

40-GBit-Router im Test

Von Carsten Rossenhövel

Das Internet wächst weiter und damit der Bedarf an **Highend-Routern mit Schnittstellen bis zu 40-GBit/s** und Bandbreiten im Bereich von TBit/s. Das EANTC hat das neueste Flaggschiff von Cisco Systems, das **CRS-1 (Carrier Routing System)**, getestet.



Bild: Agilent Technologies / EANTC

Eine Gruppe führender Serviceprovider unterzog dabei die Testmethodologie einer Bewertung. Auf diese Weise konnte sichergestellt werden, dass die Tests und die Ergebnisse realistisch sind und diese sowohl echte Netzwerkbedingungen als auch die Anforderungen der Carrier widerspiegeln.

Wir legten für den Test acht Hauptbereiche fest, welche den Akzent sowohl auf aktuelle, als auch auf zukünftige Anforderungen der Serviceprovider an IP-Kernetze setzen:

- IPv4 (das gegenwärtige Internetprotokoll) Durchsatzleistung, um 15 Millionen Anwender mit realistischen Traffic-Mustern zu emulieren;
- Gemischte IPv4- und IPv6-Durchsatzleistung, um zu prüfen, ob der Router für den Übergang zu IPv6, dem Internetprotokoll der nächsten Generation auch bereit ist;
- Den Einfluss auf die Durchsatzleistung, wenn Sicherheitsdienste wie Zugangskontroll-Listen, die Protokollie-

rung von unerlaubtem Traffic und die Klassifizierung der Dienstgüte hinzugefügt werden;

- Die Routing-Update-Leistung bei Verbindung mit anderen Netzroutern mittels eBGP (exterior Border Gateway Protocol), hier wurden mehr als 1,5 Millionen einzelne Routes ausgetauscht;
- Skalierbarkeit von Multicast-Anwendungen wie Fernsehübertragungen und betriebliche Punkt-zu-Mehrpunkt-Anwendungen, die den Router mit einer riesigen 70:30-Prozent Multicast/Unicast-Paketmenge in 300 Multicast-Gruppen belasten;
- Die Auswertung der Service-Klassen-Implementierung, wobei erneut die Service-Abwicklung für Millionen von Anwendern simuliert wurde;
- Die Realität von hochverfügbaren Software- und Hardware-Austausch-Anforderungen – heutzutage ein Muss für einen Core-Router;
- Außerdem einen MPLS-Tunnel-Skalierbarkeits-Test, um zu beurteilen, ob das System fähig ist, als Label Switch Router innerhalb eines MPLS-Netzwerkes zu arbeiten.

Die wichtigsten Ergebnisse

Die Ergebnisse der einzelnen Testfälle kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Wire-Speed-IPv4-Durchsatzleistung mit 15 Millionen emulierten Nutzern (Datenflüsse) an sowohl OC-192- und OC-768-Schnittstellen mit einem Gesamtvolumen von 929 Millionen Paketen pro Sekunde (640 GBit/s) in einer Single-Chassis-Konfiguration und 1,838 Milliarden Paketen pro Sekunde (1,28 TBit/s) in einer Multi-Chassis-Konfiguration (Testfall 1);
- Wire-Speed-IPv4-Durchsatzleistung mit einer Mischung aus 85 Prozent IPv4- und 15 Prozent IPv6-Verkehr (Testfall 2);
- Durchsatzleistung wird nicht beeinflusst vom Hinzufügen von 5.000 Zugangslisten pro Port, Logging der Zugangsliste, Dienstgüten-Klassifizierung (Testfall 3);
- Nur 18 Sekunden zum Wieder-Zusammenführen nach dem Re-Routing von 500.000 Routes zu verschiedenen Ports (aus einer Gesamtsumme von 1,5 Millionen IPv4 und IPv6-Routes (Testfall 4);
- Kein Verlust bei der Multicast-Forwarding-Performance bei 400 GBit/s Gesamt-Multicast-Durchsatz (Testfall 5);
- Premium-Class (strikte Priorität) und gewichtetes „Fair Queuing“ bis zur Spezifikation in einem Wire-Speed-COS-Test (Class Of Service), entweder mit fester Bandbreite oder mit Traffic Burst (Testfall 6);
- Nur 120 Nanosekunden Service-Unter-

Carsten Rossenhövel verantwortet beim EANTC (European Advanced Networking Test Center) die Entwicklung von Testmethoden und -applikationen und leitet den Bereich Test- und Zertifizierung von Netzwerkkomponenten für Hersteller.

brechung während Software-Paket-Upgrades, unterbrechungsfreier Hardware-Austausch für sämtliche Hardware außer Fabric Cards; 0,19 Sekunden Recovery Time nach einem Fatal Error einer der acht Backplane-Fabrics (Testfall 7);

■ Wire-Speed-Forwarding von 87.000 MPLS-Tunneln insgesamt (1.500 pro Port) inklusive korrektes Traffic Engineering für explizites Forwarding und Best-Effort-Differentiated-Services (Testfall 8).

Im Folgenden wird der erste der acht Tests detaillierter beschrieben.

Test 1: IPv4 IMIX-Based Forwarding

Testzweck: Die maximale IPv4-Durchsatzleistung des Systems unter realistischen Bedingungen festzustellen.

Testaufbau: Jeder beginnt normalerweise damit, die maximale Bandbreite zu prüfen – das ist am einfachsten. Hier jedoch hatten wir es mit der Zielbandbreite und mit der Anzahl der kalkulierten User Flows zu tun, die den Router gleichzeitig durchlaufen. Die theoretische maximale Bandbreite beträgt 40 GBit/s (Voll duplex-Betrieb) pro Modul, 640 GBit/s pro Chassis und 92 TBit/s in der größtmöglichen CRS-1-Multi-Chassis-Konfiguration. Wir konnten ein voll bestücktes Single-Chassis mit den Agilent-Schnittstellen belasten, die uns zur Verfügung standen: 56 mal 10-Gigabit plus 2 mal 40-Gigabit, das entspricht 640 GBit/s. Dies ist wahrscheinlich einer der gewaltigsten IP-Traffic-Ströme, der je simuliert wurde. Um die Skalierbarkeits-Tests noch weiter auszuweiten, wurde eine Multi-Chassis CRS-1-Konfiguration erstellt, bei der dieselben Schnittstellenkarten wie zuvor

Control) die maximal erreichbare Bandbreite. Da der Router den IP-Header (TTL; Time To Live) und die Prüfsummen verändert, wird er möglicherweise zusätzlich zu dem, was er erhalten hat, Byte-Stuffing generieren. Dadurch kann eine Situation entstehen, in welcher der Router mehr senden muss als er empfangen hat.

Ergebnis: Wir haben den Test zweimal mit unterschiedlichen Hardware-Konfigurationen durchgeführt. In der Single-Chassis-Version erreichte der Router eine Wire-Speed-IMIX-Übermittlung von insgesamt 929 Millionen Paketen pro Sekunde oder anders ausgedrückt 640 GBit/s. Wir prüften, dass keine Flow Pakete enthalten die außerhalb der Sequenz waren, was aus Sicht des Endnutzers von Nachteil im Hinblick auf den TCP-Durchsatz (Transmission Control Protocol) wäre. In der Multi-Chassis-Konfiguration erreichte das System eine fast unglaubliche Zahl von 1.838 Millionen Paketen pro Sekunde (ja, das entspricht 1.8 Milliarden Paketen pro Sekunde). Die gesamte Bandbreite umfasste 1,28 TBit/s.

Wegen des Standard-Packet-over-Sonet-Byte-Stuffing wurden die Latenzzeit-Tests bei einer Belastung von 98 Prozent durchgeführt. Der Durchschnitt von etwa 80 Mikrosekunden (μ s) für Single- und Multi-Chassis gleichermaßen entspricht den Erwartungen von Cisco (siehe Diagramm).

Fazit

Das CRS-1 arbeitete außergewöhnlich gut und stellte unter Beweis, dass es geeignet ist, die Anforderungen der Serviceprovider bis weit in die Zukunft zu erfüllen. Es war geeignet für eine Bandbreite von Terabits pro Sekunde, Millionen von Routes und mehr als zehn Millionen IPv4- und IPv6-Flows. Software-Upgrades unterbrechen den Traffic lediglich für Nanosekunden – selbst bei einem voll belasteten Live-Chassis. Seine Hochverfügbarkeits-Mechanismen sind exzellent. Darüber hinaus stellten wir fest, dass das CRS-1 in einer Multi-Chassis-Konfiguration wie erwartet skalierte. Das EANTC ist der Meinung, dass

das CRS-1 unter Beweis gestellt hat, der nächste Meilenstein auf dem Gebiet der Router-Leistung und Skalierbarkeit zu sein.

EANTC fiel im Test nur ein einziger Fehler auf, ein Paketverlust bei einem speziellen IPv6/IPv4-Paketmix. Cisco konnte den Microcode noch während der Testzeit korrigieren. Das Chassis des CRS-1 ist für einige kleine Installationen mit lediglich ein oder zwei Karten unpraktisch groß – im Dezember kündigte Cisco deshalb eine halb so

Testmethode und -aufbau

Die Tests wurden mit der N2X-Multiservice-Testlösung von Agilent durchgeführt. Der Cisco CRS-1 wurde in der folgenden Konfiguration getestet:

Für den Test wurden insgesamt 56 Packet-over-Sonet OC-192 (10 GBit/s) und zwei Packet-over-Sonet-OC-768-Schnittstellen (40 GBit/s) verwendet. Beim Cisco Router verfügt jedes Modul über vier OC-192-Ports oder einen OC-768-Port.

Für diesen Test waren nur echte Sonet-OC-768-Schnittstellenmodule zugelassen. 4x OC-192-WDM-Ports wurden nicht als echte OC-768-Schnittstellen eingestuft. Alle CRS-1-Chassis sowie die OC-192- und OC-768-Schnittstellenmodule benutzten die IOS-XR-Software, Version 2.0.2 von Cisco. IOS-XR ist eine komplett erneuerte Variante der Cisco IOS.

Cisco musste für alle Tests eine einzige Softwareversion auswählen. Die Software wurde während des Tests nicht ausgetauscht (bis auf den Software-Upgrade-Test und den Multi-Chassis-Tests, für Test 2 wurde ein Patch benötigt). Es waren nur Production Releases erlaubt. EANTC hat zu Beginn des Tests die Software von der öffentlichen Cisco-Webseite heruntergeladen. Für den Test wurde ein Cluster von Agilent N2X Systems (früherer Router Tester, Software Release 6.3) mit 40 OC-192-Schnittstellen sowie ein zweites Cluster von Agilent Router Tester Systems (Software Release 5.1.1) mit 16 OC-192-Schnittstellen und zwei OC-768-Schnittstellen verwendet. Da der Agilent 40-Gigabit-Port nur die alte Software unterstützt, nutzten wir verschiedene Cluster.

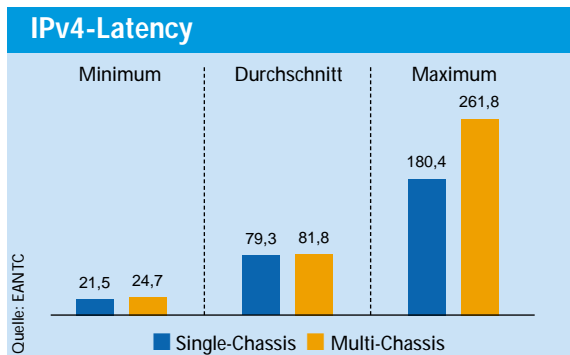
Um sicher zu stellen, dass die Tests in einer vollkommen reproduzierbaren Umgebung stattfinden, hat EANTC automatisch alle Konfigurationsänderungen von Cisco und alle CRS-1-Konsolen-Nachrichten protokolliert.

Jeder Test wurde mit Emulatoren durchgeführt, die mit denselben physikalischen Ports verbunden waren. Analytoren-Ports und Traffic-Streams wurden so miteinander verbunden, dass sowohl das Backplane des CRS-1, als auch die internen Prozesseinheiten seiner Module betroffen waren. Cisco kam zu dem Ergebnis, dass kein Leistungsunterschied besteht zwischen dem in einem Modul verbleibenden Traffic und demjenigen, der das Backplane durchläuft; unsere Tests wurden durchgeführt, um unter Beweis zu stellen, ob dies zutrifft oder nicht.

Das EANTC verwendete für alle Tests einen einheitlichen IPv4- und IPv6-Adressplan, jede Schnittstelle hatte einen Class-A-Adressplatz, um für alle Routes und Flows geeignet zu sein.

Der Test ist im Auftrag des amerikanischen Online-Magazins Lightreading durchgeführt worden. Mehr Infos dazu im Internet auf www.funkschau.de

große Ausführung des CRS-1 an. Auf die Akzeptanz durch den Markt und die weitere Entwicklung darf mit Spannung gewartet werden: VPN- (Virtual Private Network) und Edge-Funktionalität soll noch in diesem Jahr folgen. (AW)



verwendet wurden, plus eine zusätzliche 88 OC-192 (10-GBit/s) und eine 10 OC-768 (40-GBit/s) Schnittstelle, die mehrmals einen Schleifentest mit simuliertem Traffic durch das Chassis laufen ließen. Dieser Router-Aufbau, der drei Racks ausfüllte, beinhaltete zwei Line Card Chassis und ein Fabric Card Chassis, um diese miteinander zu verbinden. Bei Packet-over-Sonet-Links beeinflusst das Byte Stuffing an der physikalischen Schicht (HDLC; Highlevel Data Link