



CERN ERFORSCHT DEN URSPRUNG DES UNIVERSUMS UND VERTRAUT DABEI AUF EIN NETZWERK, DAS DIE DAMIT VERBUNDENE DATENFLUT BEWÄLTIGEN KANN

Zusammenfassung

Unternehmen:

CERN

Branche:

Wissenschaft & Forschung

Herausforderung:

Vorbereitung auf den dritten Durchlauf der Large Hadron Collider-Experimente, bei denen enorme Datenmengen anfallen werden

Technische Lösung:

- Switches der QFX-Serie
- Ethernet-Switches der EX9200-Serie
- Tungsten Fabric von The Linux Foundation

Ergebnisse:

- Bereitstellung eines zuverlässigen Netzwerks, in dem Petabyte Daten aus dem Bereich der Teilchenphysik analysiert werden können
- Ein programmierbares Netzwerk für größere Flexibilität und einen einfacheren Betrieb
- Automatische Konfiguration und Verwaltung von 4.400 Routern und Switches

Woraus besteht das Universum? Wie funktioniert es? Die Europäische Organisation für Kernforschung (CERN) befasst sich mit den großen Fragen zum Universum. Mit seinem weltbekannten Teilchenbeschleuniger, dem Large Hadron Collider (LHC), erzielt das Forschungszentrum bahnbrechende Ergebnisse und gewinnt neue Erkenntnisse im Bereich der Grundlagenphysik. CERN hat sich für die leistungsstarken Juniper Networks-Switches mit hoher Portdichte entschieden, um den Geheimnissen des Universums auf die Spur zu kommen.

Das Higgs-Boson ist ein Elementarteilchen und ein Grundpfeiler des Standardmodells der Teilchenphysik. Es wurde am CERN nachgewiesen, doch Forscher auf der ganzen Welt untersuchen weiterhin sein Verhalten, vor allem den Zerfall und die Wechselwirkungen. Bei ihren Experimenten mit dem LHC haben die Wissenschaftler exotische neue Teilchen gefunden und bisher unbekannte Phänomene beobachtet.

Nach dem zweiten drei Jahre dauernden Durchlauf mit ausgezeichneten Ergebnissen hat CERN den LHC Ende 2018 vorerst heruntergefahren. Doch 2021 sollen die Versuche mit einem noch leistungsstärkeren Beschleuniger wieder aufgenommen werden, um neue Erkenntnisse zu gewinnen. Für den dritten Durchlauf wird die Luminosität deutlich gesteigert – auf das bis zu 1,5-Fache des aktuellen Werts.

„Bei den nächsten LHC-Experimenten werden die Detektoren deutlich mehr Daten an das Datacenter senden“, erklärt Vincent Ducret, Netzwerktechniker am CERN. „Bei zwei Versuchen werden beispielsweise mehrere Terabit Daten pro Sekunde verarbeitet.“

Das IT-Team am CERN hat eineinhalb Jahre Zeit, ein Netzwerk für diese zukunftsweisende Forschung aufzubauen. Und zur Ausstattung seines technischen Netzwerks, das den LHC, die Experimente, das Datacenter und das Backbone unterstützt, hat es sich für Lösungen von Juniper Networks entschieden. Auf allen Switches und Routern wird dasselbe Juniper Networks® Junos®-Betriebssystem ausgeführt, was die Konfiguration und das Management der mehreren Hundert Geräte auf dem CERN-Campus erleichtert. CERN nutzt auch Tungsten Fabric (früher OpenContrail® und jetzt Teil von The Linux Foundation) für seine OpenStack-Cloud.

„Das Junos-Betriebssystem ist programmierbar und verfügt über eine sehr gute API. Da alle unsere Geräte von Juniper mit Junos OS arbeiten, fällt es uns leichter, verschiedene Modelle zu unterstützen, zum Beispiel die Switches QFX10000 und EX9200.“

– Stefan Stancu, Netzwerk- und Softwaretechniker, CERN

Das Fundament für revolutionäre Experimente

Die neuen Experimente sind nur möglich, wenn CERN die Kapazität seiner Datacenter erhöht, einschließlich der Server, Storage- und Netzwerkressourcen. Das Netzwerk musste schneller und redundanter werden. Es musste auch programmierbar sein, damit die Konfiguration und die Verwaltung automatisiert werden können, und sich problemlos an neue Anforderungen anpassen lassen. „Es ging uns nicht nur um die reine Kapazitätssteigerung“, erklärt Ducret. „Der Netzwerkpfad musste zudem dynamischer werden. Wir wollten auch die Möglichkeit haben, Technologien wie VXLAN einzusetzen, um Server flexibler über das Netzwerk verbinden zu können.“

Die Detektoren ähneln hochspezialisierten Digitalkameras und sind auf die Protonenkollisionen in den LHC-Kammern ausgerichtet. Die Forscher hoffen, auf diese Weise neue Teilchen zu finden und bisher unbekannte Wechselwirkungen zwischen den Teilchen zu beobachten. Bei den Kollisionen wird etwa ein Petabyte Daten pro Sekunde generiert. Diese Daten werden anschließend gefiltert und nur die „interessanten“ werden aufbewahrt. Sie werden aggregiert, rekonstruiert und zur späteren Untersuchung langfristig gespeichert. Kopien der Daten werden an andere Datacenter des Worldwide LHC Computing Grid (WLCG) gesendet.

„Es ging uns nicht nur um die reine Kapazitätssteigerung. Der Netzwerkpfad musste zudem dynamischer werden. Wir wollten auch die Möglichkeit haben, Technologien wie VXLAN einzusetzen, um Server flexibler über das Netzwerk verbinden zu können.“

– Vincent Ducret, Netzwerktechniker, CERN

Das Datacenter in Genf ist riesig. Es unterstützt alle Forschungsprojekte und Experimente und auch das Verwaltungssystem von CERN – also sowohl die Beobachtung kamerascheuer Pentaquarks und D-Mesonen als auch eher alltägliche Aufgaben wie Videokonferenzen und Gehaltsabrechnungen. Das Datacenter umfasst mehr als 15.000 Server und 260.000 Prozessorkerne und hat eine Storage-Kapazität von 280 Petabyte. Über 340 Petabyte Daten sind in Bandbibliotheken archiviert.

Der QFX10008-Switch von Juniper Networks wird im Hauptnetzwerk des Datacenters eingesetzt. Die Switches der QFX10000-Serie wurden für die anspruchsvollsten Datacenter und Multicloud-Umgebungen entwickelt. Die speziellen Q5-ASICs mit Siliziumtechnologie sorgen dabei für die hohe Leistung, Vielseitigkeit, Skalierbarkeit und Kapazität, die für einen langfristigen Investitionsschutz notwendig sind. Der QFX10008-Switch erfüllt die Anforderungen von CERN: schnelle, zuverlässige Verbindungen und eine hohe Portdichte für 100 Gbit/s zur Unterstützung der unvermeidlichen Zunahme des Datenverkehrs. Und mit den QFX-Switches von Juniper Networks kann das Hauptnetzwerk zudem von 40 Gbit/s auf mindestens

100 Gbit/s skaliert werden.

Die QFX5120- und QFX5200-Switches bieten 25-GbE- und 100-GbE-Plattformen mit einer hohen Dichte und fester Konfiguration, vollständige Redundanz in Top-of-Rack-Implementierungen und dadurch eine höhere Verfügbarkeit. Für flexible und kosteneffiziente Bereitstellungen sind Switches mit hoher Portdichte erforderlich, da sie nur eine geringe Rack-Fläche einnehmen und weniger Kühlung erfordern, sodass auch eine zukünftige Erweiterung möglich ist.

Der QFX10002-Switch befindet sich am Rand des Datacenters und verbindet die CERN-Datacenter mit den Netzwerken, über die die Daten zur weiteren Berechnung und Analyse an Forschungszentren weltweit gesendet werden. Die QFX10002-Switches mit fester Konfiguration sind äußerst skalierbare Plattformen mit einer hohen Portdichte in einem kompakten 2-HE-Formfaktor. Diese Infrastruktur liefert ca. 80 Prozent der Rechenleistung: Bei dem letzten Durchlauf des LHC wurden in diesen Netzwerken innerhalb von 12 Monaten 370 Petabyte Daten verarbeitet.

Open-Source-Tools spielen in diesem Umfeld eine wichtige Rolle, da sie eine Zusammenarbeit der Forscher auf der ganzen Welt ermöglichen. CERN zum Beispiel nutzt eine private OpenStack-Cloud mit mehr als 280.000 Cores und 8.000 Hypervisoren, und hat eine neue Region hinzugefügt, die SDN nutzt, um Workloads besser im Datacenter verschieben zu können. Außerdem werden Floating-IP-Adressen und IP-basiertes Server Load Balancing verwendet. Tungsten Fabric ist ein Community-gestütztes Open-Source-Projekt und bildet die Grundlage für die Juniper Networks Contrail®-Plattform, denn es bietet die Control Plane für das Netzwerk in dieser Region. CERN überprüft derzeit auch den Einsatz von Virtual Extensible LAN (VXLAN).

Die Erforschung des Urknalls

ATLAS ist eines der vier größten Experimente und darauf ausgelegt, bis zu 1,7 Milliarden Protonenkollisionen pro Sekunde zu beobachten. Dabei werden mehr als 7,5 Terabyte Daten pro Sekunde generiert. Da nur wenige der beobachteten Ereignisse tatsächlich zu neuen Erkenntnissen führen, wird der Datenstrom auf ein überschaubares Maß reduziert. Das ATLAS TDAQ-System (Trigger and Data Acquisition) ist für die Filterung, die Datenerfassung und Überwachung der Infrastruktur verantwortlich.

Der QFX5200-Ethernet-Switch bietet Verbindungen mit einem hohen Durchsatz für die Server und zwei QFX10016-Switches mit MC-LAG (Multi-Chassis Link Aggregation Group) sorgen für die notwendige Redundanz, Load Balancing und ein schleifenfreies Layer-2-Netzwerk, aber ohne den Aufwand, der bei einem Spanning Tree-Protokoll notwendig wäre. Da es mehrere virtuelle Routerinstanzen mit unterschiedlichen Serviceklassenrichtlinien gibt, können verschiedene Regeln für die Verarbeitung der diversen Datenverkehrsarten festgelegt werden, zum Beispiel für Management, Kontrolle, Daten, Überwachung und Simulation. Die Auslesekanäle des ATLAS-Detektors werden vom QFX5200- und vom QFX10016-Chassis versorgt.

Die Vorteile der Automatisierung

Das technische Netzwerk von CERN unterstützt den Beschleuniger und die Überwachungs- und Sicherheitssysteme und gilt daher als wichtigste Komponente der Dateninfrastruktur. Die Architektur umfasst mehr als 11.000 Geräte und muss äußerst robust, zuverlässig und skalierbar sein. CERN setzt daher auf Ethernet-Switches der EX9200-Serie von Juniper Networks, die die nötige Programmierbarkeit, Flexibilität und Skalierbarkeit bieten.

Die Sicherheit der Infrastruktur ist ein wichtiges Thema und es gibt jetzt mehr Sicherheitsrichtlinien, aus denen die Wissenschaftler die passenden für ihre Systeme auswählen können. Die Verbindungen zwischen dem technischen und dem allgemeinen Netzwerk werden zum Beispiel über umfassende Zugriffskontrolllisten (Access Control Lists, ACL) verwaltet. Und da die Switches von Juniper ACLs dieser Größe unterstützen, kann das Netzwerkteam für einen effizienten Betrieb sorgen, während es neue Firewall-Filter erstellt.

Das Team hat mit Open-Source-Tools eine Software entwickelt, die bestimmte Gerätekonfigurationen anhand einer Datenbank erstellen kann, die den gewünschten Netzwerkstatus vorgibt. Diese Konfigurationen werden dann für die Juniper-Geräte verwendet.

Es ist kaum möglich, ein so großes, heterogenes Netzwerk zu konfigurieren, zu implementieren und zu verwalten, ohne bestimmte Aufgaben zu automatisieren. „Die Bereitstellung des gesamten Netzwerks erfolgt automatisch“, erklärt Stefan Stancu, Netzwerk- und Softwaretechniker der IT-Abteilung von CERN. „Wenn ein Servicetechniker einen Switch austauscht, stellen die Softwaretools mit nur einem Befehl die gesamte Konfiguration bereit. Bei Hunderten Routern und Tausenden Switches wäre eine manuelle Konfiguration zu fehleranfällig. Außerdem werden die Zugriffskontrolllisten für alle Router regelmäßig automatisch aktualisiert. Dabei vertrauen wir darauf, dass die Konfigurationsschnittstelle von Juniper Änderungen erkennt und gegebenenfalls die notwendigen Updates installiert.“

„Das Junos-Betriebssystem ist programmierbar und verfügt über eine sehr gute API“, fügt Stancu hinzu. „Da alle unsere Geräte von Juniper mit Junos OS arbeiten, fällt es uns leichter, verschiedene Modelle zu unterstützen, zum Beispiel die Switches QFX10000

und EX9200. Die Unterstützung offener Standards über Programmierschnittstellen ist ebenfalls wichtig. Wir haben ein eigenes Tool entwickelt, um die Netzwerkgeräte zu konfigurieren und zu verwalten. Dadurch sind unsere Benutzeroberfläche und die Betriebsabläufe anbieterunabhängig. Letztendlich müssen wir allerdings die Interaktionen mit den verschiedenen Anbietern regeln und dabei hilft uns Juniper. Durch die programmierbare Konfigurations-API, die für alle Juniper-Plattformen nahezu identisch ist, wird diese Aufgabe sehr viel einfacher.“

Blick in die Zukunft: noch höhere Luminosität

Da die Experimente am CERN ständig weiterentwickelt werden, sieht das Netzwerkteam einige Herausforderungen auf sich zukommen. Mit dem High Luminosity LHC, dessen Komponenten ab 2024 installiert werden sollen, werden die ATLAS- und CMS-Detektoren noch präziser arbeiten. Die Daten- und Computing-Anforderungen werden daher weiter steigen und schätzungsweise 500 Petabyte pro Jahr erreichen. In CERN openlab und anderen F&E-Programmen wird bereits untersucht, wie die Computing-Modelle verbessert und ausgebaut werden können, um diese hohen Anforderungen zu erfüllen.

Mehr erfahren

Weitere Informationen über die Produkte und Lösungen von Juniper Networks finden Sie unter www.juniper.net.

Über Juniper Networks

Juniper Networks sorgt mit seinen Produkten, Lösungen und Services für Simplizität bei weltweiten Netzwerken. Durch kontinuierliche Innovation überwinden wir die Einschränkungen und die Komplexität, mit der Netzwerkadministratoren in der Cloud-Ära zu kämpfen haben, und unterstützen unsere Kunden und Partner bei der Bewältigung ihrer größten Herausforderungen. Wir bei Juniper Networks sind überzeugt, dass Netzwerke ein Medium für den weltweiten Wissensaustausch und den die Welt verändernden Fortschritt der Menschheit sind. Deshalb haben wir uns das Ziel gesetzt, bahnbrechende Lösungen für automatisierte, skalierbare und sichere Netzwerke zu entwickeln, die mit dem Tempo unserer schnelllebigen Geschäftswelt Schritt halten.

Hauptsitz und Sitz des Vertriebs

Juniper Networks, Inc.
1133 Innovation Way
Sunnyvale, CA 94089 USA
Telefon: +1 888 586 4737
oder +1 408 745 2000
Fax: +1 408 745 2100
www.juniper.net/de/

Hauptniederlassung für die Regionen APAC und EMEA

Juniper Networks International B.V.
Boeing Avenue 240
1119 PZ Schiphol-Rijk
Amsterdam, Niederlande
Telefon: +31 0207 125 700
Fax: +31 0207 125 701

JUNIPER
NETWORKS | Engineering
Simplicity

