



Infrastruktur **Echtzeitfähige LAN-Switches**

Real-Time – Real-Life

»Quality of Service« heißt das Zauberwort, wenn es darum geht, die Tauglichkeit moderner Ethernet-LAN-Switches für die Übertragung von Sprache, Video 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 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 gegenüber 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-Applikationen nicht konzipiert. Zudem bietet die ausgereifte TK-Anlagentechnologie eine Flut von Funktionalitäten, die nicht so einfach im IP-Netzwerk mit entsprechender Hardware und Software nachgebildet werden können. Und insbesondere an Ethernet-Switch-Systeme stellt die



parallele Übertragung von klassischen Datenströmen und Daten echtzeitfähiger Applikationen neue Anforderungen. Dabei können typische Eigenschaften verbindungsloser Netzwerktechnologien die Übertragung von Echtzeitapplikationen behindern oder gefährden.

Die Übertragung von einem Endpunkt im Netzwerk zum anderen erfordert eine gewisse Zeit. Dabei gibt es zunächst einen festen Teil, der durch die Auswahl der zu verwendenden Codecs, also der

Sprach-Digitalisierungs-Algorithmen, und der Netzwerkkomponenten beeinflussbar und ziemlich gut berechenbar ist. Dieser wird durch die Zeit, die die Kodierungsalgorithmen an beiden Endpunkten benötigen, durch die Hardware-Durchlaufzeit auf den beteiligten End- und Knotenpunkten und durch die rein physikalischen Übertragungsgeschwindigkeiten der verschiedenen Medien über bestimmte Entfernungen festgelegt. Zusätzlich entstehen Verzögerungen beispielsweise durch volle Warteschlangen bei Überlast oder durch die eventuelle Wahl alternativer Routen zum Zielpunkt. Die beiden letzteren Punkte können auch die Ursache für zwei andere Übertragungsfehler sein.

Beim so genannten Jitter treffen Pakete, die in regelmäßigen Intervallen in das Netz geschickt werden, in unregelmäßigen Abständen beim Empfänger ein.

Ist ein Paket zu schnell am Ziel, kann es sein, dass es nicht ordentlich dekodiert werden kann oder gar verworfen werden muss, weil das vorhergehende Paket noch verarbeitet wird. Kommt es dagegen später als erwartet, könnten Lücken in der Sprachwiedergabe entstehen. Dem Jitter kann



Report-Card /interaktiv unter www.networkcomputing.de

CoS-Priorisierung bei Überlast

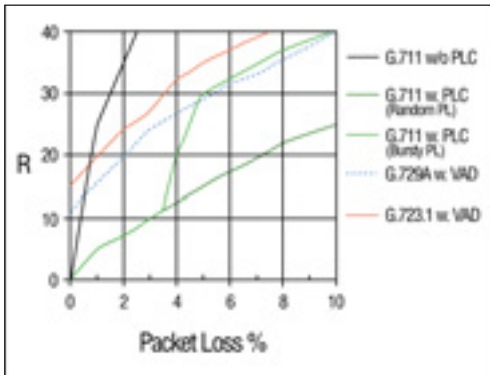
Feature	Gewichtung	Cisco Catalyst 2950	Extreme Summit 48si	Allied Telesyn Rapier 24i	D-Link DES-3326S	3Com Superstack 3 4400
Fast-Ethernet vs. Gigabit-Ethernet	35%	5	5	5	5	5
Gigabit-Ethernet vs. Fast-Ethernet	35%	5	5	1	1	1
Fast-Ethernet vs. Fast-Ethernet	30%	5	5	5	5	1
Ergebnis Burst-Size 1		5	5	3,6	3,6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

man durch den Einsatz eines Jitter-Buffers entgegenwirken, der Pakete aus dem Netz entgegennimmt und verzögert aber gleichmäßig an die Dekodiereinheit weitergibt. Natürlich erhöht sich dadurch auch der Delay. Treffen die Pakete beim Empfänger in einer anderen Reihenfolge ein, als vom Sender beabsichtigt, spricht man von einem Sequence-Error. Häufigste Ursache hierfür ist, dass einige zu einer Übertragung gehörende Pakete auf Grund einer Überlast reroutet werden und so ihr Ziel auf einem anderen, möglicherweise langsameren Weg erreichen. Wie gut solche Fehler in der Paket-Reihenfolge ausgeglichen beziehungsweise überspielt werden können, hängt in erster Linie vom verwendeten Codec ab. Dies gilt auch für den Fall, dass bei der Übertragung Pakete ganz verloren gehen (Packet-Loss). Die Ursache kann sein, dass auf dem Weg eine Warteschlange nicht schnell genug verarbeitet werden kann und Pakete verworfen werden müssen oder dass Pakete mit einer so großen Verzögerung beim Empfänger eintreffen, dass sie nicht mehr als zur Übertragung gehörend erkannt werden.



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 hoch priorisierten Sprachdaten zu Verlusten. Für Anwendungen wie die Sprachdatenübertragung ist das Datenverlustverhalten von entscheidender Bedeutung. Ab 5 Prozent Verlust ist je nach Codec mit deutlicher Verschlechterung der Übertragungsqualität zu rechnen, 10 Prozent führen zu einer massiven Beeinträchtigung, ab 20 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 Datenverlustraten 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.

Qualitätssicherung im Ethernet-LAN

Die nach wie vor am häufigsten anzutreffende Netzwerkarchitektur in den Unternehmen ist das Ethernet. Es ermöglicht eine kostengünstige durchgehende Lösung vom Backbone-Bereich bis an die Endgeräte am Arbeitsplatz. Allerdings bietet das Ethernet auf Layer-2 und -3 nicht die selbe Sicherheit wie von Hause aus echtzeitfähige Technologien, beispielsweise ATM. Das Ethernet-Protokoll ist zwar einfacher und arbeitet mit geringerem Overhead, die Übertragungen erfolgen aber ohne vorherigen Aufbau einer Verbindung oder die Aushandlung der Qualität der Übertragungsstrecke von Endpunkt zu Endpunkt. Für alle Applikationen wird nur eine Best-Effort-Behandlung – so gut, wie eben möglich – bereitgestellt, unabhängig von deren tatsächlichen Anforderungen oder den Anforderungen der Nutzer. Die Absicherung einer Verbindung erfolgt – wenn überhaupt – erst in Protokollen höherer Ebenen, wie dem TCP.

In Ethernet-Netzwerken und unter Verwendung des TCP/IP-Protokolls – und damit auch im Internet, Intranet oder Extranet – gibt es also keine garantierten Verbindungseigenschaften. Deshalb ist auch die Implementierung von Quality-of-Service oder kurz QoS, wie man es von ATM kennt, nicht möglich. Trotzdem versuchen die Ethernet-Produktentwickler durch Priorisierung und Reservierung von Ressourcen auch in IP-Netzen verschiedene Serviceklassen, die Class-of-Service oder CoS, zu erhalten. Allgemein sind zwei Wege zu unterscheiden, Service-Qualitäten zu realisieren, zum einen über die Reservierung von Netzwerkressourcen, die Resource-Reservation, und zum anderen über eine bevorzugte Behandlung bestimmter Pakete bei deren Weiterleitung, die Prioritization.

Grundlage zu letzterer ist die Entscheidung, welches Paket welche Priorität besitzt. Diese Entscheidung kann auf Grundlage der generell zur

Verfügung stehenden Informationen aus den Headern der Ebenen 2, 3 oder 4 erfolgen. So ist es möglich, den Verkehr beispielsweise hinsichtlich Quell- und Zieladressen (MAC oder IP) oder Protokoll- und Portnummern einzuteilen, natürlich in Abhängigkeit davon, bis in welche Ebene das Netzwerkgerät die Protokoll-Header analysieren kann. Geht man einen Schritt weiter, kann man in den Protokoll-Headern der verschiedenen Ebenen bestimmte Bits gezielt setzen und so die Zugehörigkeit eines Paketes zu einer Prioritätsklasse kennzeichnen.

Die Hierarchie der Prioritätsentscheidungen auf den verschiedenen Layern, die ja durchaus widersprüchlich sein kann, ist für jeden Switch intern gelistet und entweder frei konfigurierbar oder fest vorgegeben. Zu beachten ist auch, dass Layer-2-Priorisierungen auf dem Weg durch ein LAN in der Regel verloren gehen, sobald sie auf Layer-3 geschwitched beziehungsweise geroutet werden. Die Konfiguration des aktiven Netzwerks, das intelligent die Priorisierungsmechanismen nutzen soll, ist daher gerade in heterogenen Umfeldern nicht gerade trivial. Häufig wird der IT-Verantwortliche gut beraten sein, wenn er sich schon aus Gründen einer vollständigen Kompatibilität für ein Netzwerk aus einer Hand entscheidet. Bei größeren Netzen ist auch eine entsprechende CoS-Management-Software unerlässlich, um die zur Verfügung stehenden Priorisierungsmechanismen auch wirklich effizient nutzen zu können.

IEEE 802.1p / 802.1Q

Für die Ebene 2, den Data-Link-Layer, ist in der Spezifikation IEEE 802.1Q die VLAN-Funktionalität beschrieben, die eigentlich dazu gedacht ist, auf Switches virtuelle LANs einzurichten und so unabhängig von der physikalischen Struktur eine logische Unterteilung des Netzwerks zu erhalten. Die Zuordnung eines Paketes zu einem VLAN erfolgt mit Hilfe einer Marke, dem Tag, im Layer-2-Header. In diesem Tag ist neben der VLAN-ID unter anderem auch ein Feld »User Priority« vorgesehen. Die Nutzung dieses 3-Bit-Feldes zur Einteilung der Pakete in acht mögliche Prioritätsklassen ist in der Spezifikation IEEE 802.1p festgehalten. – »Mögliche« Prioritätsklassen sind dies, weil die tatsächlich zur Verfügung stehenden Warteschlangen unterschiedlicher Priorität von der Hardware des Switches abhängt. Die meisten Systeme bieten mindestens vier verschiedene Queues.

— Anzeige —



Mit dem kostenlosen
News-Flash des Konvergenz Forums
 informieren wir sie monatlich über aktuelle
 Themen aus der Konvergenz-Welt. Abos unter
www.konvergenz-forum.de

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 Algot 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)

Type-of-Service

Eine weitere Möglichkeit der Zuordnung eines IP-Paketes ist die Nutzung des Type-of-Service-Bytes, kurz ToS, im IP-Header Version 4. Dazu sind zwei Varianten beschrieben. RFC 791 definiert mit den Bits 0 bis 2 acht Klassen, von »Routine« über »Immediate« bis zu »Network-Control«. Pakete mit einem höheren Octal-Wert in diesem 3-Bit-Feld werden vorrangig behandelt (IP-Precedence). Variante 2 verwendet die Bits 3 bis 6, um eine normale und vier besondere Service-Klassen zu kennzeichnen. Festgehalten ist dies in RFC 1349. Ungünstigerweise wird dieses vier Bit große Teilfeld des ToS-Bytes ebenfalls als Type-of-Service bezeichnet. Es gibt also im IP-Header ein ToS-Byte und darin enthalten ist ein ToS-Feld. Pakete können anhand des ToS-Feldes entsprechend der eingestellten Klasse Warteschlangen unterschiedlicher Priorität zugeordnet werden. Im IP-Header Version 6 ist ebenfalls ein Byte für eine Klasseneinteilung vorgesehen. Es wird treffend als »Class« bezeichnet und könnte ähnlich verwendet werden.

Diffserv

Eine Arbeitsgruppe der IETF stellte 1997 eine alternative Implementation des ToS-Bytes vor. Auch bei den Differentiated-Services, kurz Diffserv, wird dieses Byte dazu verwendet, um Pakete mit Markierungen zu versehen, die dann auf den Netzwerk-knotenpunkten eine bestimmte Behandlung bei der Weiterleitung zum nächsten Knoten bewirken (Per-Hop-Behavior). Dazu erhält das ToS-Byte im IP-Header per Definition eine neue Bedeutung und wird in diesem Anwendungsfall dann als Differentiated-Service-Byte oder kurz DS-Byte bezeichnet. Die Bits 0 bis 2 wurden eins zu eins von der IP-Precedence übernommen und kennzeichnen verschiedene Transportklassen. Die vier Bits 3 bis 6 des in RFC 1349 beschriebenen ToS-Feldes werden bei Diffserv allerdings dazu genutzt, für jede dieser Transportklassen noch einmal vier Prioritäten festzulegen (Bitwertigkeiten wie in RFC 1349).

Die Funktionsweise bei der Priorisierung ist im Grunde immer die gleiche. Pakete werden auf den Gateways und Knotenpunkten anhand dieser Unterscheidungen in Warteschlangen, den Queues unter-

schiedlicher Priorität zugeordnet. Pakete höherer Priorität werden dann bevorzugt weitergeleitet. Welches Prinzip dieser Bevorzugung zu Grunde liegt, ist unterschiedlich. In vielen Fällen sollte eine Priorisierung aber nicht ohne eine Festlegung einer gewissen Bandbreite erfolgen. Diese könnte beispielsweise so aussehen, dass die Queue mit der höchsten Priorität nur eine bestimmte maximale Bandbreite erhält. Sonst kann es passieren, dass bei einer Überlast ausschließlich hoch eingestufte Pakete transportiert werden, während sich die Pakete in den unteren Queues stauen, bis sie verworfen werden. Das Festlegen einer minimalen Bandbreite für Pakete niedrigerer Priorität erfüllt den selben Zweck. Moderne Switches verschieben diese Grenzen dynamisch, abhängig vom momentanen Verkehr. Zu beachten ist jedoch, dass bei voller Ausreizung der entsprechenden Bandbreiten und der den Queues zugeordneten Puffern auch Pakete höherer Priorität keine Chance mehr haben, transportiert zu werden und ebenso verfallen können. Hierin liegt ein grundsätzlicher Nachteil der Ethernet-Technologie. Obwohl eigentlich alle aktuellen Netzwerkgeräte das ToS- beziehungsweise DS-Byte auswerten können, ist diese Funktion in den seltensten Fällen aktiviert und wird höchstens im In-House-Bereich oder anderen abgegrenzten und kontrollierbaren Umgebungen genutzt. Wie gut solche Sprachqualitätssicherungs-Mechanismen heute wirklich arbeiten, sollte unser Vergleichstest zeigen.

— Anzeige —



Storage
FORUM

Mit dem kostenlosen

News-Flash des Storage Forums

informieren wir sie monatlich über aktuelle Themen aus der Storage-Welt. Abos unter

www.storage-forum-news.de

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
- ▶ 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. Auf Grund 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 aktuellen 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, deren Testergebnisse wir im vorliegenden Artikel darstellen, standen mit dem »3Com Superstack 3 4400« und dem »Cisco Catalyst 2950« zwei Layer-2-Switches in unseren Labs, 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 »reinrassige« Layer-3-Systeme. Die Gruppe der modularen Switches bilden dann die »reinrassigen« Layer-3-Systeme »BATM T5 Pro«, »BATM T5 Routing«, Cisco »Catalyst 6506«, HPs »Procurve 5304XL« sowie der »Nortel Passport 8603«. Wie sich diese modularen Switches in unserem Real-World-Labs-Test bewährt haben, veröffentlichen wir im zweiten Teil dieses Tests in der kommenden Ausgabe der Network Computing.

Fast-Ethernet vs. Fast-Ethernet

Durchgeführt haben wir insgesamt drei Class-of-Service-Testreihen jeweils mit Layer-2- und mit Layer-3-Priorisierung. Die erste Testreihe hat 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 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 Priorität

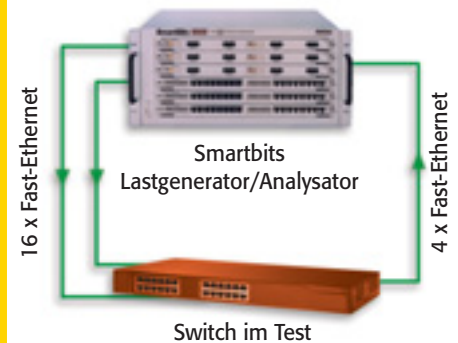
itätsklassen an jeden Output-Port. In nacheinander folgenden Messungen hat der Spirent-Lastgenerator Datenströme bestehend aus Datenrahmen von je 64, 512 und 1518 Byte erzeugt. Alle Messungen haben wir zunächst mit Burst-Size 1 und dann mit Burst-Size 100 durchgeführt, um auch aussagefähige Ergebnisse 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.

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 ei-

Test-Setup

Fast-Ethernet vs. Fast-Ethernet



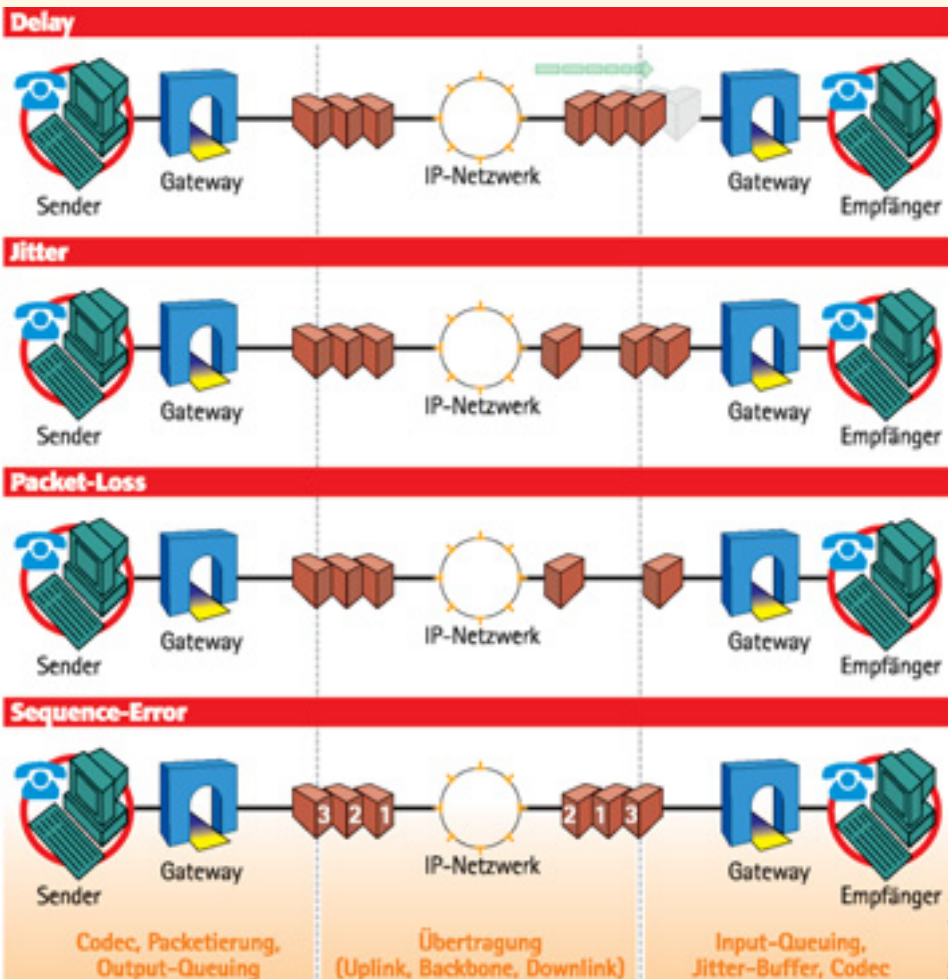
ner Video-Konferenz, garantieren. Für die Switches sind pro Zeiteinheit um so mehr Header-Informationen auszuwerten, um so kleiner die einzelnen Datenrahmen sind. Ein Switch wird also zuerst Probleme mit 64-Byte-Datenströmen bekommen, wenn er bei der internen Verarbeitungsgeschwindigkeit an seine Grenzen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

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. Messungen mit Ethernet-LAN-Phones von Siemens in unseren Real-World Labs haben ergeben, dass diese Voice-over-IP-Lösung die Sprache mit konstant großen Rahmen von 534 Byte überträgt. Noch deutlich kürzere Rahmen sind beispielsweise bei der TCP-Signalisierung mit 64 Byte zu messen. Für die Sprachdatenübertragung ist wie gesagt das Datenverlustverhalten von entscheidender Bedeutung. Ab 5 Prozent Verlust ist je nach Codec mit deutlicher Verschlechterung der Sprachqualität zu rechnen, ab 20 Prozent Datenverlust ist die Telefonie definitiv nicht mehr möglich. So verringert 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.

Auf Grund 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 Pro-

Störfaktoren



zent 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 beeindruckern. Ebenfalls 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.

D-Links DES-3326S arbeitete auf Layer-2 wie Layer-3 fehlerfrei und leistete sich keine unnötigen Datenverluste. Massive 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 deutlich überschritten hatte. 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.

Fast-Ethernet vs. Gigabit-Ethernet

In unserer zweiten Testreihe, dem Many-to-One-Test, haben wir auf 24 Fast-Ethernet-Ports parallel Datenrahmen gesendet und diese an den 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.

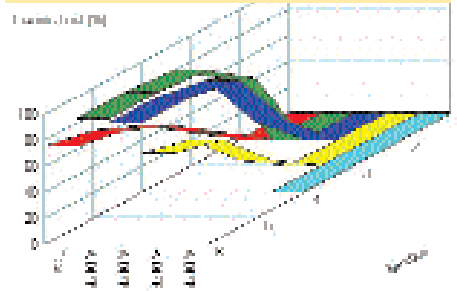
Die Last an den Eingangsports startete jeweils bei 21 Prozent und wurde dann in entsprechenden Schritten auf 100 Prozent erhöht. Das bedeutete an den Ausgangsports eine Last zwischen 50 Prozent und 240 Prozent – dabei waren die Lastanteile für die vier Prioritäten immer gleich groß, so dass die Daten 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

Datenverlustverhalten der vier Prioritäten

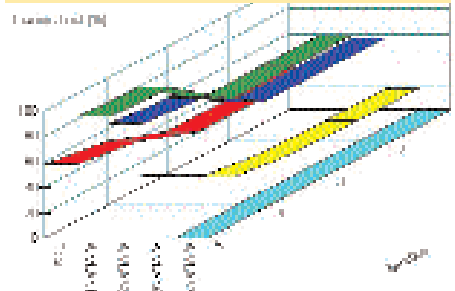
3Com Superstack 3 4400

Fast-Ethernet - Fast-Ethernet



Messung mit Layer-3-Priorisierung, 64-Byte-Paketen und Burst-Size 1: Hohe Datenverlustraten auch in der höchsten Priorität zeigte der 3Com-Switch unter Volllast.

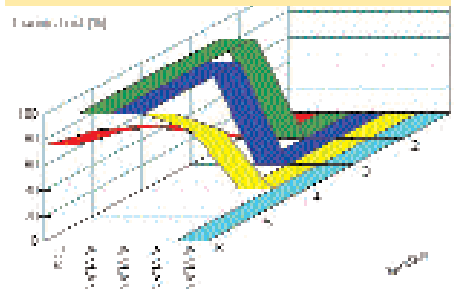
Fast-Ethernet - Gigabit-Ethernet



Messung mit Layer-2-Priorisierung, 512-Byte-Paketen und Burst-Size 100: Auch bei Volllast verlor der 3Com-Switch hier keine Daten der höchsten Priorität. Dafür waren aber die Verlustraten in der zweithöchsten Priorität deutlich zu hoch.

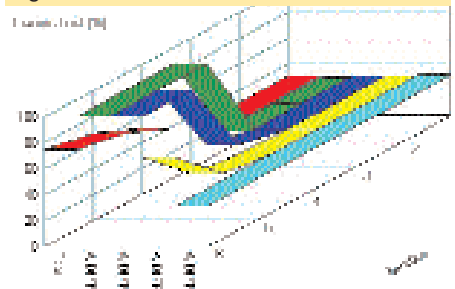
Allied Telesyn Rapier 24i

Fast-Ethernet - Fast-Ethernet



Messung mit Layer-2-Priorisierung, 1518-Byte-Paketen und Burst-Size 1: In dieser Disziplin arbeitet der Rapier-24i standardkonform und mustergültig. Auch bei Volllast verlor er keine Daten der höchsten Priorität.

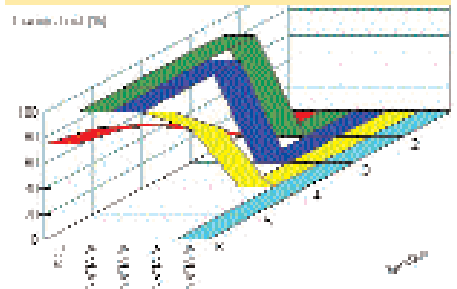
Gigabit-Ethernet - Fast-Ethernet



Messung mit Layer-3-Priorisierung, 1518-Byte-Paketen und Burst-Size 100: Diese Messung überforderte auch den Rapier-24i deutlich. Hier betrug die Verlustrate bei Volllast in der höchsten Priorität über 30 Prozent.

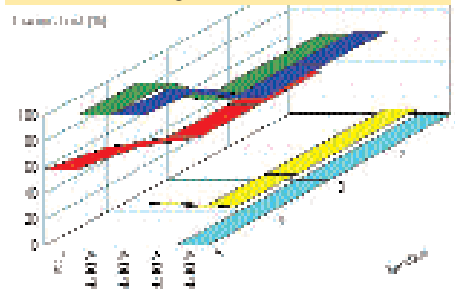
Cisco Catalyst 2950

Fast-Ethernet - Fast-Ethernet



Messung mit Layer-2-Priorisierung, 64-Byte-Paketen und Burst-Size 1: Auch Cisco-Switch arbeitete hier tadellos und leistete sich keine unnötigen Datenverluste in den entsprechenden Prioritäten.

Fast-Ethernet - Gigabit-Ethernet



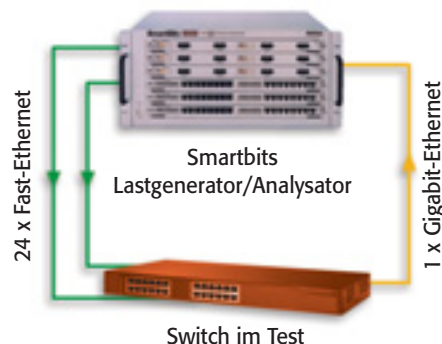
Messung mit Layer-3-Priorisierung, 1518-Byte-Paketen und Burst-Size 100: Auch bei einer Burst-Size von 100 Paketen verlor der Cisco-Switch keine Pakete der höchsten Priorität. Seine Grenzen in Form unnötiger Datenverluste zeigt er dagegen im Bereich der niedrigeren Prioritäten.

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 Last 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.

Test-Setup

Fast-Ethernet vs. Gigabit-Ethernet



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 Volllast 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 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.

Ciscos 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 zweitniedrigsten 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.

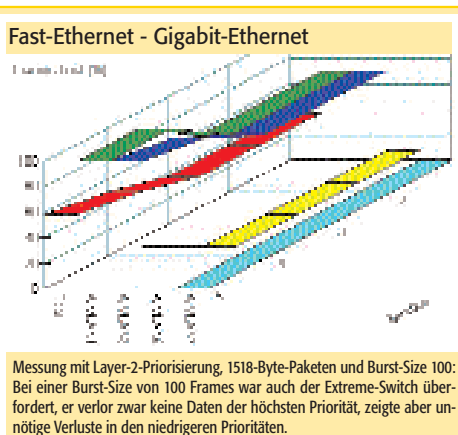
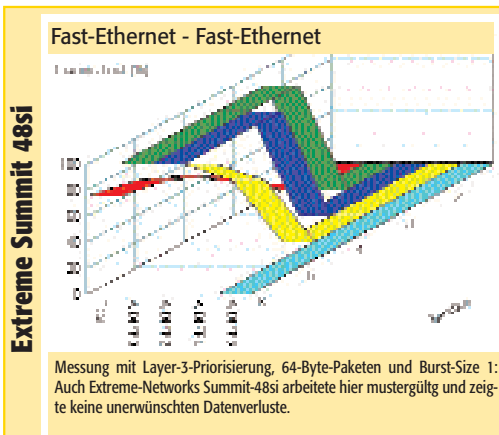
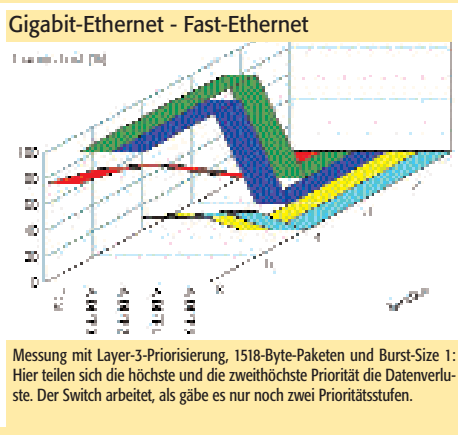
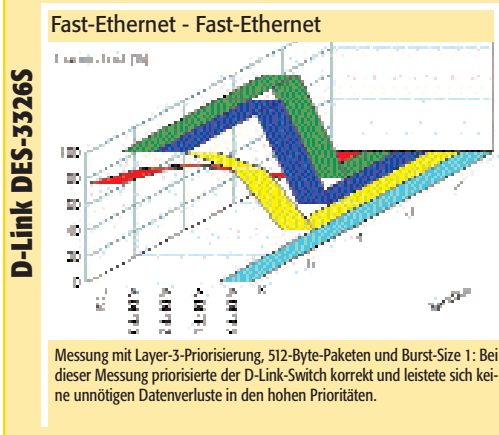
Ohne Befund arbeitete D-Links DES-3326S bei allen Messungen dieses Szenarios, so lange die Burst-Size 1 betrug. Probleme hatte der D-Link-Switch dann gleichfalls bei der Burst-Size 100. Hier verlor auch der D-Link-Switch bereits bei der geringsten Ausgangslast beispielsweise bei der Messung mit 64-Byte-Paketen und Layer-2-Priorisierung fast 60 Prozent in den beiden niedrigen Prioritäten und bei Volllast verwarf er gut 88 Prozent in der zweithöchsten Priorität.

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-Paketen 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.

Gigabit-Ethernet vs. Fast-Ethernet

Bei den One-to-Many-Tests haben wir nun zwei Gigabit-Ethernet-Ports und fünf Ethernet/Fast-Ethernet-Ports verwendet. Von den Gigabit-Ethernet-Uplinks wurden jeweils vier Datenströme der vier Prioritäten zu den fünf Fast-Ethernet-Ports gesendet. Dabei sendete jeder Input-Port vier Datenströme der vier Prioritätsklassen an jeden Output-

Datenverlustverhalten der vier Prioritäten

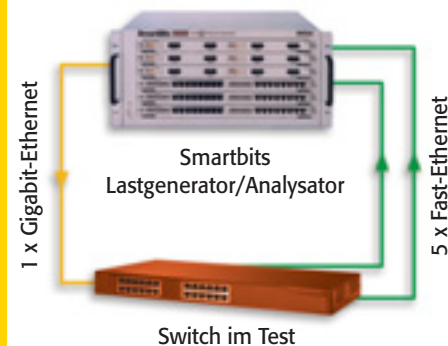


x-Achse von links nach rechts: Mittelwert, niedrigste Priorität, zweitniedrigste Priorität, zweithöchste Priorität, höchste Priorität; y-Achse: Datenverluste in Prozent; z-Achse: Last an den Ausgangsports in Prozent. Bei einer standardkonformen Priorisierung müsste der jeweilige Switch bei steigender 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 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 Volllast keine Datenverlusten messbar sein.

Fast-Ethernet vs. Gigabit-Ethernet: Da bei dieser Messreihe nur eine maximale Last von 240 Prozent Last 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 Datenverlusten messbar sein.

Test-Setup

Gigabit-Ethernet vs. Fast-Ethernet



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 auf 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. Schlicht mustergültig verhielt sich dagegen 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.

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. Extremes Sum-

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

So testete Network Computing

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 Testszenario 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 unterstützen Layer-2-Priorisierungsinformationen im V-LAN-Header sowie Layer-3-Priorisierungsinformationen nach ToS/Diffserv im IP-Header. Es handelt sich bei dem Testszenario 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 Smart-



bits-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.

mit-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.

Fazit

Keine messbaren Datenverluste in der höchsten Priorität bei allen Messungen unseres aktuellen Switch-Tests können wir nur Ciscos Catalyst-2950 und Extreme Networks Summit-48si bescheinigen. Beide Switches im Testfeld 1 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 unbeeindruckt weiter arbeiten, zeigten die Messungen mit einer Burst-Size von 100 Frames. Hierbei verloren der Cisco- wie auch der Extreme-Switch zwar keine Daten in der höchsten Priorität, daher erhalten sie in der Report-Card auch die Bestnote. Diese sollte aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass beide Systeme bei den Messungen mit Burst-Size 100 zum Teil schon bei geringen Eingangslasten massive Datenverlusten 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 ebenso wie im »richtigen Leben« knapp, bestimmt nicht mehr die eingestellte Priorisierung das Datenverlustverhalten des jeweiligen Switches in den niedrigeren Prioritäten, sondern die Kapazität des entsprechenden Pufferspeichers.

Die drei übrigen Switches im Testfeld zeigten alle ein recht extremes Verhalten, das auch die Wertung in der Report-Card widerspiegelt und auf Architekturprobleme zurückzuführen ist. Entweder sie arbeiteten bis zur Volllast standardkonform und unauffällig, dann ließen sie sich keinerlei Datenverlust in der hohen und keine unnötigen Datenverlusten in den niedrigeren Prioritäten nachweisen. Oder aber sie hatten Probleme bei entsprechender Last, dann warfen sie aber die Daten in der ho-

hen Priorität gleich massiv – und das gilt gleichermaßen für die Messungen mit Burst-Size 1 wie mit Burst-Size 100. Geht man davon aus, dass die Switches von 3Com, Allied Telesyn und D-Link als aktive Komponenten in einem strukturierten Unternehmensnetz eingebunden werden sollen, das für echtzeitfähige Applikationen mit nennenswertem Datenaufkommen, wie die Bewegtbildübertragung, eingesetzt werden soll, dann wäre davon auszugehen, dass es bei entsprechenden Überlasten im Netz zu Problemen kommt. Denn hier wären alle drei Test-Setups als Einheit zu sehen, eine fehlerfrei funktionierende Uplink-Funktion nutzt alleine wenig, wenn der Downlink Probleme macht – und umgekehrt. Und ein Switch, der nur fehlerfrei zwischen seinen Fast-Ethernet-Ports arbeitet, bietet wenig Ausbaufähigkeit in Hinsicht auf das Unternehmensnetzwerk.

Drei von fünf LAN-Switches im ersten Testfeld unseres großen Switch-Vergleichstests haben 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 im Testfeld 1 bei einer erhöhten Burst-Size teils deutlich mehr Daten in den niedrigeren Prioritäten verloren, als vom Gesamtdurchsatz her nötig wäre. Als Konsequenz für das Design konvergenter, Echtzeitfähigkeit erfordernder Ethernet-Netze 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. 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]

