

EtherSAM: DER NEUE STANDARD FÜR DAS TESTEN VON ETHERNET-DIENSTEN

Thierno Diallo, Produktspezialist, Transport and Datacom Business Unit

Einführung

Mit der weiteren Entwicklung des Ethernets als der bevorzugten Transporttechnologie verschiebt sich der Schwerpunkt der Netzwerke weg von der reinen Datenübertragung hin zur Bereitstellung von Unterhaltungsanwendungen und neuen Applikationen in einer vernetzten Welt. Ethernet-basierende Dienste, wie Mobile-Backhaul-, Business- und Wholesale-Services, müssen eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen, darunter Sprache, Video, E-Mail und Online-Handel, übertragen. Diese Anwendungen stellen neue Anforderungen an die Netzwerk-Performance und an die zur Validierung des Leistungsverhaltens der Dienste verwendeten Verfahren.

Die vorliegende Anwendungsbeschreibung stellt den neuen ITU-T-Normenentwurf EtherSAM bzw. ITU-T Y.156sam für die Aktivierung, Installation und Fehlerdiagnose von Ethernet-basierenden Diensten vor. EtherSAM ist das einzige Standard-Testverfahren, das die vollständige Validierung von Ethernet-Servicevereinbarungen (SLA) mit nur einem Test, in weitaus kürzerer Zeit und mit der größten Genauigkeit ermöglicht.

1 Die Realität der heutigen Netzwerke

Heute übertragen Ethernet-Netze Echtzeit- und zeitempfindliche Dienste. Mit „Dienst“ werden hier die verschiedenen Typen von Verkehr bezeichnet, die das Netzwerk übertragen kann. Im Allgemeinen lässt sich der Netzwerkverkehr nach Datenverkehr, Echtzeitverkehr und Verkehr hoher Priorität unterscheiden. Jeder Verkehrstyp reagiert unterschiedlich auf die Kennwerte des betreffenden Netzwerks und ist durch entsprechende Maßnahmen, wie Grooming und Shaping, so zu gestalten, dass die geforderte Mindest-Performance gewährleistet ist.

Verkehrstyp	Hauptanwendungen	Beispiele für Dienste
Daten	Nicht-Echtzeit oder Datenübertragung	<ul style="list-style-type: none"> - Daten - Internetzugang - FTP-Download/-Upload - Server-, Speicheranwendungen
Echtzeit	Echtzeit-Broadcast, der nach Verlust nicht wieder hergestellt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> - VoIP - IPTV, Video-on-Demand (VoD) - Internet-Radio und -TV - Internetspiele - Videokonferenz
Hohe Priorität	Zwingend vorhandener Verkehr zur Aufrechterhaltung der Stabilität im Netzwerk	<ul style="list-style-type: none"> - OAM-Rahmen - Stellerrahmen für Switching/Routing - Netzwerk-Synchronisation, z. B. SyncE, 1588v2

Zur Sicherung der Dienstgüte (Quality of Service, QoS) müssen die Anbieter durch eine korrekte Konfiguration festlegen, wie der Verkehr im Netzwerk zu priorisieren ist. Zu diesem Zweck werden den einzelnen Dienstypen unterschiedliche Prioritätsstufen zugewiesen und exakte Priorisierungsalgorithmen im Netzwerk eingerichtet. Die Implementierung der geforderten QoS erfolgt über Verfahren zur Differenzierung der Dienste während des Transports. Hierzu kommen spezifische Felder in den Rahmen selbst zum Einsatz, die die bevorzugte Behandlung ausgewählter Rahmen erlauben. Diese Felder ermöglichen einem Netzelement, zwischen Verkehr niedriger und hoher Priorität zu unterscheiden.

2 Bedeutung der SLA-Vereinbarung

Die Servicevereinbarung (Service-Level Agreement, SLA) ist ein zwischen einem Service-Provider und einem Kunden abgeschlossener verbindlicher Vertrag, der eine bestimmte Mindestgüte der bereitgestellten Dienste festschreibt. Diese SLAs definieren die wichtigsten Übertragungsmerkmale und die minimalen, für diese einzelnen Merkmale geltenden Leistungsparameter.

Ein typisches Beispiel einer Servicevereinbarung

Verkehrstyp	Echtzeit-Daten	Daten hoher Priorität	Best-Effort-Daten (Internetzugang)
CIR (Mbit/s) (grüner Verkehr)	5	10	2.5
EIR (Mbit/s) (gelber Verkehr)	0	5	5
Rahmenlaufzeit (ms) (Frame Delay)	< 5	5-15	< 30
Rahmenlaufzeitschwankung (ms) (Frame Delay Variation)	< 1	n/a	n/a
Rahmenverlust (%)	< 0.001	< 0.05	< 0.05
VLAN	100	200	300

Der Kundenverkehr wird in drei Klassen unterteilt und wie folgt farblich dargestellt: grün für Verkehr bei der Committed Information Rate (CIR), gelb für Verkehr bei der Excess Information Rate (EIR) und rot für den verworfenen Verkehr.

- Committed Information Rate (CIR) (grün): Die CIR bezeichnet die für einen spezifischen Dienst zu jedem Zeitpunkt garantiert verfügbare Bandbreite. Hier wird die Einhaltung der Mindestwerte der Leistungsindikatoren (Key Performance Indicator, KPI) garantiert.
- Excess Information Rate (EIR) (gelb): Die EIR bezeichnet die über der CIR liegende Bandbreite, die in Abhängigkeit von der Netzwerkbelastung und -nutzung möglicherweise zur Verfügung steht. Für diesen ‚gelben‘ Verkehr wird die Einhaltung der KPI-Mindestwerte jedoch nicht garantiert.
- Verworfenen Verkehr (rot): Das ist der die CIR bzw. CIR/EIR überschreitende Verkehr, der nicht ohne Störung anderer Dienste übertragen werden kann und daher verworfen wird.

Grüner Verkehr	0 bis CIR	Garantierte Weiterleitung	KPIs sind garantiert
Gelber Verkehr	CIR bis EIR	Best-Effort	KPIs sind nicht garantiert
Roter Verkehr	> EIR oder CIR	Verworfenen Verkehr	–

2.1 Leistungsindikatoren

Die Leistungsindikatoren (KPI) sind spezifische Kennwerte zur Festlegung der minimalen Leistungsanforderungen eines spezifischen Verkehrsprofils. Unter ‚grünen‘ Bedingungen muss das Netzwerk die Einhaltung aller dieser Mindestanforderungen für den gesamten übertragenen Verkehr garantieren.

Typische KPIs sind:

2.1.1 Bandbreite

Die Bandbreite definiert die maximal übertragbare Datenmenge. Sie gibt den während eines Messfensters von 1 Sekunde weitergeleiteten Verkehr an. Die Bandbreite kann entweder als CIR oder EIR mit jeweils unterschiedlichen Leistungsgarantien festgelegt werden.

Eine Kontrolle der Bandbreite ist notwendig, da für gewöhnlich mehrere Dienste über die gleiche Übertragungsstrecke transportiert werden. Zur Vermeidung einer gegenseitigen Beeinträchtigung der Dienste, ist es erforderlich, deren Bandbreite zu begrenzen. Die Generierung von Verkehr über diese Bandbreitengrenze hinaus führt für gewöhnlich zur Rahmen-Pufferung, zu Blockierungen und Rahmenverlusten sowie Dienstaussfällen.

2.1.2 Rahmenlaufzeit (Latenz)

Die Rahmenlaufzeit oder Latenz gibt die zwischen dem Senden und Empfangen eines Pakets verstrichene Zeit an. Typischerweise handelt es sich um die Messung der Rundlaufzeit, d. h. das Ergebnis berücksichtigt beide Richtungen der Strecke vom nahen zum fernen Ende und zurück. Die Rundlaufzeit ist bei Sprachanwendungen kritisch, da eine zu große Latenz die Verbindungsqualität beeinträchtigen kann, was zu Echos, verstümmelter Sprache oder sogar Verbindungsabbrüchen führen kann.

2.1.3 Rahmenverlust

Rahmen können aus verschiedenen Gründen, beispielsweise wegen Sendefehlern oder Netzwerküberlastung, verloren gehen. Während der Übertragung des Rahmens können durch physikalische Ereignisse bedingte Fehler auftreten, die dazu führen, dass Rahmen von den Netzwerkgeräten, wie Switchen und Routern, nach Vergleich des Rahmenprüfzeichens (FCS) verworfen werden. Auch durch Netzwerküberlastung können Rahmen verworfen werden, da die Netzwerkgeräte Rahmen fallenlassen müssen, um eine Blockierung der Strecke zu verhindern.

2.1.4 Laufzeitschwankung (Paketjitter)

Schwankungen in der Rahmenlaufzeit, auch als Paketjitter bezeichnet, sind Ausdruck unterschiedliche Ankunftszeiten der Pakete. Auf ihrem Weg durch das Netzwerk zum Zielpunkt werden die Pakete häufig in Warteschlangen eingereiht und in Bursts, d. h. stoßweise, zum nächsten Abschnitt gesendet. Hier kann eine zufällige Priorisierung auftreten, die dazu führt, dass die Pakete mit willkürlichen Raten übertragen werden. Aus diesem Grund treffen die Pakete in unregelmäßigen Abständen beim Empfänger ein. Dieser Jitter bewirkt eine Überlastung der Eingangspufferspeicher an den End-Knoten. Bei großen Jitter-Schwankungen können diese Puffer über- oder unterbelegt sein.

Echtzeitanwendungen wie Sprache und Video reagieren besonders empfindlich auf Paketjitter. Die Puffer sind für die Speicherung einer bestimmten Menge von Sprach- oder Videopaketen ausgelegt, die dann in regelmäßigen Abständen verarbeitet werden, um dem Endnutzer eine gleichmäßige und störungsfreie Übertragung zur Verfügung zu stellen. Zu viel Jitter beeinträchtigt die Erlebnisqualität (Quality of Experience, QoE), da die mit einer schnelleren Rate eintreffenden Pakete zu einem Pufferüberlauf führen, so dass Paketverluste auftreten. Langsamere Pakete bewirken dagegen ein Entleeren der Pufferspeicher, was sich in Standbildern oder Tonausfall äußert.

Verkehrstyp	Daten	Echtzeitverkehr	Verkehr hoher Priorität
Bandbreite	Sehr empfindlich	Empfindlich	Empfindlich
Rahmenverlust	Sehr empfindlich	Sehr empfindlich	Sehr empfindlich
Rahmenlaufzeit	Empfindlich	Empfindlich	Empfindlich
Rahmenlaufzeitschwankung	Nicht empfindlich	Sehr empfindlich	Nicht empfindlich

3 Aktuelles Testverfahren: RFC 2544

RFC 2544 ist das am weitesten verbreitete Verfahren zum Testen von Ethernet-Diensten. Diese Testreihe ermöglicht die Messung von Durchsatz, Rundlaufzeit, Burst und Rahmenverlust.

Ursprünglich wurde RFC 2544 als Benchmarking-Methode für Netzwerkelemente in Laboren eingeführt. Da damit aber Durchsatz, Burstfähigkeit, Rahmenverlust und Latenz messbar sind, und weil es das einzige standard-ähnliche Verfahren war, kam es auch für Vor-Ort-Tests von Ethernet-Diensten zum Einsatz.

Obleich diese Methode mehrere Schlüsselparameter zur Qualifizierung des Netzwerks zur Verfügung stellt, ist sie für eine umfassende Validierung der heutigen Ethernet-Dienste nicht mehr ausreichend. Genauer gesagt, beinhaltet RFC 2544 nicht alle geforderten Messungen zur Ermittlung solcher Parameter wie Paketjitter, QoS und Güte mehrerer gleichzeitig übertragener Dienste. Da RFC 2544 zudem die Ausführung mehrerer, sequenzieller Tests zur Validierung kompletter SLAs erfordert, nimmt dieses Verfahren mehrere Stunden in Anspruch und ist für die Betreiber daher sowohl zeit- als auch kostenaufwendig. Heute besteht zudem die Anforderung, alle im Netzwerk übertragenen Dienstypen zu simulieren und gleichzeitig alle SLA-Parameter für jeden einzelnen dieser Dienste zu qualifizieren.

4 Revolutionäres Testverfahren: EtherSAM (ITU-T Y.156sam)

Zur Lösung dieses Problems mit den verfügbaren Messungen hat die ITU-T mit ITU-T Y.156sam einen neuen Teststandard definiert, der auf die Anforderungen der modernen Ethernet-Dienste zugeschnitten ist. EXFO ist das erste Unternehmen, das EtherSAM, das auf diesem neuen Standard beruhende Testverfahren für Ethernet-Dienste, in seine Ethernet-Testprodukte integriert hat.

EtherSAM ermöglicht die lückenlose Validierung aller SLA-Parameter mit nur einem Test zur Sicherung einer optimalen QoS. Im Unterschied zu anderen Verfahren werden auch neue Mehrdienste-Angebote unterstützt. Tatsächlich kann EtherSAM alle im Netzwerk übertragenen Dienstypen simulieren und gleichzeitig alle SLA-Parameter für jeden einzelnen dieser Dienste qualifizieren. Es überprüft die im Netzwerk eingerichteten QoS-Mechanismen zur Priorisierung der unterschiedlichen Dienstypen, was eine präzisere Validierung und eine viel schnellere Bereitstellung und Fehlerdiagnose ermöglicht. Darüber hinaus bietet EtherSAM zusätzliche Leistungsmerkmale wie bidirektionale Messungen.

EtherSAM (Y.156sam) basiert auf der Annahme, dass die Ursachen für die Mehrzahl der Dienststörungen in zwei deutlich abgegrenzten Bereichen, d. h. in der Konfiguration der den Dienst übertragenen Netzelemente oder in der Performance des Netzwerks unter Hochlastbedingungen, wenn mehrere Dienste zu einer Blockierung führen, zu finden sind.

4.1 Netzwerkkonfiguration

Netzwerkelemente wie Switch, Router, Bridge und Netzabschlussgeräte bilden die Grundlage eines jeden Netzwerks, da sie die einzelnen Segmente miteinander verbinden. Diese Schaltelemente müssen korrekt konfiguriert sein, um zu gewährleisten, dass der Verkehr entsprechend seinem Dienstniveau zusammengefasst (Grooming) und weitergeleitet wird.

Wenn ein Dienst auch nur an ein einzigem Gerät auf dem Ende-zu-Ende Pfad nicht richtig konfiguriert ist, kann dies bereits die Netzwerk-Performance erheblich beeinträchtigen, da die Dienste dann unter Umständen nicht korrekt implementiert werden. Die Folge können Dienstaussfälle und das ganze Netzwerk betreffende Störungen, wie Blockierungen und Streckenausfälle sein. Daher besteht ein sehr wichtiger Teil der Tests darin, die korrekte Konfiguration der Geräte abzusichern, damit diese den Netzwerkverkehr anforderungsgemäß verarbeiten können.

4.2 Dienst-Performance

Die Dienst-Performance bezeichnet die Fähigkeit des Netzwerks mehrere Dienste bei deren maximal garantierter Datenrate ohne Beeinträchtigung des Leistungsverhaltens, d. h. mit allen KPIs im Sollbereich, zu übertragen.

Unter Last müssen die Netzwerkgeräte die richtigen Entscheidungen treffen und ausgewählte Verkehrsströme bevorzugt behandeln, um die für die einzelnen Verkehrsklassen festgelegten KPIs einzuhalten. Bei nur einer Verkehrsklasse führen die Netzwerkgeräte keine Priorisierung aus, da nur eine KPI-Gruppe zu beachten ist. Mit der Erhöhung der Anzahl der Verkehrsströme wird die Priorisierung jedoch unumgänglich und es können Leistungsstörungen auftreten.

Die Bewertung der Dienst-Performance muss mittel- bis langfristig ausgeführt werden, da Störungen für gewöhnlich erst nach längerer Zeit auftreten und bei kurzzeitigen Tests wahrscheinlich nicht erkannt werden.

Daher muss EtherSAM (Y.156sam) im Wesentlichen drei Anforderungen erfüllen:

- Als erstes dient dieses Verfahren als Validierungswerkzeug. Es garantiert, dass das Netzwerk die abgeschlossene Servicevereinbarung erfüllt, indem es absichert, dass ein Dienst seine in Form von KPIs definierten Leistungsziele bei unterschiedlichen Datenraten innerhalb des zugesicherten CIR-Bereichs einhält.
- Zweitens sichert dieses Verfahren ab, dass alle vom Netzwerk übertragenen Dienste ihre durch KPI definierten Leistungsziele mit der maximalen zugesicherten CIR-Rate erreichen. Damit ermöglicht es nachzuweisen, dass die Netzwerkgeräte und Pfade auch unter Maximallast in der Lage sind, den gesamten vereinbarten Verkehr zu verarbeiten.
- Drittens können die Dienste-Tests über einen mittleren bis langen Zeitraum ausgeführt werden und so nachweisen, dass die Netzelemente auch während eines längeren Belastungszeitraums alle Dienste fehlerfrei übertragen.

5 EtherSAM: Tests und Teiltests

EtherSAM sieht zwei Haupttests vor: den Netzwerk-Konfigurationstest und den Dienste-Test.

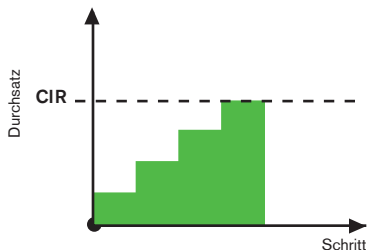
5.1 Netzwerk-Konfigurationstest

Beim Netzwerk-Konfigurationstest handelt es sich um einen dienstbezogenen Test, der die vom Nutzer definierten Bandbreiten- und Performance-Anforderungen eines spezifischen Dienstes überprüft. Das Testverfahren läuft in drei Phasen ab und überwacht während dieser Phasen alle Performance-Indikatoren, damit deren vollständige und gleichzeitige Einhaltung gewährleistet ist.

5.1.1 Phase 1: Mindestdatenrate bis CIR

In dieser Phase wird die Bandbreite eines spezifischen Dienstes von einem Mindestwert bis zur zugesicherten Datenrate (CIR) erhöht. So ist gewährleistet, dass das Netzwerk in der Lage ist, diesen spezifischen Dienst bei unterschiedlichen Datenraten und bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung des Performance-Niveaus zu unterstützen. Diese Phase stellt ebenfalls ein sicheres und effizientes Mittel zur schrittweisen Erhöhung des Auslastungsgrades ohne Überlastung des Netzwerks dar, falls der Dienst nicht korrekt eingerichtet wurde.

Mit dem allmählichen Hochfahren des Dienstes auf die CIR-Rate führt das System bei jedem Schritt automatisch eine KPI-Messung aus, um die durchgängige Einhaltung der Mindestvorgaben zu gewährleisten. Bei Nichteinhaltung eines Performance-Sollwertes gilt die gesamte Testphase als nicht bestanden. Damit diese erste Phase erfolgreich abgeschlossen wird, müssen alle Performance-Ziele während der schrittweisen Erhöhung der Datenrate bis auf CIR-Niveau eingehalten werden.



- Schrittweise Erhöhung der Datenrate des Dienstes mit KPI-Messung (Rx-Durchsatz, Rahmenverlust, Rahmenlaufzeit, Rahmenlaufzeitschwankung)

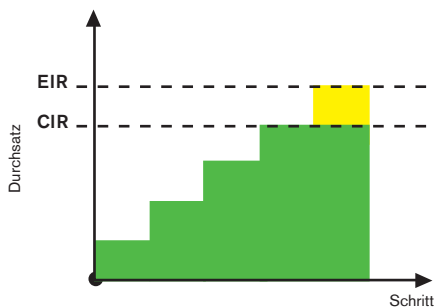
Gut/Schlecht-Kriterien:

Gut	- KPIs laut SLA
Schlecht	- Mindestens ein KPI nicht eingehalten

5.1.2 Phase 2: CIR bis EIR

In dieser Phase wird die Datenrate des Dienstes schrittweise von der permanent zugesicherten CIR auf die maximal verfügbare Excess Information Rate (EIR) erhöht. So sind die korrekte Einrichtung der EIR des Dienstes sowie deren Erreichung gewährleistet. Allerdings gilt als allgemein anerkannt, dass bei den EIR-Raten die Performance nicht mehr garantiert ist. Daher wird auch keine Bewertung der KPIs ausgeführt.

In dieser Phase überwacht das System nur den empfangenen Durchsatz. Da die EIR nicht garantiert ist, steht die Bandbreite möglicherweise nicht für den gesamten, die CIR-Rate überschreitenden Verkehr zur Verfügung. Der Test gilt als bestanden, wenn die CIR als Mindestrate und die EIR als mögliches Maximum empfangen wurde. Jede unter der CIR liegende, empfangene Datenrate wird als Fehler angesehen.



- Test des Dienstes bei EIR-Rate. Da es sich hier um ‚gelben‘ Verkehr (d. h. keine Performance-Garantie) handelt, erfolgt keine KPI-Bewertung. Ein Gut/Schlecht-Ergebnis wird nur für den empfangenen Durchsatz ausgegeben. Obwohl die EIR nicht garantiert ist, sollte die CIR den gemessenen Minstdurchsatz repräsentieren.

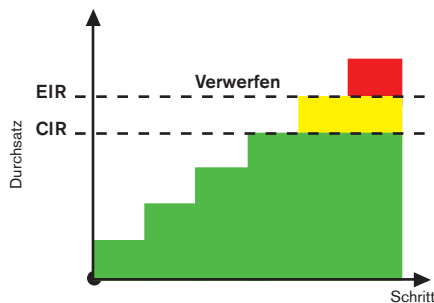
Gut/Schlecht-Kriterien:

Gut	- Rx-Rate größer/gleich CIR bis EIR - $CIR \leq Rx\text{-Rate} \leq EIR$
Schlecht	- Rx-Rate kleiner als CIR

5.1.3 Phase 3: Overshoot-Test

Die Fähigkeit zur Bewältigung von stoßweise auftretenden Verkehrsspitzen (Bursts) gehört zu den Merkmalen der Paketübertragung. Bei einem Burst kann es zu einer Überschreitung (Overshoot) der verfügbaren Bandbreite, d. h. der EIR, kommen. In diesem Fall wird der davon betroffene Verkehr für gewöhnlich verworfen.

In dieser Phase wird ein die EIR überschreitender Verkehr gesendet und die empfangene Rate überwacht. Mindestens der CIR-Verkehr muss noch weitergeleitet werden. Der EIR-Verkehr sollte in Abhängigkeit von der Ressourcenverfügbarkeit übertragen werden. Der dieses Maximum überschreitende Verkehr wird verworfen, um eine Überlastung des Netzwerks zu verhindern. Wenn der empfangene Verkehr die EIR überschreitet, bedeutet das, dass ein Gerät nicht korrekt konfiguriert wurde, und der Test wird als nicht bestanden gewertet.



- Test des Dienstes oberhalb der EIR-Rate. Das entspricht dem ‚roten‘ Verkehr, der verworfen werden müsste. Die Gut/Schlecht-Bewertung erfolgt anhand der Bandbreite, um zu gewährleisten, dass die Datenratenbeschränkung des Dienstes korrekt eingerichtet wurde.

- Jeder Durchsatz, der bei einer die EIR übersteigenden Datenrate empfangen wird, zeigt an, dass der Dienst nicht korrekt eingerichtet wurde.

Gut/Schlecht-Kriterien:

Gut	- Rx-Rate größer/gleich CIR bis EIR - $CIR \leq Rx\text{-Rate} \leq EIR$
Schlecht	- Rx-Rate kleiner als CIR oder größer als EIR

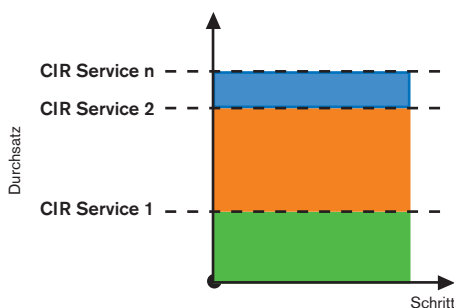
Diese drei Testphasen werden an jedem Dienst ausgeführt. Werden also mehrere Dienste über das Netzwerk übertragen, dann müsste jeder Dienst sequenziell überprüft werden. So ist gewährleistet, dass keine störenden Beeinflussungen von anderen Verkehrsströmen auftreten, und die Messung der Bandbreite und Performance wird nur an dem betreffenden Dienst ausgeführt.

Zum Abschluss des Ethernet-Konfigurationstests weiß der Anwender genau, ob die Netzelemente und Pfade korrekt für die Übertragung der Dienste konfiguriert sind und die Mindestleistungsvorgaben der KPIs eingehalten werden.

5.2 Dienste-Test

Während sich der Test der Netzwerkkonfiguration auf die korrekte Einrichtung der einzelnen Dienste in den Netzelementen konzentriert, legt der Dienste-Test den Schwerpunkt auf die Durchsetzung der QoS-Parameter unter den zugesicherten Bedingungen mit Nachbildung tatsächlich auftretender Dienste.

Bei diesem Test werden alle konfigurierten Dienste zum gleichen Zeitpunkt und bei der gleichen CIR über einen Zeitraum generiert, die von wenigen Minuten bis zu mehreren Tagen dauern kann. In diesem Zeitraum wird die Performance eines jeden Dienstes individuell überwacht. Wenn ein Dienst seine Performance-Parameter nicht einhält, wird der Test als nicht bestanden gewertet.



- Gleichzeitige Generierung aller konfigurierten Dienste bei der jeweiligen maximalen Rate mit Performance-Garantie (CIR).

- Überwachung aller KPIs. Wenn bei einem Dienst ein KPI unterhalb der Mindestvorgabe liegt, gilt der Test als nicht bestanden.

Gut/Schlecht-Kriterien:

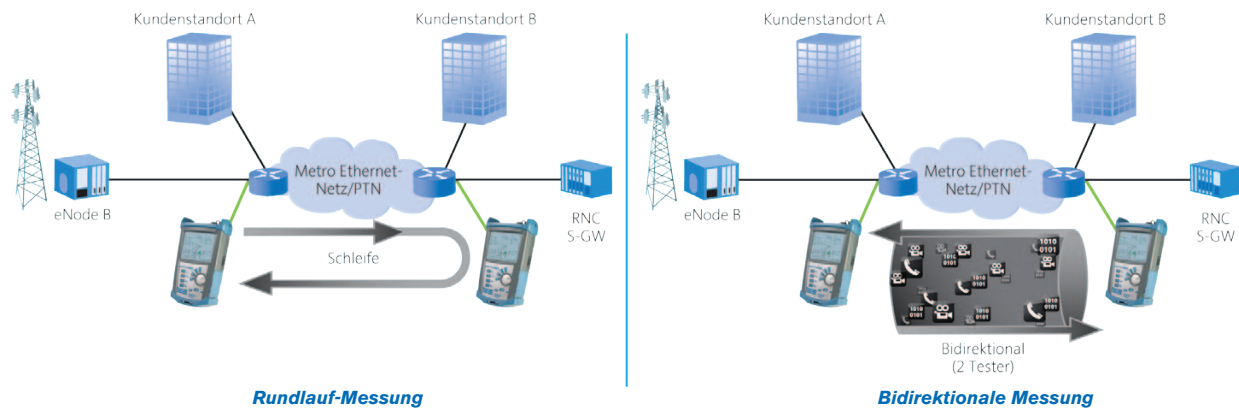
Gut	- KPIs for all services are within their minimum performance objectives
Schlecht	- Any KPI below the minimum performance objectives

In ihrer Kombination stellen die beiden beschriebenen Teiltests im Rahmen eines einfachen und umfassenden Testverfahrens alle kritischen Ergebnisse zur Verfügung. Der Netzwerk-Konfigurationstest erkennt umgehend Konfigurationsfehler, indem er sich auf die einzelnen Dienste und auf deren Weiterleitung in den Netzelementen konzentriert. Anschließend prüft der Dienste-Test, ob das Netzwerk in der Lage ist, alle Dienste gleichzeitig zu verarbeiten und zu garantieren. Wenn beide Teiltests erfolgreich bestanden wurden, ist die Leitung für die Aktivierung und Indienststellung bereit.

5.3 EtherSAM-Test-Topologien: Prüfschleife und bidirektionale Prüfung

In Verbindung mit einem zweiten, in eine Prüfschleife eingebundenen Gerät kann EtherSAM auch eine Messung der Rundlaufzeit ausführen. In diesem Fall gibt die Messung den Mittelwert beider Richtungen, d. h. vom Tester zum Schleifenpunkt und zurück zum Tester an. Bei diesem Szenario kann die Schleifenfunktion von einem anderen Tester oder von einem Netzabschlussgerät im Loopback-Modus ausgeführt werden.

Der gleiche Test ist auch im Dual-Test-Modus ausführbar. In diesem Fall kommen zwei Tester zum Einsatz, wobei einer als lokales und der andere als Remote-Gerät zur Kommunikation und unabhängigen Testausführung installiert wird. Dieser Messaufbau ergibt genauere Ergebnisse, so z. B. die unabhängige Bewertung für jede Übertragungsrichtung und die Möglichkeit der schnellen Ermittlung, in welcher Richtung der Übertragungsstrecke die Störung auftritt.



6 Vorteile von EtherSAM (Y.156sam)

EtherSAM bietet Service-Providern, die Ethernet-basierende kommerzielle, Mobile-Backhaul- und Wholesale-Dienste bereitstellen, zahlreiche Vorteile.

6.1 Messung aller KPIs mit nur einem Test

Während bestehende Testverfahren wie RFC 2544 nur die Messung der maximalen Performance einer Übertragungsstrecke erlauben, kommt bei EtherSAM ein Validierungskonzept zum Tragen, bei dem die KPIs für jeden einzelnen Dienst gemessen und mit Sollwerten verglichen werden. Diese Herangehensweise konzentriert sich auf den Nachweis der Einhaltung der KPIs unter garantierten Verkehrsbedingungen.

	RFC 2544	EtherSAM
Durchsatz	Es erfolgt keine Unterscheidung zwischen CIR und EIR. Da sich RFC 2544 ausschließlich auf die maximale Performance der Übertragungsstrecke konzentriert, wird der Test nur bei der EIR-Rate durchgeführt, wo die Performance nicht garantiert ist.	EtherSAM testet die CIR-Rate und sichert ab, dass die KPI-Sollwerte während der Testausführung jederzeit eingehalten werden. Verkehrsbedingungen für die EIR-Rate und Overshoot-Bedingungen mit zu verwerfendem Verkehr werden eindeutig getestet und so die korrekte Konfiguration der Datenratenbegrenzung und der Traffic-Shaping-Funktion in den Netzelementen nachgewiesen.
Rahmenverlust	Die Bewertung der Rahmenverluste erfolgt auf Grundlage der Ratenverteilung, d. h. die Rahmen werden in spezifischen Übertragungsraten-Intervallen generiert. Das steht in Konflikt zu den CIR- und EIR-Profilen, da diese Schwellwerte bei der Ermittlung der Rahmenverluste nicht berücksichtigt werden.	Rahmenverluste werden in der CIR-Phase ununterbrochen bewertet und erkannt. Diese Messung erfolgt während des Durchsatz-Tests, was die für die Validierung des Dienstes erforderliche Zeit reduziert.
Rahmenlaufzeit	Die Rahmenlaufzeit basiert auf der Messung eines einzelnen Rahmens während des Tests. Diese Herangehensweise berücksichtigt keine Schwankungen oder Spitzen, wie sie bei einer längeren Testdauer auftreten können.	EtherSAM misst die Latenz an allen generierten Rahmen und gibt für den CIR-Bereich die maximale und mittlere Latenz an. So ist gewährleistet, dass Unstimmigkeiten oder Schwellwertüberschreitungen im CIR-Bereich erkannt und das tatsächliche Latenzverhalten eines Dienstes ermittelt wird.
Rahmenlaufzeit-schwankung	RFC 2544 ermittelt diesen KPI nicht. Zur Messung dieses kritischen Leistungsindikators für den Echtzeitverkehr ist ein weiterer Test erforderlich.	EtherSAM führt eine automatische Messung dieses KPIs in der CIR-Phase aus und gewährleistet so die Priorisierung und spezifikationsgerechte Weiterleitung der Echtzeit-Dienste.

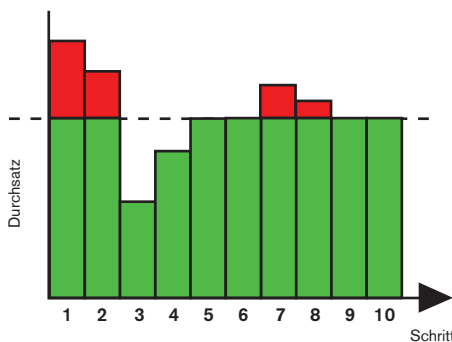
6.2 Wesentlich kürzere Messzeit

Beim Messverfahren nach RFC 2544 kommt ein sequenzielles Konzept zur Anwendung, bei dem alle Teiltests nacheinander ausgeführt werden. Diese Herangehensweise ist sehr zeitaufwändig. Zudem ist die erfolgreiche Ausführung der Teiltests stark von der Qualität der Übertragungsstrecke abhängig. Beim Auftreten vieler, zum Rahmenverlust führender Ereignisse erhöht sich die Messdauer wesentlich. Daher kommt es immer wieder zu Verzögerungen in der Testausführung, weil es keine eindeutige Möglichkeit gibt, vorherzusagen, wie lange ein bestimmter Teiltest dauern wird. Zudem durchläuft der Teiltest nach RFC 2544 bei jeder Rahmengröße eine Rahmengrößen-Verteilung, was die Gesamtdauer des Tests erhöht.

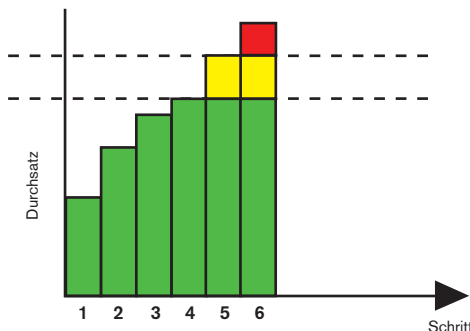
Demgegenüber kommt bei EtherSAM eine definierte Belastungssteigerung zum Einsatz, bei der jeder Schritt eine genau festgelegte Zeit andauert. Da die Gut/Schlecht-Bewertung auf der Einschätzung der KPIs während des jeweiligen Schrittes basiert, werden Qualitätsprobleme auf der Übertragungsstrecke schnell erkannt, ohne dass eine Verlängerung der Messzeit erforderlich ist. Jeder Schritt kann für eine Dauer von 1 bis 60 Sekunden konfiguriert werden. Standardmäßig werden 5 Sekunden vorgegeben. Dieses Konzept ist weitaus effizienter, da es im Vergleich zum RFC 2544 in sehr kurzer Zeit aussagekräftige Messergebnisse zur Verfügung stellt.

Der Zeitgewinn lässt sich einfach nachweisen. Bei Vergleichstests von RFC 2544 und EtherSAM mit einer vergleichbaren Messkonfiguration für ein einzelnes Gerät benötigte das Verfahren nach RFC 2544 20 Minuten zur Ausführung eines Durchsatz-/Latenz-Messzyklus, während EtherSAM den Netzwerk-Konfigurationstest, der zudem mehr KPI-Werte liefert, in nur 25 Sekunden abgeschlossen hatte. Das bedeutet eine Zeiteinsparung von 98 %.

Hier ein Vergleich der Durchsatzmessung nach RFC 2544 mit dem Dienste-Test nach EtherSAM für einen ähnlichen Dienst:



Versuch	Tx-Rate	Gut/Schlecht
1	100%	Schlecht
2	80%	Schlecht
3	40%	Gut
4	60%	Gut
5	70%	Gut
6	75%	Gut
7	77.5%	Schlecht
8	76%	Schlecht
9	75%	Gut
Validierung	75%	Gut



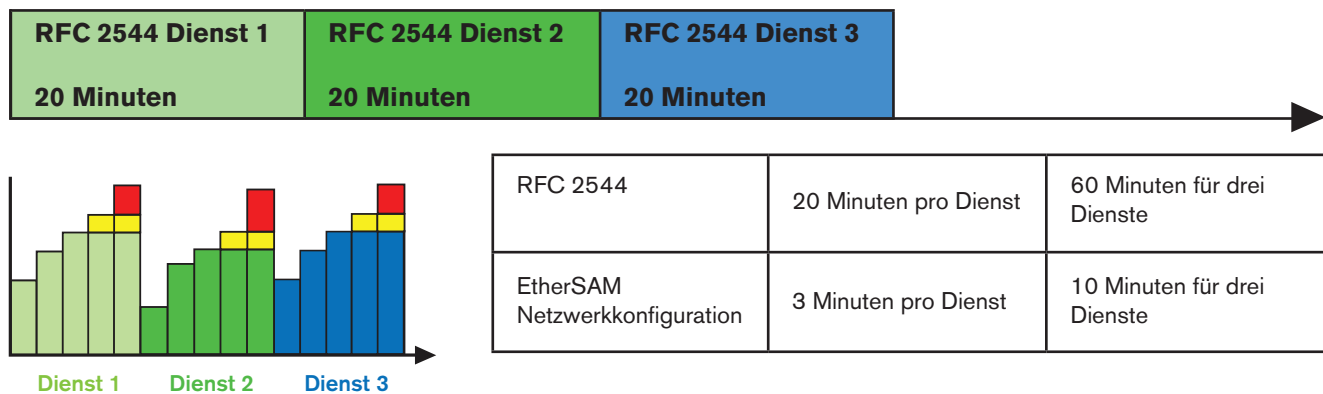
Versuch	Tx-Rate	Notes
1	50% CIR	Grüner Verkehr
2	75% CIR	
3	90% CIR	
4	CIR	
5	EIR	Gelber Verkehr
6	Überschreitung	Roter Verkehr

Methode	Testdauer pro Rahmengröße	Testdauer für sieben Standard-Rahmengrößen
RFC 2544	10 x 5 Sekunden = 50 Sekunden	50 x 7 = 5 Minuten und 30 Sekunden
EtherSAM	6 x 5 Sekunden = 30 Sekunden	30 x 7 = 3 Minuten und 30 Sekunden

6.3 Multiservice-Funktionen

Wie bereits erwähnt, beinhaltet die Mehrzahl der heute bereitgestellten Ethernet-Dienste in der gleichen Verbindung mehrere Service-Klassen (CoS). So umfassen 3G Mobile-Backhaul-Dienste für gewöhnlich vier CoS, während es bei 4G LTE-Backhaul sogar sieben sind. Ein wesentlicher Nachteil von RFC 2544 besteht darin, dass jeweils immer nur ein Dienst getestet werden kann. Das bedeutet, dass während eines Konfigurationstests der Test nach RFC 2544 für jeden einzelnen Dienst wiederholt werden muss. Diese notwendige Testwiederholung pro Verteilung in Verbindung mit der für die Ausführung eines einzelnen Testzyklus erforderlichen Zeit bewirkt, dass RFC 2544 die Testdauer ineffizient erhöht.

EtherSAM dagegen wechselt individuell zwischen den einzelnen Diensten und stellt eine schnelle Bewertung der Netzwerkkonfiguration zur Verfügung. Das ermöglicht eine drastische Verkürzung der für mehrere Dienste erforderlichen Gesamttestdauer. In einem typischen Szenario mit drei Diensten benötigt der Gesamttest nach RFC 2544 ungefähr eine Stunde, während die gleiche Bewertung bei der gleichen Rahmengröße mit EtherSAM nur 9 Minuten in Anspruch nimmt.



6.4 Bessere Berücksichtigung realer Netzwerkbedingungen

Für ein Netzwerk besteht das Worst-Case-Szenario darin, mehrere Verkehrstypen während einer Überlastsituation verarbeiten zu müssen. Die Netzwerkgeräte müssen auch in dieser Situation die Priorisierung entsprechend der geltenden Servicevereinbarung gewährleisten.

Da RFC 2544 immer nur einen einzigen Verkehrsstrom testen kann, muss jeder Dienst einzeln überprüft werden. Es ist daher nicht möglich, geeignete Worst-Case-Szenarien zu simulieren.

Der Dienste-Test nach EtherSAM kann dagegen alle konfigurierten Dienste zur gleichen Zeit generieren und ermöglicht daher die Worst-Case-Belastung der Netzelemente und Datenpfade. Der Dienste-Test stellt aussagekräftige Testergebnisse zur Verfügung, da alle KPIs für alle Dienste simultan gemessen und eine eindeutige Gut/Schlecht-Bewertung sowie die Anzeige der mit Schlecht bewerteten KPIs erfolgt. So ist gewährleistet, dass jeder Ausfall bzw. jede Störung umgehend erkannt und gemeldet wird, was die Effizienz und Aussagekraft des Testzyklus weiter erhöht.

7 EtherSAM-Testszzenarien

EtherSAM kann für zahlreiche Testanwendungen eingesetzt werden:

	Anwendungsbereich	Vorteile des EtherSAM-Verfahrens
Labor/Produktion	<ul style="list-style-type: none"> - Testen neue Geräte vor der Installation - Testen größerer Änderungen an der Konfiguration 	<ul style="list-style-type: none"> - Der Netzwerk-Konfigurationstest ermittelt schnell, ob die neuen Geräte oder die geänderte Konfiguration für jeden Dienst erwartungsgemäß funktionieren. - Der Dienste-Test erlaubt die Volllast-Analyse durch gleichzeitige Überprüfung mehrerer Dienste und Absicherung, dass alle Dienste die jeweils garantierten Performance-Vorgaben erreichen.
Aktivierung von Diensten	<ul style="list-style-type: none"> - Validierung der Servicevereinbarung vor der Aktivierung des Dienstes - Erstellung eines Performance-Protokolls („Geburtsurkunde“) vor Übergabe der Leitung an den Kunden - Erfassung von Performance-Kennwerten zur Gewährleistung der Rückverfolgbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> - EtherSAM-Tests gewährleisten die korrekte Konfiguration der Dienste vor der Aktivierung, wenn das verfügbare Testfenster am kleinsten ist. - Teiltests können zur SLA-Überprüfung und als Performance-Nachweis für Kunden vor der Übergabe der Leitung genutzt werden. - Ein ausführliches Prüfprotokoll sichert die Nachvollziehbarkeit der Performance-Ergebnisse bei Reparaturaufträgen ab und stellt bei neuen Leitungen Performance-Protokolle („Geburtsurkunde“) zur Verfügung.
Fehlerdiagnose	<ul style="list-style-type: none"> - Störungsbehebung nach Eingang von Service-Aufträgen oder von Kundenreklamationen - Behebung von Störungen, die das Überwachungssystem erkannt hat 	<ul style="list-style-type: none"> - EtherSAM kann zur Fehlerdiagnose für die schnelle Ermittlung des gestörten Dienstes/KPIs auf der Übertragungsstrecke eingesetzt werden. - EtherSAM steht auf portablen Testern zur Verfügung und erhöht die Flexibilität der Servicetechniker. Sie können an jedem beliebigen Standort, beim Kunden oder an den Außenanlagen, Messungen ausführen. - Im Anschluss an die Reparatur kann EtherSAM zur Validierung der neuen Konfiguration und zur Sicherung der Aufrechterhaltung der bestehenden Dienste genutzt werden.

7.1 TestszENARIO mit Schleifenprüfung

Die Schleifenprüfung ist das einfachste EtherSAM-TestszENARIO. Hierbei wird der EtherSAM-Test von einem Tester ausgeführt, der mit an wichtigen Standorten installierten Schleifenpunkten verbunden ist. Die Prüfschleife besteht aus drei Elementen.

7.1.1 Zentrale Testpunkte

Diese Testpunkte, wie die IP-Services Prüfköpfe RTU-310/310G IP von EXFO, befinden sich typischerweise an stationären Orten, wie Vermittlungsstellen und Rechenzentren. Dort ermöglichen sie den zentralen Zugang zu den Testfunktionen.

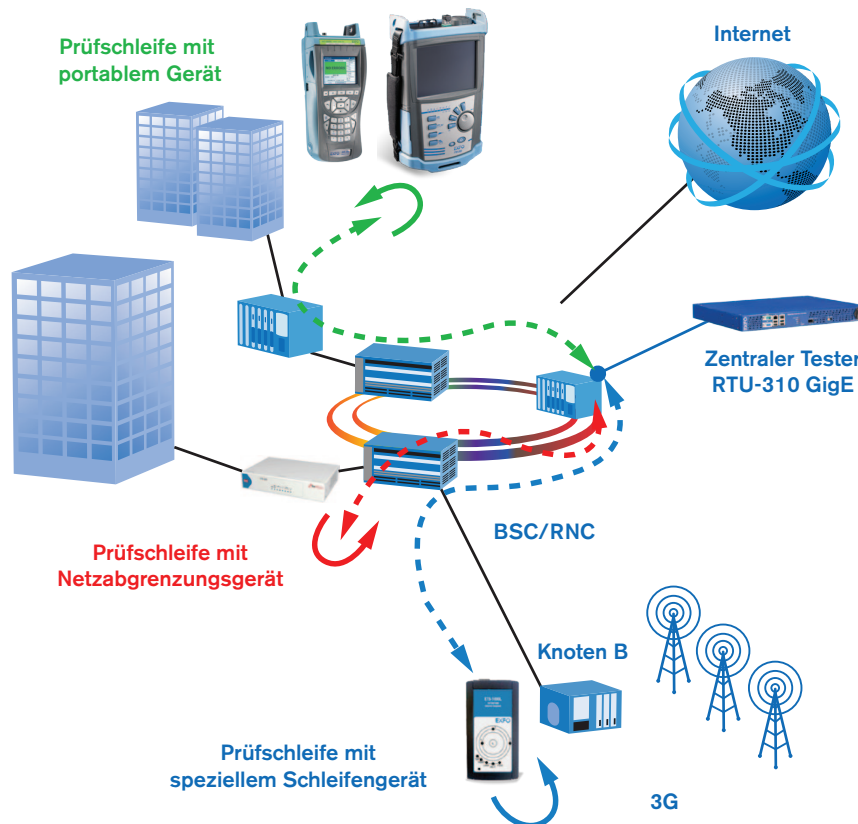
7.1.2 Portable Prüftechnik

Portable Prüfgeräte wie das Gigabit-Ethernet Testmodul FTB-8510B, das 10-Gigabit-Ethernet Testmodul FTB-8510G und das Multiservice-Testmodul der nächsten Generation FTB-8130NGE Power Blazer, stellen an den Außenanlagen und beim Kunden leistungsstarke Funktionen zur Verfügung.

7.1.3 Schleifengeräte

Schleifengeräte ermöglichen durch eine Antwortfunktion den Aufbau einer Prüfschleife zur Messung der Rundlaufzeit. Zur Aufrechterhaltung der Integrität im Netzwerk gewährleisten diese Geräte die Übertragung bei Leitungsrate und den Adressentausch. Beispiele hierfür sind:

- Spezielle Schleifengeräte wie das ETS-1000L Ethernet Loopback Device von EXFO
- Netzabschlussgeräte (NID) wie das RAD ETX
- Portable Geräte mit Schleifenfunktion wie der Ethernet-Tester AXS-200/850 von EXFO



7.2 Bidirektionales Testszenario (mit zwei Testern)

Der Einsatz von zwei Testern ermöglicht einen präziseren Messaufbau. In diesem Fall führen zwei Tester eine asymmetrische SLA-Messung aus und ermitteln für jede der beiden Richtungen die EtherSAM-Ergebnisse. Die Hauptstärke dieses Szenarios besteht in der schnellen Identifizierung der nicht korrekt eingerichteten oder gestörten Übertragungsrichtung bei gleichzeitiger Angabe der Performance-Kennwerte.

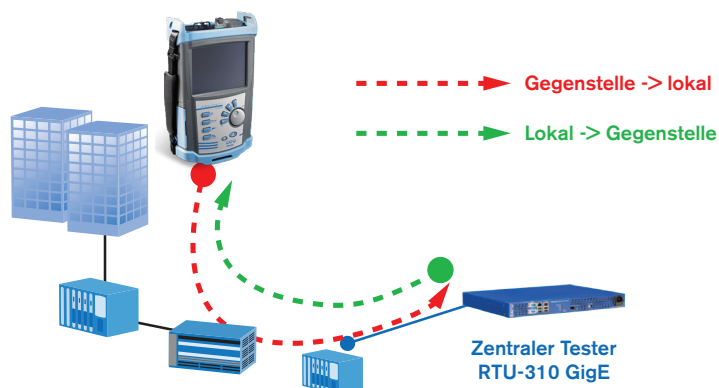
Die für die beiden Richtungen ermittelten Ergebnisse werden auf dem lokalen Gerät angezeigt. Damit ist gewährleistet, dass die gesamte Testroutine von nur einem Techniker an einem einzigen Gerät ausgeführt werden kann, was die Messdauer und den Personalaufwand verringert. Darüber hinaus ermöglicht diese Flexibilität den Einsatz unterschiedlicher Geräte als Gegenstelle. Das interessanteste Testszenario beinhaltet einen zentralen Tester, der immer als Remote-Gerät mit festen Adressen konfiguriert ist. Der Netzbetreiber kann einen Techniker zu einem Test-Ort schicken, der dann in kürzester Zeit die Aktivierungs- und Dauertests ausführt, ohne dass in der Vermittlungsstelle einer weiterer Techniker erforderlich ist.

Der Einsatz zweier Tester ermöglicht zudem die Segmentierung des Netzwerks und die schnelle Identifikation der gestörten Übertragungsrichtung. Das ist vor allem wichtig, wenn in der Upstream- und Downstream-Richtung unterschiedliche Bandbreiten eingerichtet sind. In diesem Fall ergibt sich bei der Nutzung eines Schleifengerätes immer das gleiche Ergebnis, da die Messung vom niedrigsten Durchsatz beeinträchtigt wird und das Testergebnis nicht angibt, dass eine Richtung eine höhere Performance zur Verfügung stellt. Der gleiche Fall tritt ein, wenn das Netzwerk nur in einer Richtung des Dienstes nicht korrekt konfiguriert wurde. In Abhängigkeit

vom Fehler kann die Störung mit einer Rundlaufmessung nicht erkannt werden. Das führt häufig zu Kundenreklamationen und zusätzlichen Service-Fahrten. Mit zwei Testern werden beide Übertragungsrichtungen jedoch gleichzeitig und voneinander unabhängig analysiert und für jede Richtung separate Gut/Schlecht-Ergebnisse ausgegeben. Damit ist das höchste Vertrauensniveau beim Dienste-Test gegeben.

Dieses Testszenario erfordert den Einsatz von zwei Testern, z. B.:

- **Zentrale Testpunkte:** Diese Tester, wie die IP-Service Prüfköpfe RTU-310/310G IP von EXFO, befinden sich typischerweise an stationären Punkten wie der Vermittlungsstelle und in Rechenzentren. Sie gewährleisten einen zentralen Zugang zu den Testfunktionen.
- **Portable Tester:** Portable Prüfgeräte, wie das Gigabit-Ethernet Testmodul FTB-8510B, das 10-Gigabit-Ethernet Testmodul FTB-8510G und das Multiservice-Testmodul der nächsten Generation FTB-8130NGE Power Blazer, stellen an den Außenanlagen und beim Kunden leistungsstarke Funktionen zur Verfügung.



Schlussfolgerung

Netzbetreiber und Service-Provider stehen vor der ständigen Herausforderung, die einwandfreie Bereitstellung der angebotenen Dienste an ihre Kunden zu gewährleisten. Ethernet-Dienste müssen den Kunden in immer kürzeren Fristen zu Verfügung gestellt werden und gleichzeitig immer zuverlässiger sein. Die ursprüngliche Vorgehensweise zur Bewertung der Performance im Rahmen von RFC 2544 stellt nicht länger die Instrumente zur Verfügung, die zur sicheren Aktivierung und Fehlerdiagnose der vom Kunden geforderten neuen Dienste benötigt werden.

Durch Bereitstellung eines intuitiven und einfachen Konzeptes zur zuverlässigen Kontrolle und Verwaltung der Netze bei gleichzeitiger Senkung der Betriebskosten (OPEX) und Erhöhung der Umsätze schließt EtherSAM die Lücke zwischen Dienste-Validierung und Performance-Bewertung. EtherSAM ist das einzige Standard-Testverfahren, das die vollständige Validierung von Servicevereinbarungen (SLA) mit nur einem Test, in weitaus kürzerer Zeit und mit der größten Genauigkeit ermöglicht.

EXFO Corporate Headquarters > 400 Godin Avenue, Quebec City (Quebec) G1M 2K2 KANADA | Tel.: +1 418 683-0211 | Fax: +1 418 683-2170 | info@EXFO.com

Gebührenfrei: +1 800 663-3936 (USA und Kanada) | www.EXFO.com

EXFO Amerika	3701 Plano Parkway, Suite 160	Plano, TX 75075 USA	Tel.: +1 800 663-3936	Fax: +1 972 836-0164
EXFO Asien	151 Chin Swee Road, #03-29 Manhattan House	SINGAPORE 169876	Tel.: +65 6333 8241	Fax: +65 6333 8242
EXFO China	Tower C, Beijing Global Trade Center, Room 1207 36 North Third Ring Road East, Dongcheng District	Beijing 100013 P. R. CHINA	Tel.: + 86 10 5825 7755	Fax: +86 10 5825 7722
EXFO Europa	Omega Enterprise Park, Electron Way	Chandlers Ford, Hampshire S053 4SE ENGLAND	Tel.: +44 2380 246810	Fax: +44 2380 246801
EXFO Service-Assurance	285 Mill Road	Chelmsford, MA 01824 USA	Tel.: +1 978 367-5600	Fax: +1 978 367-5700