



SOFTWARE DEFINED NETWORKS

Das Internet flexibler gestalten und dynamischer steuern

Vor allem aufgrund seiner starren Architektur und mangelnden Ressourcennutzung ist die Flexibilität der aktuellen Internettechnologie eingeschränkt. Dies könnte sich durch Anwendung von Software Defined Networks (SDN) ändern. Hierbei wird die Steuerung der Netze und Datenflüsse von den bisherigen Netzkomponenten auf eine zentrale logische Einheit übertragen.

Das heutige Internet hat sich über Jahrzehnte zu einer globalen, universalen Kommunikations- und Dienstplattform entwickelt. Der Erfolg des Internets wird vor allem vorangetrieben durch das vielfältige Angebot an Anwendungen, einhergehend mit der steigenden Verbreitung durch einen immer schnelleren Breitband-Internetzugang. Die im Internet verwendete Technologie hat sich dabei als

Basis für sämtliche Informations- und Kommunikationssysteme herauskristallisiert und wird schrittweise in sämtlichen Industriezweigen eingeführt, beispielsweise im Mobilfunk mit LTE, in der Automatisierungstechnik unter dem Schlagwort Industrie 4.0, in der Fahrzeugindustrie, zur Realisierung von Smart Cities und in der Energietechnik mit Energieinformationsnetzen.

Innovationen sind teilweise kurzen Lebenszyklen unterworfen und die neuen Bereiche bringen neuartige Anforderungen. Um auf häufig auftretende Änderungen hinsichtlich neuer Innovationen reagieren zu können, sind Flexibilität und Rekonfigurierbarkeit von Informations- und Kommunikationssystemen eine entscheidende Voraussetzung geworden. Leider stellt die vorherrschende In-

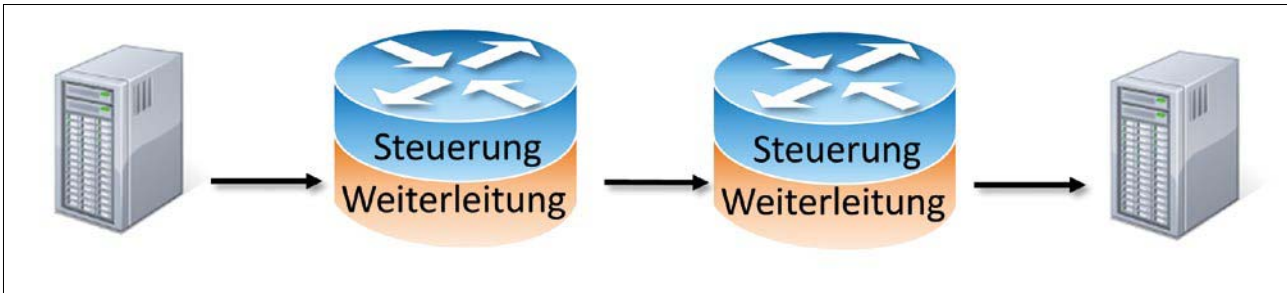


Abbildung 1: Bisherige Netzkomponenten wie Router und Switche übernehmen neben der Weiterleitung der Daten die Steuerung des Datenflusses.

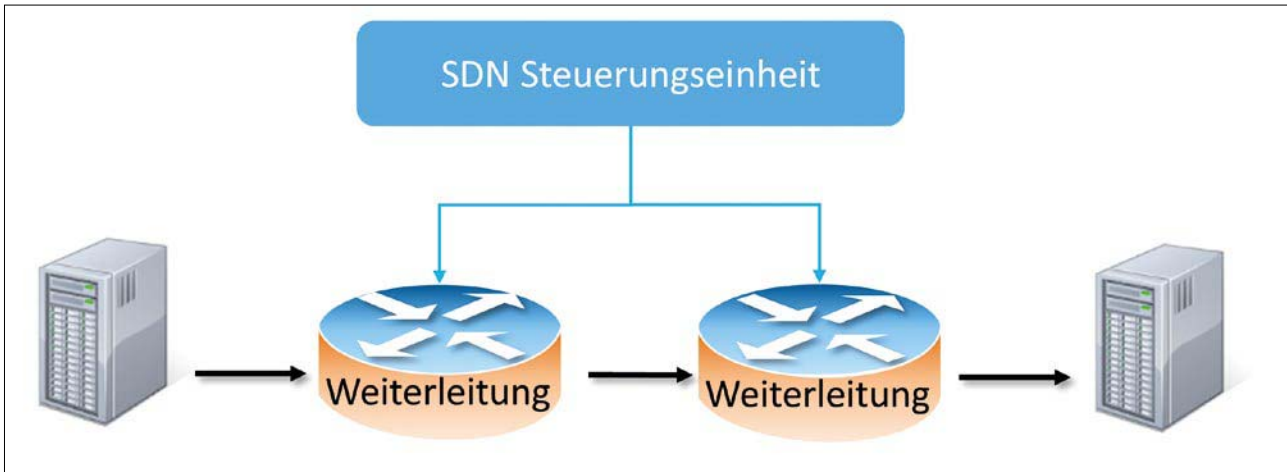


Abbildung 2: Bei SDN werden sämtliche Steuerungsfunktionen auf eine logisch-zentrale Netzkomponente, die SDN-Steuerungseinheit, transferiert.

ternettechnologie hier durch seine starre Architektur, seine mangelnde Ressourcensteuerung und Sicherheitsmechanismen einen Engpass hinsichtlich Flexibilität dar. Hinzu kommt, dass in den bestehenden vernetzten Systemen die meisten Funktionen monolithisch teilweise mittels proprietärer Schnittstellen in speziell ausgelegten Endsystemen und Servern implementiert werden, was zu hohen Kosten bei Änderungen und zur Abhängigkeit von einem Hersteller führt.

In jüngster Zeit sind eine Reihe neuer Technologien zur Unterstützung von Flexibilität im Internet auf gekommen. Cloud-Computing ermöglicht die dynamische, an dem eigenen Bedarf angepasste Bereitstellung von Rechenressourcen. Netzwerkvirtualisierung erlaubt es, für ein logisches Netz oberhalb einer physikalischen Infrastruktur vorhandene Ressourcen aufzuteilen oder zusammenzufassen und mit eigenem Adressraum, Adressierung und Routing auszustatten. Eine flexible Steuerung dieser logischen Netze wie auch der

einzelnen Datenflüsse innerhalb eines Netzes wird durch Software Defined Networking (SDN) ermöglicht.

Grundsätze von Software Defined Networking

Bisherige Netzkomponenten wie Router und Switche übernehmen neben der Weiterleitung der Daten die Steuerung des Datenflusses (siehe Abbildung 1). Hier setzt SDN an. Sämtliche Steuerungsfunktionen werden aus der Hardware herausgelöst und in Software auf eine logisch-zentrale Netzkomponente, die SDN-Steuerungseinheit, transferiert (siehe Abbildung 2). Diese Komponente verfügt über offene Schnittstellen und ermöglicht so die freie Programmierbarkeit des Netzes, und damit eine bisher nicht vorhandene Flexibilität. Die Kommunikation zwischen der Steuerungseinheit und den Netzkomponenten erfolgt dabei über ein standardisiertes Protokoll, z. B. Open-Flow.¹

Neben dieser Schnittstelle zur Netzsteuerung (Southbound API)

nimmt die Schnittstelle zu Anwendungen (Northbound API) eine wichtige Rolle ein, beispielsweise zur Steuerung der Lastverteilung (Load Balancing) in einem Datenzentrum. Es sei hier darauf hingewiesen, dass zu diesem sogenannten Northbound Interface, im Vergleich zum Southbound Interface, derzeit noch wenig generelle Ansätze für die Realisierung dieser Schnittstelle vorliegen. Weitere Schnittstellentypen zur Interaktion mit anderen Steuerungseinheiten, z. B. zwischen unterschiedlichen autonomen Systemen, werden in den Beitrag „A Compass Through SDN Networks“ definiert.² Zu den anderen SDN-Steuerungseinheiten ist das konkret das Westbound Interface, und zu bisherigen Steuerungs- und Managementsystemen das Eastbound Interface. Diese Schnittstellen ermöglichen eine netzübergreifende Optimierung. Die unterschiedlichen Schnittstellen sind für ein Beispielnetz in Abbildung 3 dargestellt. Dieses Netz besteht aus drei autonomen Systemen, einem konventionellen Netz für Endnutzer, einem auf SDN basierenden

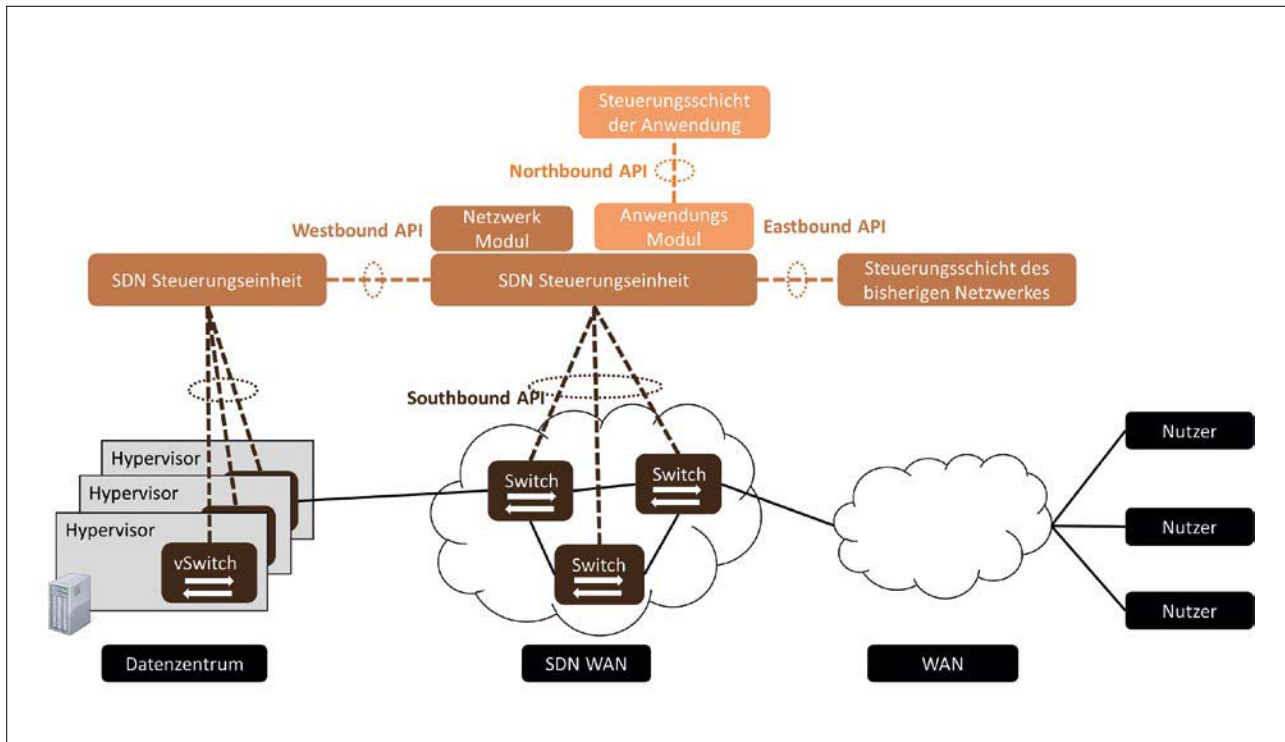


Abbildung 3: Dieses Beispielsnetz besteht aus drei autonomen Systemen, einem konventionellen Netz für Endnutzer, einem auf SDN basierendem Transitnetz und einem auf SDN basierendem Datenzentrumsnetz.

Transitnetz und einem auf SDN basierenden Datenzentrumsnetz.

Anwendungsmöglichkeiten für SDN

Im Folgenden werden kurz einige Anwendungsmöglichkeiten für SDN skizziert. In den aufgeführten Beispielen ermöglicht die durch SDN gewonnene Flexibilität eine Kostenersparnis. Weitere Anwendungsmöglichkeiten sowie detailliertere Informationen zu den Szenarien werden ebenfalls in dem unter [2] genannten Beitrag beschrieben.

Netzmanagement im WAN am Beispiel von Google

Google verfügt über ein eigenes weltweites Netzwerk (Wide Area Network, WAN), welches seine globalen Datenzentren verbindet. In diesem wird mittlerweile die SDN-Technologie zusammen mit Switchen, die das OpenFlow-Protokoll unterstützen, eingesetzt.³ Die geringe Zahl an globalen Datenzentren ermöglicht die zentrale Kontrolle des Netzes. Im eigenen Netz kann die Kenntnis der Dienste und Netztopologie zusammen mit den

Steuerungsmechanismen für Dienste, Server und Netzkomponenten ausgenutzt werden, um eine höhere Auslastung der Datenpfade zu ermöglichen. Anstatt der typischen 30 bis 40 Prozent Auslastung pro Datenpfad erreicht Google eine mittlere Auslastung von 70 Prozent pro Datenpfad ohne eine Beeinflussung der Dienste z.B. bei Lastspitzen. So können die Betriebskosten durch eine höhere Auslastung der Datenpfade gesenkt werden.

Lastverteilung im Datenzentrum

Lastverteilung ist ein typischer Dienst für den Betrieb von Internetanwendungen wie die Suchmaschinen bekannter Portale innerhalb eines Datenzentrums.⁴ Diese Anwendungen laufen zum Zwecke der Effizienzsteigerung und der Ausfallsicherheit auf mehreren Rechnern. Anfragen der Kunden können nun basierend auf der Last der einzelnen Rechner aufgeteilt werden. Die Aufteilung übernimmt typischerweise eine eigenständige, proprietäre Netzkomponente. Mithilfe von SDN ist es möglich, diese Funktion auf einem OpenFlow Switch als native Fähigkeit des Netzes zu konfigurieren und so-

mit eine separate Komponente zur Lastverteilung einzusparen. So können die Anschaffungskosten, welche für den Betrieb des Datenzentrums nötig sind, gesenkt werden.

Virtualisierung spezifischer Netzfunktionen (NFV)

Bisher laufen die anwendungsspezifischen Funktionen des Netzes (zum Beispiel das Mobilitätsmanagement im Mobilfunk, Firewalls etc.) auf dedizierter, proprietärer Hardware. Werden neue Dienste eingeführt, wird entsprechend zusätzliche Hardware benötigt, was zu hohen Kosten für den Netzbetreiber führt. Die Virtualisierungstechniken für Computer-Plattformen haben bereits zu einer Flexibilisierung und Kosteneinsparungen bei Serveranwendungen geführt. Unter NFV versteht man die Idee, die anwendungsspezifischen Funktionen von dedizierter Hardware im Datenpfad oder Signalisierungspfad des Kommunikationsnetzes mittels Virtualisierung auf handelsübliche Server und Switches zu transferieren. Dadurch ergibt sich nicht nur eine Einsparung von Hardwarekosten durch effizientere Res-

sourcennutzung, sondern man erwartet auch deutliche Einsparungen bei den Betriebskosten durch Auslagerung und Zentralisierung der Netzanwendungen und durch eine dynamische Anpassung der Ressourcen an den aktuellen Bedarf. SDN wird hier als die Schlüsseltechnologie angesehen, um Datenflüsse den ausgelagerten Netzanwendungen dynamisch und flexibel zuzuführen. NFV wird derzeit von Netzbetreibern in der ETSI standardisiert.⁵

Die Vorteile und Herausforderungen von SDN

Durch den Transfer der Steuerungsfunktionalität bisheriger Netzkomponenten auf eine zentrale logische Steuerungseinheit, die über offene Schnittstellen verfügt, erlaubt SDN die Programmierung verteilter Netze. SDN ermöglicht damit lang ersehnte Features in den Netzen. Neue Steuerungsfunktionen und -protokolle können an einer zentralen Stelle implementiert und getestet werden. Netztechnologien und Protokolle werden nur von der Steuerungseinheit verstanden und die Weiterleitungstabellen der einzelnen Netzkomponente entsprechend angepasst. Auf diese Weise erreicht man eine Unabhängigkeit der Netzkomponenten von den unterschiedlichen Technologien und kann z. B. IPv4 und IPv6 parallel betreiben. Des Weiteren kann der Verkehr dynamisch gesteuert und können Engpässe schnell und effizient mittels Umleitungen aufgelöst werden. Durch die generische Implementierung von OpenFlow können Protokolle auf unterschiedlichen Schichten und von unterschiedlicher Granularität erkannt und bezüglich ihrer Anforderungen behandelt werden. Zuletzt kann das logisch-zentrale Steuerungselement von SDN je nach Bedarf auf einen oder mehrere physikalische oder virtuelle Rechner verteilt werden. Hierdurch können die benötigten Rechenressourcen zur Verfügung gestellt werden.

Natürlich ergeben sich beim Einsatz von SDN möglicherweise Nachteile und auch neue Herausforderungen. Durch die Zentralisierung der Steuerung kann ein Ausfall der lo-

gisch-zentralen Komponente zu einem Teil- oder Komplettausfall führen. Des Weiteren ist die Leistungsfähigkeit dieser Komponente maßgeblich entscheidend für die Gesamtleistungsfähigkeit des Netzes. Für die Anpassung des Netzes an die Anwendungen wird eine Mischung aus Netzwerkadministrator und Programmierer benötigt, der entsprechendes Expertenwissen über Netze und Programmierung mitbringt.

Fazit

Zusammenfassend können die Unzulänglichkeiten im heutigen Internet durch die SDN deutlich verbessert werden. Überdies handelt es sich bei SDN um einen evolutionären Ansatz, der schrittweise im Internet eingeführt werden kann. Dies dürfte eines der wichtigsten Argumente für die zukünftige Verbreitung und den kommerziellen Erfolg von SDN sein.

THOMAS ZINNER, TOBIAS HOSSFELD, PHUOC TRAN-GIA

Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, Universität Würzburg

WOLFGANG KELLERER

Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, Technische Universität München

Literatur

- [1] N. McKeown, T. Anderson, H. Balakrishnan, G. Parulkar, L. Peterson, J. Rexford, J. Turner, "OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks," ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol. 38(2), 2008.
- [2] T. Zinner, M. Jarschel, T. Hoßfeld, P. Tran-Gia, W. Kellerer, "A Compass Through SDN Networks", Technical Report, Number 488, Department of Computer Science, 2013.
- [3] S. Jain, A. Kumar, S. Mandal, J. Ong, L. Poutievski, A. Singh, S. Venkata, J. Wanderer, J. Zhou, M. Zhu, J. Zolla, U. Hölzle, S. Stuart and A. Vahdat, "B4: Experience with a Globally-Deployed Software Defined WAN", ACM SIGCOMM, August 2013
- [4] R. Wang, D. Butnariu, J. Rexford, "OpenFlow-Based Server Load Balancing Gone Wild," Proceedings of the 11th USENIX Conference on Hot Topics in Management of Internet, Cloud, and Enterprise Networks and Services, 2011.
- [5] ETSI ISG on NFV, "Network Functions Virtualisation – Introductory White Paper", published during the SDN and OpenFlow World Congress, 2012.

FACHGRUPPE 5.2.4

TREFFEN ZU AUTONOMEN VERNETZTEN SYSTEMEN

Am 11. Juli 2013 fand das 43. Treffen der ITG-Fachgruppe 5.2.4 IP and Mobility zum Thema „Autonome vernetzte Systeme“ bei den Lakeside Labs in Klagenfurt in Österreich statt. Das Fachgruppentreffen wurde von der Universität Klagenfurt zusammen mit den Lakeside Labs organisiert und in deren Research Days eingebettet. Mehr als 40 Experten aus Industrie und Universitäten trafen sich zu diesem Workshop und diskutierten unter der Leitung von Prof. Wolfgang Kellerer (TU München, Sprecher 5.2.4), Prof. Dr. Christian Bettstetter und Dr. Evsen Yanmaz (beide Universität Klagenfurt und Lakeside Labs) zu Themen wie drahtlose Kommunikation zwischen UAVs, Datenerfassung mit UAVs. Als besonderes Highlight hatte in der Mittagspause jeder Teilnehmer Gelegenheit, selbst einen Flugroboter zu steuern. Die Agenda und die Vorträge finden sich unter <http://www.ikr.uni-stuttgart.de/Content/itg/fg524/Meetings/2013-07-11-Klagenfurt/index.html>.

FACHAUSSCHUSS 6.2

FACHTAGUNG ECHTZEIT 2013

Die Fachtagung Echtzeit steht dieses Jahr unter dem Leitthema Funktionale Sicherheit. Sie findet am 21. und 22. November 2013 traditionsgemäß in Boppard am Rhein statt. Der Tagungsband erscheint erneut im Springer-Verlag. Die einzelnen Sitzungen beschäftigen sich mit funktionaler Sicherheit und ihren Normen, automobiltechnischen Anwendungen, Systementwicklung und Verifikation. Die Siegerarbeiten des Graduiertenwettbewerbs werden in einer weiteren Sitzung vorgestellt. Das vollständige Tagungsprogramm ist unter <http://www.real-time.de/programm.html> zu finden. Für die Anmeldung zur Tagung steht die Maske <http://www.real-time.de/anmeldung.html> zur Verfügung. Bei Anmeldungen bis zum 11. Oktober 2013 gilt der Frühbuchertarif.