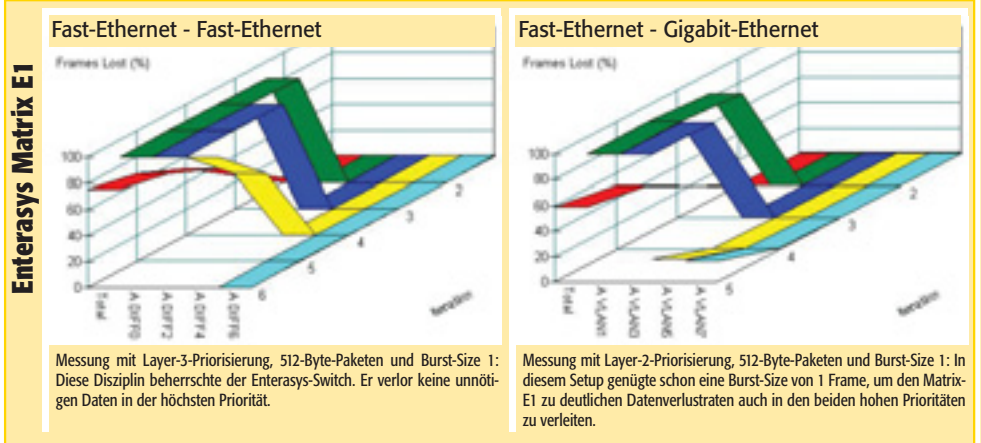
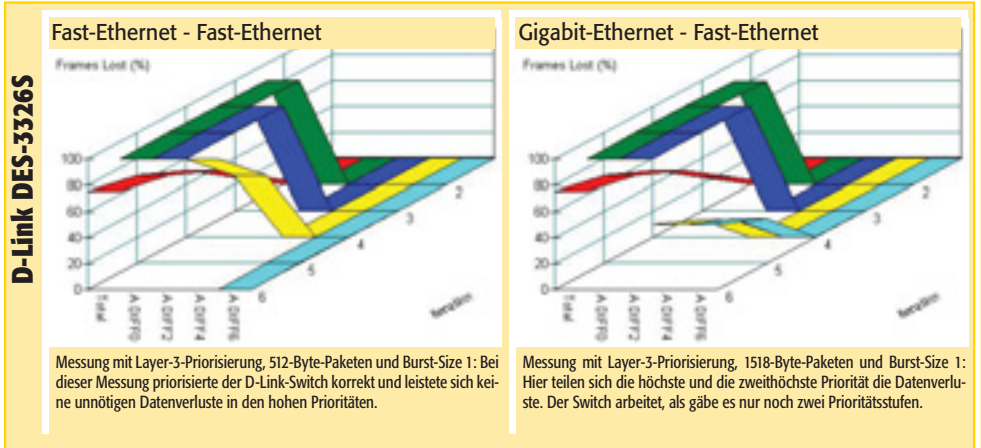
Nacheinander hat der Smartbits-Generator wieder Datenströme bestehend aus Datenrahmen von je 64, 512 und 1518 Byte erzeugt. Auch hier haben wir die einzelnen Messreihen jeweils für die unterschiedlichen Priorisierungstechniken auf Layer-2 und auf Layer-3 durchgeführt. Alle Messungen haben wir zunächst mit Burst-Size 1 und dann mit Burst-Size 100 durchgeführt, um auch aussagefähige Ergebnisse in Bezug auf die Puffer-Speicherkapazität zu erhalten.

3Coms Superstack-3-4400 verlor zwar auch bei den Messungen mit Layer-2-Priorisierung und unter Vollast keine Frames in der höchsten Priorität, zeigte aber zu wenig Datenverluste in den niedrigen Prioritäten von rund 95 und 90 Prozent, was zu Lasten der zweithöchsten Priorität von fast 50 Prozent führte. Würde der Switch fehlerfrei arbeiten, würde er bei dieser Messung maximal rund 33 Prozent Datenverlust in der zweithöchsten Priorität zeigen. Die

Messungen mit Layer-3-Priorisierung führten zu identischen Ergebnissen. Keine Datenverluste in der höchsten Priorität lautete auch bei einer Burst-Size von 100 Frames die Diagnose. Allerdings verlor der Switch dafür schon bei der geringsten Eingangslast viel zu viele Daten der niedrigeren Prioritäten. Beispielsweise betrug der Frame-Loss bei der Layer-2- wie auch bei der Layer-3-Messung mit einer Last von 50 Prozent und 64-Byte-Paketen fast 23 Prozent in der zweithöchsten Priorität. Allied Telesyns Rapier-24i arbeitete dagegen auf Layer-2 wie auch

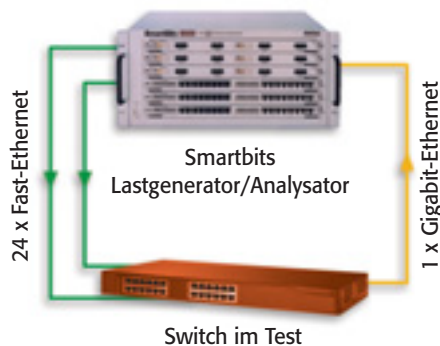
auf Layer-3 standardkonform und zeigte auch bei Maximallast keine Verluste in der höchsten Priorität. Ähnliche Probleme wie der 3Com-Switch hatte der Rapier-24i dann bei den Layer-2- wie Layer-3-Messungen mit einer Burst-Size von 100 Frames. Hier verlor das System durchweg schon bei der geringsten Eingangslast über 50 Prozent der Daten in der niedrigsten und der zweitniedrigsten Priorität. Und auch in der zweithöchsten Priorität verlor der Switch zum Teil schon sehr früh Daten. So betrug der Datenverlust in der zweithöchsten Priorität bei

Datenverlustverhalten der vier Prioritäten



Test-Setup

Fast-Ethernet vs. Gigabit-Ethernet



x-Achse von links nach rechts: Mittelwert, niedrigste Priorität, zweitniedrigste Priorität, zweithöchste Priorität, höchste Priorität; y-Achse: Datenverlustrate in Prozent; z-Achse: Last an den Ausgangsports in Prozent. Bei einer standardkonformen Priorisierung müsste der jeweilige Switch bei steigender Überlast kontinuierlich steigende Verlustraten in der niedrigsten Priorität zeigen. Erreichte die Verlustrate in der niedrigsten Priorität 100 Prozent, sollte er bei weiter steigender Eingangslast kontinuierlich bis 100 Prozent anstehende Verlustraten in der zweitniedrigsten Priorität erzeugen. Sind auch dort die 100 Prozent erreicht, müsste sich die Kurve der zweithöchsten Priorität bei weiter steigender Last ebenso der 100-Prozent-Marke kontinuierlich nähern und diese bei 400 Prozent Last an den Ausgangsports erreichen. In der höchsten Priorität dürfen auch bei Vollast keine Datenverlusten messbar sein. Fast-Ethernet vs. Gigabit-Ethernet: Da bei dieser Messreihe nur eine maximale Last von 240 Prozent an den Ausgangsports erreichbar ist – für 400 Prozent hätten wir mit 40 Fast-Ethernet-Ports auf einen Gigabit-Ethernet-Port senden müssen, aber unsere Test-Spezifikation hat als Mindestanforderung 24 Fast-Ethernet-Ports gefordert – sind moderate Verluste in der zweithöchsten Priorität normal. In der höchsten Priorität dürfen auch hier bei Vollast keine Datenverlusten messbar sein.

lediglich 50 Prozent Ausgangslast bei der Messung mit Layer-3-Priorisierung und 1518-Byte-Paketen immerhin 4,3 Prozent. Lediglich die Daten der höchsten Priorität kamen immer »ungeschoren« durch.

BATMs T5Pro zeigte in der Uplink-Disziplin Probleme mit kleinen Datenrahmen. So verlor er bei der Messung mit Layer-3-Priorisierung und 64-Byte-Paketen bei Volllast rund 16 Prozent in der höchsten Priorität. Mit Layer-2-Priorisierung erreichte er bei ansonsten gleichen Parametern lediglich eine Datenverlustrate von gut 1 Prozent. Bei den Messungen mit einer Burst-Size von 100 Frames pendelten die maximalen Datenverlustraten dann bei allen Messungen um die 18 Prozent in der höchsten Priorität. BATMs T5-Routing-Switch arbeitete hier deutlich zuverlässiger. Die maximale gemessene Datenverlustrate haben wir mit 0,87 Prozent in der höchsten Priorität ermittelt. Diesen Wert erzielte der zweite BATM-Switch im Testfeld bei der Messung mit 64-Byte-Paketen und Layer-2-Priorisierung. Mit einer Burst-Size von 100 Frames hatte dann auch der T5-Routing-Switch Probleme. Hier pendelten dann bei allen Messungen die maximalen Datenverlustraten in der höchsten Priorität zwischen 15 und 20 Prozent.

Cisco Catalyst-2950 zeigte hier tendenziell Probleme mit kleinen Datenpaketen. So verlor er zwar keine Daten der höchsten Priorität, verwarf aber zu viele Daten der zweithöchsten Priorität. So verlor er beispielsweise bei der Messung mit Layer-3-Priorisierung mit 64-Byte-Paketen unter Volllast rund 38,6 Prozent. Das sind gut fünf Prozent mehr, als theoretisch erforderlich. Dafür verlor das Gerät bei diesen Parametern nur 94,7 Prozent in der zweithöchsten Priorität, hier wäre ein Totalverlust zu erwarten gewesen. Massive Probleme zeigte der Cisco-Switch dann bei den Messungen mit einer Burst-Size von 100 Frames. Hier verlor der Cisco-Switch ähnlich wie der Rapier-24i oder der Superstack-3-4400 schon bei der geringsten Eingangslast an die 60 Prozent der Daten in den beiden niedrigen Prioritäten. In den beiden hohen Prioritäten verhielt er sich ähnlich wie bei den Messungen mit Burst-Size 1.

Cisco Catalyst-6505 verwarf hier zwar keine Daten der höchsten Priorität, verlor aber durchgängig zu viele Daten in der zweithöchsten Priorität. So betrug der maximale Datenverlust bei Volllast in der zweithöchsten Priorität bei der Messung mit Layer-2-Priorisierung 37,6 Prozent, der Idealwert liegt hier

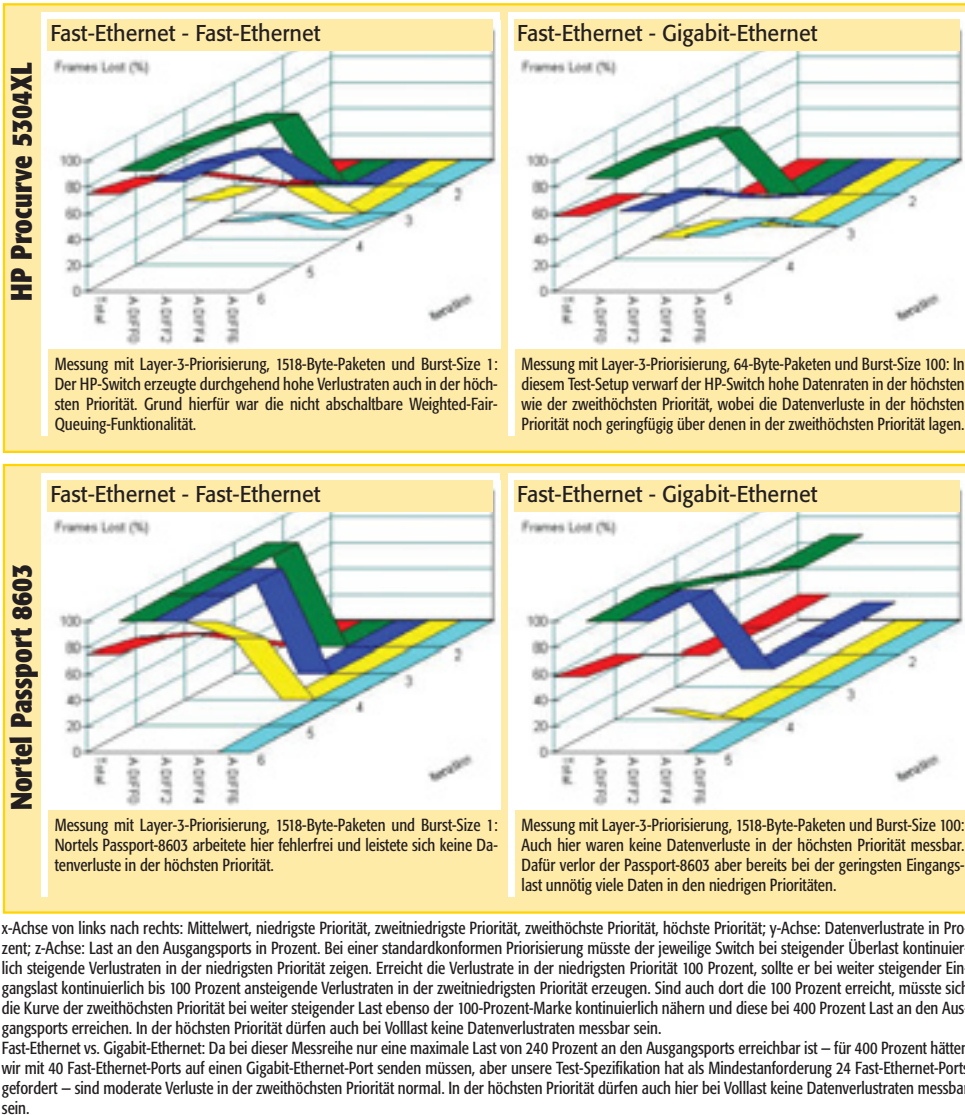
bei 33 Prozent. Die hier zu viel verworfenen Daten gingen zu Gunsten der zweitniedrigsten Priorität, die hier auf einen Maximalverlust von rund 95,67 Prozent kam, obwohl ein Totalverlust zu erwarten gewesen wäre. Probleme mit großen Datenrahmen zeigten sich dann wieder bei den Burst-Size-100-Messungen. Die Datenrahmenverluste betrafen zwar nicht die höchste Priorität, in den übrigen Prioritäten verlor der Switch aber schon bei einer Ausgangslast von 50 Prozent, bei der noch keinerlei Datenverluste erforderlich wären, bereits 73 Prozent der niedrigsten, gut 53 Prozent der zweitniedrigsten und fast 26 Prozent in der zweithöchsten Priorität.

Ohne Befund arbeitete D-Links DES-3326S bei allen Messungen dieses Szenarios, so lange die Burst-Size 1 betrug. Probleme hatte der D-Link-Switch dann gleichfalls bei der Burst-Size 100. Hier verlor auch der D-Link-Switch bereits bei der geringsten Ausgangslast beispielsweise bei der Messung mit 64-Byte-Paketen und Layer-2-Priorisierung fast 60 Prozent in den beiden niedrigen Prioritäten und bei Volllast verwarf er gut 88 Prozent in der zweithöchsten Priorität. Probleme mit kleinen Datenrahmen hatte der Matrix-E1 von Enterasys. So verlor der Switch bei den Messungen mit 64-Byte-Paketen und einer Burst-Size von 1 Frame mit Layer-2-Priorisierung gut 19 Prozent und mit Layer-3-Priorisierung fast 15 Prozent in der höchsten Priorität. Aber auch bei größeren Datenpaketen hatte der Matrix-E1 teils größere Probleme, so verlor er bei der Messung mit Layer-2-Priorisierung und 1518-Byte-Rahmen rund 12,7 Prozent der Daten in der höchsten Priorität. Eine Burst-Size von 100 Frames machte dem Enterasys-Switch dann zusätzlich Probleme, so dass er beispielsweise bei der Messung mit 64-Byte-Paketen und Layer-2-Priorisierung bereits bei der geringsten Eingangslast 18,7 Prozent in der höchsten Priorität erreichte.

Extremes Summit-48si arbeitete bei allen Burst-Size-1-Messungen in diesem Szenario fehlerfrei, die Datenverluste lagen wie theoretisch zu erwarten ist bei Volllast in den beiden niedrigen Prioritäten bei rund 100 Prozent und in der zweithöchsten Priorität bei rund 33 Prozent. Auch bei einer Burst-Size von 100 Frames und 64-Byte-Paketen war die Welt noch in Ordnung. Bei den Messungen mit größeren Datenrahmen bekam dann aber auch der Extreme-Switch Probleme sowohl bei der Layer-2- wie auch bei der Layer-3-Priorisierung. So verlor der Summit-48si sowohl in der niedrigsten wie auch in der zweitniedrigsten Priorität bei der Messung mit 1518-Byte-Paketten und Layer-2-Priorisierung schon bei der geringsten Eingangslast rund 70 Prozent der Daten. Gleichfalls bei der niedrigsten Eingangslast verwarf der Extreme-Switch in der zweithöchsten Priorität bereits rund 7 Prozent Daten. Frei von Datenverlusten blieb lediglich die höchst Prioritätsstufe.

Recht hohe Verlustraten produzierte auch HPs Procurve-5304XL bei praktisch allen Messungen mit einer Burst-Size von 1 Frame. Dabei schwankten die maximalen Verlustraten in der höchsten Priorität zwischen rund 18 bei der Messung mit Layer-2-Priorisierung und 64-Byte-Rahmen und fast 43 Prozent bei der Messung mit Layer-3-Priorisierung und 64-Byte-Rahmen. HP erklärt das Ver-

Datenverlustverhalten der vier Prioritäten



halten auch hier mit dem Hinweis auf die Weighted-Fair-Queuing-Funktionalität des Switches. Warum dann aber der Switch beispielsweise bei der Messung mit Layer-3-Priorisierung und 64-Byte-Paketen in der höchsten Priorität bei Volllast rund 42,88 und in der zweithöchsten Priorität 41,42 Prozent der Daten verliert, ist damit noch nicht geklärt. Eine Möglichkeit, den HP-Switch auf das geforderte Strict-Queuing umzuschalten, ist wie gesagt derzeit nicht implementiert. Pufferspeicherprobleme zeigte der HP-Switch dann bei der Messung mit einer Burst-Größe von 100 Datenrahmen. Hier waren deutliche Datenverluste schon bei der kleinsten Eingangslast in allen Prioritäten zu messen.

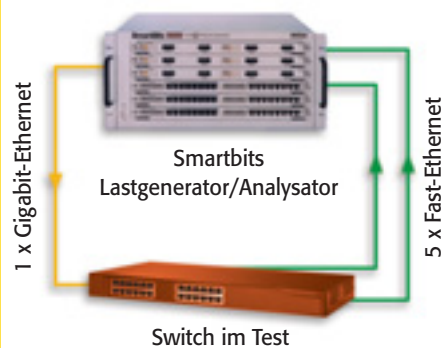
Nahezu den theoretischen Idealwerten entsprechen alle Messergebnisse in diesem Test-Setup mit Nortels Passport-8603 mit der Burst-Size von 1 Frame. Datenverluste in der höchsten Priorität waren in keinem Fall messbar. Probleme hatte der Nortel-Switch dagegen bei einer Burst-Size von 100 Frames und großen Datenrahmen. Auch hier verteilten sich die Verlustraten bei Volllast standardkonform und es kam zu keinen Datenverlusten in der höchsten Priorität. Allerdings verlor der Switch schon bei der geringsten Eingangslast beispielsweise bei der Messung mit 1518-Byte-Rahmen und Layer-2-Priorisierung bereits über 65 Prozent der Daten in der niedrigsten und fast 14 Prozent in der zweitniedrigsten Priorität.

Gigabit-Ethernet vs. Fast-Ethernet

Bei den One-to-Many-Tests haben wir nun zwei Gigabit-Ethernet-Ports und fünf Fast-Ethernet-Ports verwendet. Von den Gigabit-Ethernet-Uplinks wurden jeweils vier Datenströme der vier Prioritäten

Test-Setup

Gigabit-Ethernet vs. Fast-Ethernet



zu den fünf Fast-Ethernet-Ports gesendet. Dabei sendete jeder Input-Port vier Datenströme der vier Prioritätsklassen an jeden Output-Port. In nacheinander folgenden Messungen hat der Spirent-Lastgenerator Datenströme bestehend aus Datenrahmen von je 64, 512 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 Puffer-Speicherkapazität zu erhalten.

Die Last an den Eingangsports startete jeweils bei 12,5 Prozent und wurde dann in entsprechenden Schritten auf 100 Prozent erhöht. Das bedeutete an

den Ausgangsports eine Last zwischen 50 Prozent und 400 Prozent – dabei waren die Lastanteile 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-2 und auf Layer-3 durchgeführt.

Auch in der Gigabit-Ethernet-Fast-Ethernet-Disziplin geriet der 3Com-Superstack-3-4400 schnell an seine Grenzen. Bei allen Messungen mit Layer-2- und Layer-3-Priorisierung und einer Burst-Size von 1 Frame verlor der 3Com-Switch bei Volllast rund 40 Prozent in der höchsten und rund 70 Prozent in der zweithöchsten Priorität. Schon bei 300 Prozent Ausgangslast betrug der Packet-Loss in der höchsten Priorität um die 20 Prozent. Bei einer Burst-Size von 100 Frames änderte sich an den Ergebnissen gegenüber den Messungen mit der Burst-Size von 1 Frame praktisch nichts.

Allied Telesyns Rapier-24i verhielt sich bei den Layer-2-Messungen mit Burst-Size 1 standardkonform und leistete sich keine Datenverluste in der höchsten Priorität. Bei den Messungen mit Layer-3-Priorisierung zeigte der Rapier-24i dann eine Schwäche bei größeren Frames. Betrug der Datenverlust in der höchsten Priorität bei Volllast mit 512-Byte-Paketen noch rund 0,5 Prozent, so kam er bei der Messung mit 1518-Byte-Paketen auf einen maximalen Datenverlust in der höchsten Priorität von gut 31 Prozent. Die gleiche Schwäche zeigte der Rapier-24i dann auch bei den Burst-Size-100-Messungen. Waren die Verluste bei dieser Messung mit 512-Byte-Paketen noch gering, so versagte der Switch bei der Messung mit 1518-Byte-Paketen. Hier stagnierten die Datenverlustraten in der höchsten Priorität unabhängig von der Eingangslast bei über 30 Prozent.

Geringe Datenverlustraten in der höchsten Priorität bei Volllast waren dem BATM-T5-Pro nachzuweisen. Dabei stieg die Verlustrate mit zunehmender Rahmengröße an. Allerdings ist ein maximaler Datenverlust von rund 0,024 Prozent absolut bei den Messungen mit Burst-Size 1 unkritisch. Die Ergebnisse der Messungen mit einer Burst-Size von 100 Frames differierte hier nicht signifikant. BATMs T5-Routing-Switch unterscheidet sich in seinen Messergebnissen praktisch nicht von seinem »Bruder« T5-Pro und erzeugte bei allen Messungen nur sehr geringe Datenverlustraten.

Schlicht mustergültig verhielt sich Cisco Catalyst-2950 bei den Burst-Size-1-Messungen sowohl im Bereich der Layer-2- wie auch der Layer-3-Priorisierung. Und auch bei unseren Messungen mit Burst-Size 100 arbeitete der Cisco-Switch im Downlink-Szenario fehlerfrei. Auch Cisco Catalyst-6505 hat sich im Test-Setup »Gigabit-Ethernet-Fast-Ethernet« bei den Messungen mit einer Burst-Size von 1 Frame gut gehalten und keine ungebührlichen Datenverlustraten erzeugt. Nicht erforderliche Datenverlustraten waren dann bei einer Burst-Size von 100 Frames messbar. So verlor der große Cisco-Switch bereits bei der geringsten Eingangslast in der Messung mit 1518-Byte-Frames und Layer-3-Priorisierung 4,2 Prozent der Daten in der niedrigsten Priorität, obwohl hier theoretisch noch gar keine Verluste erforderlich gewesen wären. Die Datenströme der höchsten Priorität wurden jedoch nicht

weiter beeinträchtigt. D-Links DES-3326S »mochte« in diesem Szenario weder bei den Layer-2- noch bei der Layer-3-Messungen große Datenpakete. Bei den Messungen mit 512-Byte-Paketen verwarf er noch standardkonform praktisch alle Daten der unteren drei Prioritäten, die am höchsten priorisierten Daten kamen zu 100 Prozent durch. Bei den Messungen mit 1518-Byte-Paketen verteilte der D-Link-Switch dann plötzlich bei Volllast die Datenverluste zu je 50 Prozent auf die höchste und die zweithöchste Priorität. Bei den Burst-Size-100-Messungen verhielt sich der D-Link-Switch dann exakt genauso wie bei der Burst-Size von 1 Frame.

Geringe aber messbare Verlustraten zeigte der Enterasys Matrix-E1 auch in diesem Szenario, wobei ein Maximalwert von 0,28 Prozent Datenverlust mit Layer-2-Priorisierung und 64-Byte-Paketen unkritisch ist. Spürbar »nervöser« zeigte sich der Matrix-E1 bei den Messungen mit einer Burst-Size von 100 Frames. Hier verlor er bei der Messung mit Layer-2-Priorisierung und 64-Byte-Paketen schon bei der geringsten Eingangslast gut 5 Prozent in der höchsten Priorität. Bei zunehmender Last stabilisierte sich der Switch dann und produzierte bei Volllast noch 0,0016 Prozent Datenverlust in der höchsten Priorität. Extremes Summit-48si arbeitete dagegen bei allen Frame-Größen mit Layer-2- und Layer-3-Priorisierung standardkonform und korrekt. Auch der Wechsel der Burst-Size von 1 Frame auf 100 Frames konnte den Summit-48si in dieser Disziplin nicht erschüttern. Ein Datenverlust in der höchsten Priorität war hier nicht nachweisbar.

Auch im Downlink-Szenario ließ sich der HP-Procurve-5304XL nicht davon abbringen, massiv Daten in der höchsten Priorität zu verwerfen. So betrug die Verlustrate bei Volllast beispielsweise bei Layer-3-Priorisierung und 64-Byte-Paketen rund 53 Prozent. Da das Datenverlustverhalten sich in diesem Test-Setup bei allen Messungen weitgehend ähnelt, ist davon auszugehen, dass das Verhalten des Switches auch in diesem Fall auf das implementierte Weighted-Fair-Queuing zurückzuführen ist. Eine Möglichkeit, den HP-Switch auf das geforderte Strict-Queuing umzuschalten, ist derzeit nicht implementiert. Nortels Passport-8603 verhielt sich dagegen in diesem Szenario mustergültig und ließ sich keine außerplanmäßigen Datenverluste nachweisen. Auch bei den Messungen mit einer Burst-Size von 100 Frames zeigte der Switch keine nennenswerten Schwächen.

— Anzeige —

FORUM
NETWORK
COMPUTING
SF
SECURITY
NGG

Mit dem kostenlosen
News-Flash des Security Forums
informieren wir Sie monatlich über aktuelle
Themen aus der Security-Welt. Abos unter
www.security-forum-news.de

Fazit

Sieben von insgesamt elf LAN-Switches in beiden Testfeldern unseres großen Switch-Vergleichstests haben teils massive Probleme mit der Datenpriorisierung, wenn es im Netz einmal eng wird. Darüber hinaus haben die Messungen in unseren Real-World Labs an der FH Stralsund gezeigt, dass alle Switches in beiden Testfeldern bei einer erhöhten Burst-Size teils deutlich mehr Daten in den niedrigeren Prioritäten verloren, als es vom Gesamtdurchsatz im Testsetup her nötig gewesen wäre.

3Coms Superstack-3-4400, Allied Telesyns Rapier-24i, BATMs T5-Pro, D-Links DES-3326S, Enterasys Matrix-E1 und HPs 5304XL patzten bereits bei den Messungen mit einer Burst-Size von 1 Frame und verloren im einen oder anderen Test-Setup mehr oder weniger massiv an Daten in der höchsten Priorität, was zur entsprechenden Abwertung in der Report-Card führte. Dieses Verhalten ist vermutlich auf Architekturprobleme zurück zu führen. Einen Sonderfall bildet in dieser Gruppe das HP-System. Die Weighted-Fair-Queuing-Funktionalität des HP-Switches, die dafür sorgen soll, dass auch in den niedrigeren Prioritäten Mindestbandbreiten reserviert bleiben, ist Schuld daran, dass der HP-Switch unter entsprechender Last auch in der höchsten Priorität zu massiven Datenverlusten neigt und entsprechend in der Bewertung einbricht. Eine Möglichkeit, den HP-Switch auf das geforderte Strict-Queuing umzustellen, gab es wie berichtet leider nicht. Hier wird also unter entsprechenden Umständen das Feature zum Bug – sicherlich ist Weighted-Fair-Queuing in bestimmten Szenarien gewünscht und sinnvoll, in unserem Testscenario sollten aber notfalls zu Gunsten der höchsten Priorität – die wir für bandbreitenintensive Video-Anwendungen gefordert hatten – alle übrigen Daten verworfen werden, was mit dem HP-Switch nicht möglich war. Nach Angaben von HP soll eine Umschaltmöglichkeit auf Strict-Queuing im Pflichtenheft der Software-Entwickler stehen.

Die Messungen mit einer Burst-Size von 100 Frames brachten dann alle Switches im Testfeld in einen oder anderen Szenario in Verlegenheit. Da unsere Report-Card-Wertung ausschließlich die Datenverluste in der höchsten Priorität würdigt, schlagen sich diese Probleme nur dann in der Wertung nieder, wenn wir auch entsprechende Verluste in der

höchsten Priorität messen konnten. Generell neigten aber alle Switches dazu, bei einer Burst-Size von 100 Frames insgesamt mehr Daten zu verlieren, als aufgrund des möglichen Durchsatzes zu erwarten wäre. Die Gründe für dieses Verhalten sind sicherlich im Bereich der Pufferspeichergroße zu suchen, viele Hersteller sparen hier immer noch am Speicher

– und somit in vielen Fällen am falschen Ende. Wird der Pufferspeicher im Stresstest knapp, bestimmt nicht mehr die eingestellte Priorisierung das Datenverlustverhalten des jeweiligen Switches in den niedrigeren Prioritäten, sondern die Kapazität des ent-



sprechenden Pufferspeichers. Keine messbaren Datenverluste in der höchsten Priorität bei allen Messungen unseres Switch-Tests können wir nur Ciscos Catalyst-2950, dessen »großen Bruder« Catalyst-6506, Extreme Networks Summit-48si sowie Nortels Passport-8603 bescheinigen. Diese vier Switches ließen sich in allen drei Test-Setups – Fast-Ethernet

vs. Fast-Ethernet, Fast-Ethernet vs. Gigabit-Ethernet sowie Gigabit-Ethernet vs. Fast-Ethernet – und bei allen gemessenen Frame-Größen keine Schwächen nachweisen. Dass auch sie bei Volllast und entsprechenden Bursts im Netz nicht mehr unbeeinträchtigt weiter arbeiten, zeigten die Messungen mit einer Burst-Size von 100 Frames. Hierbei verloren die Testsieger zwar keine Daten in der höchsten Priorität, daher erhalten sie in der Report-Card auch die Bestnote. Diese sollte aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass auch die vier Testsieger bei den Messungen mit Burst-Size 100 zum Teil schon bei geringen Eingangslasten massive Datenverluste in den niedrigeren Prioritäten zeigten und von der Gesamtleistung daher einbrachen. Dieses Verhalten ist ein klares Indiz dafür, dass die Hersteller hier am Pufferspeicher und somit am falschen Ende sparen. Wird der Pufferspeicher im Stresstest knapp, bestimmt nicht mehr die eingestellte Priorisierung das Datenverlustverhalten des jeweiligen Switches in den niedrigeren Prioritäten, sondern die Kapazität des entsprechenden Speichers. Auffällig ist auch, dass es tendenziell einen Zusammenhang

zwischen der Gesamtlast, die der jeweilige Switch zu bewältigen hatte, und der fehlerfreien Funktion einen deutlichen Zusammenhang gibt. Die wenigsten Probleme hatten die Switches im Testfeld mit unserem Fast-Ethernet-Fast-Ethernet-Test-Setup. Hier betrug die Gesamtlast, die zu bewältigen war, aufgrund der verfügbaren Ports 1,6 GBit/s. Im Test-Setup Gigabit-Ethernet-Fast-Ethernet konnten wir zwei Gigabit-Ethernet-Ports einsetzen, die Last für die Switches betrug folglich 2 GBit/s. Hier traten schon mehr Probleme auf. Am schwersten taten sich die Switches dann im Szenario Fast-Ethernet-Gigabit-Ethernet. Hier sendeten 24 Fast-Ethernet-Ports auf einen Gigabit-Ethernet-Port, die Datenlast lag folglich bei 2,4 GBit/s. Diese unterschiedlichen Gesamtlasten belasteten natürlich auch insbesondere im Burst-Size-100-Modus die Pufferspeicher entsprechend unterschiedlich. Dabei war auch erwartungsgemäß festzustellen, dass Pufferspeicherprobleme eher bei den Messungen mit größeren Frames auftraten.

Als Konsequenz aus den vorliegenden Testergebnissen für das Design konvergenter, Echtzeitfähiger

erfordernder Ethernet-Netze, die auch als Medium für moderne Anwendungen wie die Bewegtbildübertragung dienen sollen, bleibt vorerst trotz aller vollmundigen Versprechungen der Hersteller die Empfehlung gültig, möglichst nicht an die Leistungsgrenzen der aktiven Komponenten zu gehen und nach der Bandbreite-satt-Strategie zu planen. – Eine Empfehlung, die dem Fazit der Tests in den Vorjahren leider sehr ähnelt. Die aktuellen Testergebnisse deuten darauf hin, dass die Produktentwicklung bei den Herstellern aktiver Komponenten im Gegensatz zum Marketing nur schleppend voran kommt. Von einer wirklichen, bedenkenlosen Echtzeitfähigkeit sind derzeit noch alle Hersteller ein mehr oder weniger großes Stück entfernt, darüber sollten auch die zum Teil recht erfreulichen Wertungen nicht hinweg täuschen. Es bleibt zu hoffen, dass manche Hersteller den Bereich Forschung und Entwicklung im Zuge der allgemeinen Konsolidierung nicht ganz abgeschafft haben. Denn Grundlage eines langfristigen Geschäftserfolgs können nur möglichst fehlerfrei funktionierende Produkte sein.

Prof. Dr. Bernhard G. Stütz, [dg]

Info

Als Lastgenerator und Analysator haben wir in den Real-World Labs der Network Computing einen »Smartbits 6000B Traffic Generator/Analyser« von Spirent eingesetzt. Das rund 100 000 Euro teure System ist mit der Software »SmartFlow 1.30.020« ausgestattet und mit 24 Fast-Ethernet-Ports sowie zwei Gigabit-Ethernet-Ports bestückt. Alle Ports können softwareseitig als Lastgeneratorausgang und/oder als Analysatoreingang konfiguriert werden. Die Class-of-Service (»Quality of Service«) der Switches im Testfeld haben wir in verschiedenen Mess- und Testreihen nach den Testverfahren gemäß RFC 2544 gemessen. In diesen Tests haben wir zunächst Rahmen der Ebene 2 untersucht. Die vorliegenden Class-of-Service-Tests analysieren im ersten Schritt die Prioritätsmechanismen entsprechend IEEE 802.1p/Q. Im zweiten Schritt haben wir dann die Layer-3-Priorisierung nach ToS und DiffServ untersucht. Alle Messungen haben wir mit Smartbits durchgeführt und analysiert.

Unseren zweiten Lastgenerator und Analysator »Ixia 1600 Traffic Generator/Analyser« haben wir dann genutzt, um Kontrollmessungen durchzuführen und die ermittelten Ergebnisse zu vergleichen. Unser Ixia-System war mit 24 Fast-Ethernet-Ports sowie vier Gigabit-Ethernet-Ports bestückt. Alle Ports können softwareseitig als Lastgeneratorausgang und/oder als Analysatoreingang konfiguriert werden.

In unseren Testscenarien gemäß RFC 2544 haben wir verschieden priorisierte Datenströme von einem oder mehreren Eingangsports auf einen oder mehrere Ausgangsports gesendet. Hierbei sind in unserem Testscenario Fast-Ethernet- sowie in der zweiten und dritten Testreihe auch Gigabit-Ethernet-Interfaces zum Einsatz gekommen. Die die Priorisie-

So testete Network Computing

rung bestimmenden Bits wurden im Header der Datenrahmen mit drei Bits nach IEEE 802.1p auf Layer-2 sowie nach ToS beziehungsweise DiffServ auf Layer-3 festgelegt.

In der 1. Testreihe haben wir 16 Ethernet/Fast-Ethernet-Ports des Spirent-Generators mit Ports des jeweils zu testenden Switches verbunden und parallel mit 100 MBit/s unterschiedlich große Datenrahmen mit zwei Prioritäten gesendet, die empfangenden vier Ethernet/Fast-Ethernet-Ports des jeweiligen Switches konnten so gezielt überlastet werden, um die Funktionsweise der Layer-2- und Layer-3-Priorisierung testen zu können. Mit dem Spirent-Analysator haben wir dann die Leistung des Switches analysiert und protokolliert.

Auch im Szenario der 2. Testreihe – Many-to-One gemäß RFC 2544 – werden verschieden priorisierte Datenströme von einer Reihe Ports auf einen empfangenden Port gesendet. Hierbei sind in unserem Testscenario Fast- und Gigabit-Ethernet-Interfaces zum Einsatz gekommen. Wir haben 24 Fast-Ethernet-Ports des Smartbits-Generators mit Ports des jeweils zu testenden Switches verbunden und parallel mit 100 MBit/s Datenströme gesendet, der empfangende Gigabit-Ethernet-Port des jeweiligen Switches konnte so gezielt überlastet werden, um die Funktionsweise der Priorisierung testen zu können. Mit dem Smartbits-Analysator haben wir dann die Leistung des Switches analysiert und protokolliert. Die Many-to-One-Tests unterstützten Layer-2-Priorisierungsinformationen im V-LAN-Header sowie Layer-3-Priorisierungsinformationen nach ToS/DiffServ im IP-

Header. Es handelt sich bei dem Testscenario Many-to-One um ein typisches Upstream-Szenario, der Datenstrom stellt einen Dienste-Mix dar, bei dem 24 Fast-Ethernet-Endpunkte, beispielsweise Client- oder Serversysteme, ihre unterschiedlich priorisierten Daten zum Backbone senden.

Bei dem One-to-Many-Testverfahren nach RFC 2544, das wir in der 3. Testreihe angewendet haben, überträgt das System von einem Port unterschiedlich priorisierte Datenströme auf mehrere Ports, hierbei können verschiedene Interfaces zum Einsatz kommen. Im Fall unseres Real-World-

Labs-Szenarios sendet der Smartbits-Lastgenerator mehrere Datenströme zum Gigabit-Uplink-Port des jeweils zu testenden Switch. Der Lastgenerator adressiert fünf Fast-Ethernet-Ports. Für jeden Ethernet-Port werden Rahmen mit unterschiedlichen Prioritäten generiert. An den Port werden mehr Rahmen gesendet, als dieser verarbeiten kann. So kann auch bei dem One-to-Many-Test eine gezielte Überlastsituation erzeugt werden, die den Test der Priorisierungsmechanismen ermöglicht. Den Output der fünf Fast-Ethernet-Ports analysierte und protokollierte wiederum der Smartbits-Analysator. Der One-to-Many-Test unterstützte in unserem Szenario Layer-2-Priorisierungsinformationen im V-LAN-Header sowie Layer-3-Priorisierungsinformationen nach ToS/DiffServ im IP-Header. Bei diesem Szenario liegt eine typische Downstream-Situation vor, in der eine Reihe von Endsystemen einen Datenmix aus dem Backbone empfangen. Die Testverfahren unserer drei Testreihen repräsentieren so zusammen das Szenario, das in jedem strukturierten Netzwerk mit mehr als einem Switch vorzufinden und somit für das Verhalten des Systems in einem konvergenten Netz aussagefähig ist.

