ComConsult Research

Der Netzwerk Insider

November 2010

Systematische Weiterbildung für Netzwerk- und IT-Professionals

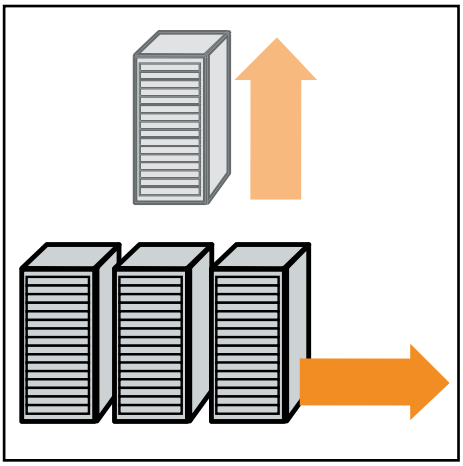
Schwerpunktthema

Neue Netzwerk-Architekturen im Rechenzentrum: ScaleOut verdrängt die traditionellen ScaleUp-Strukturen

von Dr. Franz-Joachim Kauffels

In dem am 27.09.2010 veröffentlichten Insider-Online-Artikel hatten wir uns neben generellen Aussagen zur Latenz den konstruktiven Aspekten latenzarmer Komponenten bis hin zu Switches und Adapterkarten und der Frage der erweiterten Konvergenz gewidmet. Diese schönen Komponenten nutzen jedoch alle nichts, wenn man sie nicht geeignet anordnet. Eine Ablösung von STP durch TRILL oder PLSB ist zwar nett, macht aber noch keine Architektur.

Die konventionelle vielstufige Strukturierung eines RZ-Netzes ist ein Auslaufmodell. Eine nahe liegende Möglichkeit ist die Schaffung so genannter Fat Trees



oder die Nutzung eines Virtual Chassis. Beide Konzepte haben aber den schwerwiegenden Nachteil, dass sie auf teuren fetten Core-Switches beruhen.

Es stellt sich die Frage, ob man das nicht alles ganz anders machen könnte und den in anderen Bereichen der DV erfolgreichen Ansatz des ScaleOut auch auf Netze übertragen kann. HP (mit Voltaire) und IBM machen das schon für ihre High End Blade-Server.

Sehen Sie, wie das alles funktioniert und welche Konsequenzen es nach sich zieht.

weiter auf Seite 12

Zweitthema

VMware verspricht eine wolkige Zukunft

Informationen von der VMworld 2010

von Dipl.-Math. Cornelius Höchel-Winter

Die VMworld 2010 ist in San Francisco mit einem neuen Teilnehmerrekord zu Ende gegangen. VMware spricht von über 17.000 Teilnehmern an der viertägigen Veranstaltung. Das Motto „Virtual Roads, Actual Clouds“ verrät die grobe Richtung und während der Veranstaltung wurde jedem Teilnehmer mehr als deutlich gemacht, worin VMware die Zukunft sieht: Cloud Computing ist DER Mega-Trend und VMware möchte ihn als Marktführer anführen.

Aber was bedeutet dieses vielgenutzte Schlagwort „Cloud Computing“ aus der Sicht von VMware und wie sieht VMware die zukünftige Entwicklung dieses Marktsegments?

weiter auf Seite 24

Top-Veranstaltung

Winterschule 2010

ab Seite 10

Geleit

IBM attackiert Cisco: was passiert im Rechenzentrum?

ab Seite 2

Sonderaktion bis 30.11.10

ComConsult-Study.tv feiert

auf Seite 9

Zum Geleit

IBM attackiert Cisco: was passiert im Rechenzentrum?

Seit dem Einstieg Ciscos in den Servermarkt ist der Konflikt mit den führenden Server-Herstellern mit den Händen greifbar. HP hat seine Position durch die Übernahme von 3Com ausgebaut, doch IBM erschien bisher strategielos und konfus. Mal wurde eine Kooperation mit Brocade hoch gehalten, mal kam der Spruch „wir arbeiten mit allen zusammen", aber im Endeffekt musste man sich wundern, ob IBM überhaupt eine klare Linie mit Bezug auf Netzwerke hat.

Diese Frage ist gerade im Rechenzentrum durchaus wichtig. So gibt es wie im Leitartikel von Dr. Kauffels dargestellt eine intensive Diskussion darüber, wie das Netzwerk der Zukunft im Rechenzentrum aussehen wird. Hintergrund ist der technische Trend, den Netzwerken im RZ immer mehr den Charakter eines Systembusses zu geben. Dafür gibt es eine Reihe von guten Gründen, wie wir weiter unten diskutieren werden. Damit entsteht aber die Frage, ob die bisherige Architektur der Netzwerke im RZ, speziell die Einbindung von Servern und Speicher, auf Dauer so bleiben kann. So gibt es mindestens eine Entwicklung, die Dr. Kauffels darstellt, die die Netzwerke in Zukunft als Teil des Servers darstellt, quasi als eine neue Form von Systembus. Im Umfeld dieser technischen Diskussion muss der Angriff von IBM auf Cisco, aber auch das Fehlen jeder erkennbaren Strategie auf der Seite von IBM gesehen werden. Es kann nicht sein, dass Netzwerke im Umfeld von Servern und Speicher immer systemnäher werden und einer der Hauptanbieter in diesem Markt überbietet sich mit konfusen und richtungslosen Statements.

Nun hat IBM gerade die Übernahme von Blade Networks (BNT) angekündigt. Wird nun die lange vermisste Strategie für den Kunden deutlicher? Zumindest hat diese Entscheidung eine emotionale Seite, die man beachten sollte. Der Gründer und CEO von Blade, Vikram Mehta, ist bekannt für seine markigen Sprüche in Richtung Cisco.

Ein Zitat soll das unterstreichen:

„At a time when Cisco is embarking on major product-line transitions that require customers to buy into a single-vendor rip-and-replace approach, our products allow customers to overcome their problems without taking away their freedom of choice when it comes to servers, storage, hypervisors and network equipment."

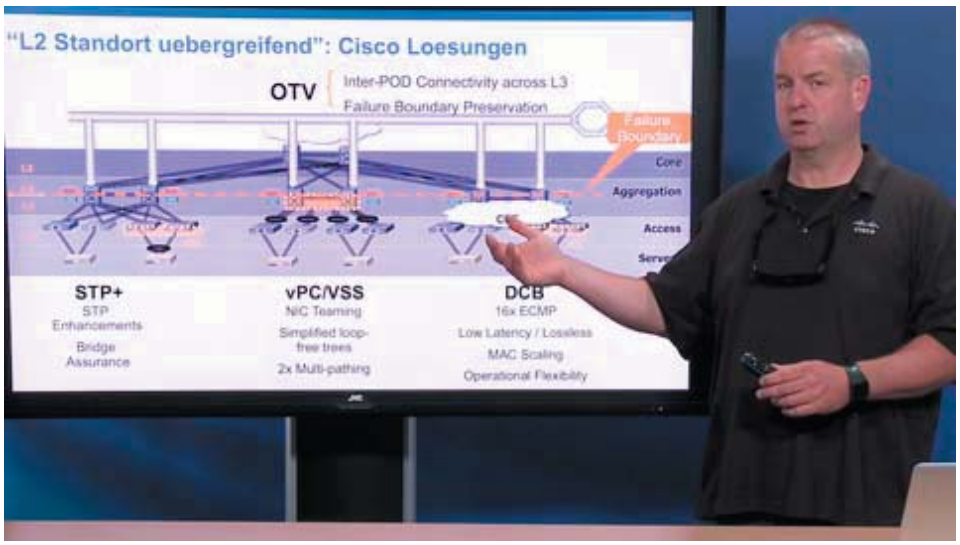
Einen ähnlich aggressiven Ton schlägt IBM in seiner Ankündigung der Blade-Übernahme an: „With Blade, IBM can drive innovation at the systems networking level to enable clients to speed the delivery of key information from system to system, for workloads such as analytics and cloud computing, while reducing data center costs".

Aber was bedeutet das wirklich? Um hier zu einer Klärung zu kommen, müssen vier Fragen beantwortet werden:

- Hat Cisco im Rechenzentrum Fehler gemacht?
- Gibt es einen nachvollziehbaren Bedarf für einen neuen Typ von Netzwerk im RZ?
- Löst die Übernahme von BNT das Strategie-Problem IBMs?
- Lässt sich der Markt wirklich auf Cisco und IBM reduzieren? Welche anderen Hersteller spielen noch eine Rolle?

Fangen wir mit der Frage nach Ciscos Fehlern an. Tatsächlich hinterlässt Cisco mit seiner Vorgehensweise stark gemischte Gefühle. Auf der einen Seite hat Cisco lange vor anderen Herstellern den Bedarf für Virtualisierungs-bewusste Netzwerke im RZ erkannt (siehe VN-link und Nexus 1000V). Auch der Bedarf nach Layer-2-Verbindungen über Layer-3 hinweg wurde früh adressiert (OTV, siehe Video bei ComConsult-Study.tv).

Dies geht einher mit der Einführung des Nexus in den RZ-Markt. Aber hiermit beginnt das Problem. Cisco verdient sehr viel Geld mit dem Catalyst 6500, ein Switch, der ganz klar im Rechenzentrum nichts mehr verloren hat (u.a. wegen der fehlenden Unterstützung von DCB). Um diese Cash-Cow aufrecht zu erhalten, wird der Nexus nach meiner Ansicht bewusst hausintern gebremst. Das ist mehr als peinlich angesichts der Tatsache, dass Cisco gleichzeitig Fibre Channel over Ethernet puschen will. Der Catalyst 6500 ist aber für FCoE nicht geeignet. Auch sind die Latency-Werte des 6500 keine Basis für eine Zukunftsorientierung im RZ. Es fehlt ihm schlicht die System-



OTV, Video auf ComConsult-Study.tv, kostenfreier Zugang

Schwerpunkthema

Neue Netzwerk-Architekturen im Rechenzentrum: ScaleOut verdrängt die traditionellen ScaleUp-Strukturen

Dr. Franz-Joachim Kauffels ist einer der erfahrensten und bekanntesten Referenten der gesamten Netzwerkszene (über 20 Fachbücher und unzählige Artikel) und bekannt für lebendige und mitreißende Seminare.

Fortsetzung von Seite 1

1. Reduktion der Anzahl von Knoten, die zwischen Quelle und Ziel durchlaufen werden müssen

In dem Insider-Artikel haben wir eine Reihe von Komponenten und deren Architektur kennengelernt, die als einzelne Komponente mit geringer oder sehr geringer Latenz arbeiten. Insgesamt nutzt das natürlich sehr wenig, wenn diese Komponenten zu einem ungünstigen Netz zusammengeschaltet werden.

Eine „Conventional Wisdom“ ist ja heute, die Netzstrukturierung vermöge des Ersatzes des Protokolls aus der Spanning Tree Familie durch ein neues Strukturprotokoll wie TRILL oder PLSB zu verbessern. Da dieser Bereich auch in anderen Publikationen von ComConsult Research besonders von Frau Borowka-Gatzweiler ausführlich und in hinreichender Tiefe dargestellt wird, können wir das hier kurz halten.

Allerdings ist es so, dass verschiedene Hersteller bezweifeln, dass diese Methoden ausreichen und einen konstruktiven Ansatz bevorzugen, der allgemein als „ScaleOut“ bezeichnet wird.

ScaleOut steht für ein völliges Umdenken bei Netzen. Traditionelle Netze sind eher nach dem Grundgedanken des „ScaleUp“ aufgebaut, bei dem immer größer werdende monolithische Switches die wesentlichen Hauptaufgaben übernehmen. Das führt zu sehr schönen skalierbaren Netzen, allerdings auch zu fulminanten Kosten für diese Core-Switches und ihren Betrieb.

Bei ScaleOut werden kleinere, Standard-basierte Switches mit einer speziellen Software geclustert. Das Konzept ist heute in RZs bei Speichersystemen und geclusterten Web-Servern bekannt und beliebt. Es gibt nun Hersteller, die diesen Ansatz bevorzugen. IDC sieht in ScaleOut einen wichtigen Weg für die Zukunft von Rechenzentren.

Das müssen wir uns natürlich genauer ansehen. Kern der Überlegungen ist neben der reinen Latenz auch die Skalierung von Rechenzentren.

1.1 Das Skalierungsproblem

Man weiß, dass ca. 1/3 der IT-Ausgaben eines Unternehmens in das RZ wandern. Bei diesem großen Anteil ist klar, dass Änderungen im RZ die Wettbewerbsfähigkeit und die IT-Gesamtkosten eines Unternehmens erheblich beeinflussen. Das hat heute, wo durch Virtualisierung und Cloud Computing die Grenzen zwischen Rechnern, Speichern und Netz deutlich verschoben werden, noch eine ganz andere Dimension angenommen als früher. Der Konzentrationstrend von Rechenleistung in Rechenzentren hat im Grunde genommen grade erst angefangen. In naher Zukunft werden wir noch wesentlich mehr Virtuelle Maschinen auf einem Core, mehr Cores in Prozessoren, mehr Prozessoren auf Blades und mehr Blades in einem Blade Center sehen.

Das ist die so genannte massive Skalierung von Rechenzentren. Wenn sie auf der Ebene der Server stattfindet, muss das Netz als Lebensader der Kommunikation zwischen diesen Prozessoren und den ebenfalls konzentrierten Speichersystemen mithalten können. Also haben wir ein massives Skalierungsproblem für das Netz.

Darüber hinaus wird das Design von High End Rechenzentren mit Themen wie zunehmender Komplexität, dem Bedarf nach größerer Workload Mobilität und natürlich der Anforderung nach reduziertem Energieverbrauch beeinflusst.

Wir haben schon häufiger bemerkt, dass in einem solchen RZ völlig neue Datenströme entstehen und Planungen aufgrund der Extrapolierung bisheriger Erfahrungswerte recht nutzlos sein können.

In der Vergangenheit haben Netzdesigner auf der Suche nach Zuverlässigkeit und Skalierbarkeit auf ein Design mit L3-Strukturierung und IP-Adressierung zurückgegriffen, um Netze zu strukturieren und skalierbar zu machen. Mit der Anforderung der Wandermöglichkeit für VMs oder anderen verteilten Anwendungen benötigen wir eine Skalierung ohne IP-Segmentierung. Daher wurden neue Verfahren gesucht, die eine Skalierung in reinen L2-Netzen ermöglichen.

Bevor wir aber darauf kommen, wollen wir noch den Blick auf etwas anderes lenken. In der Vergangenheit hat sich in Rechenzentren eine dreilagige Struktur etabliert.

Da gibt es Access-Switches, an die die Server und Speicher angeschlossen sind, Aggregations-Switches und schließlich Core-Switches bzw. Core-Router. Letztere vermitteln die Verkehrsflüsse zwischen den Aggregations-Switches und zu anderen angeschlossenen Netzen wie Intranets oder dem Internet.

Es hat sich eingebürgert, bei dieser Struktur auf der Access-Ebene Überbuchungen vorzunehmen und das ebenfalls, wenn auch in geringerem Maße, in den anderen Ebenen zu tun. Das kann die Latenz natürlich erheblich erhöhen und die Leistung senken, aber dazu später.

Zu dieser Struktur gehört eine balancierte Platzierung von L2-Forwarding (VLANs) und L3-Forwarding (IP-Router). Normalerweise läuft das L2-Forwarding auf den Access- und Aggregations-Switches und das L3-Forwarding auf den Core-Switches oder -Routern.

Verwendet man in einer solchen Architektur ein Element aus der Spanning Tree Familie zur Schleifenunterdrückung, so werden teuer bezahlte und eigentlich dringend benötigte Leitungen einfach abgeschaltet, siehe Abbildung 1.

Mit neuen Verfahren wie TRILL oder PLSB könnte man bei ansonsten gleicher Struktur wenigstens die blockierten Leitungen ebenfalls benutzen. An der Gesamtlatenz durch die vielen Stufen ändert das jedoch nichts.

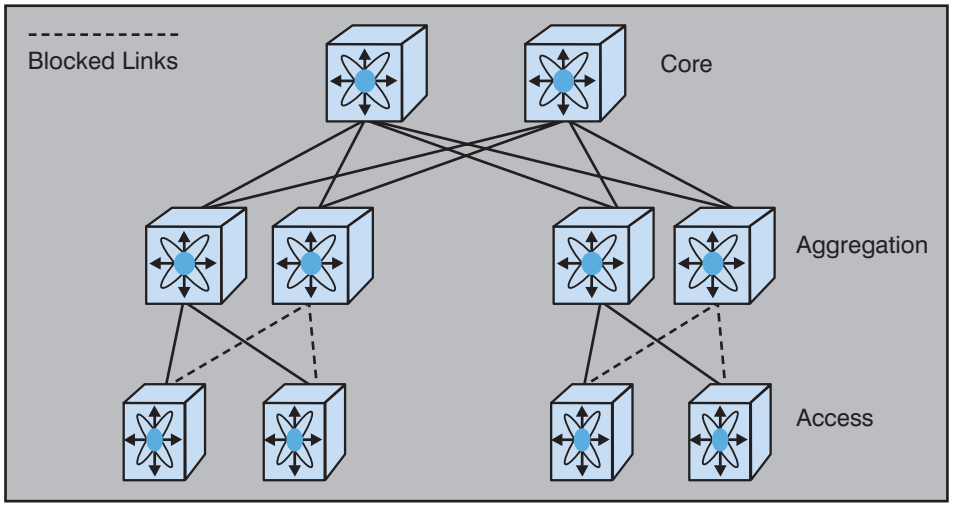


Abbildung 1: Traditionelle Struktur eines RZ-Netzes

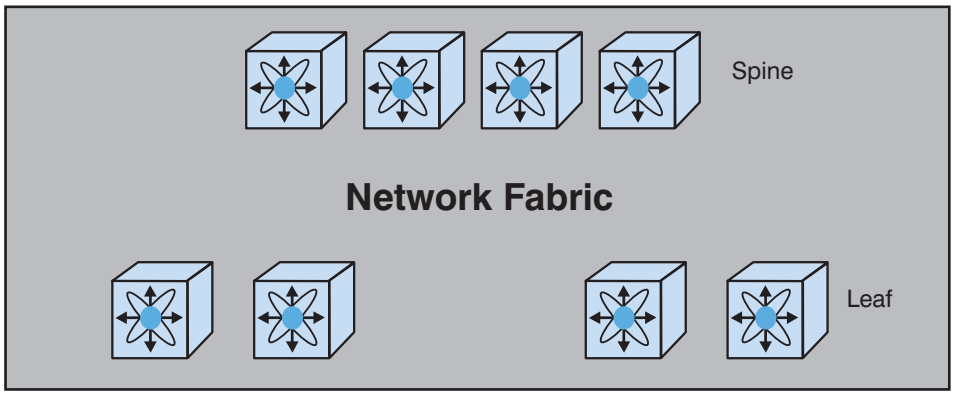


Abbildung 2: Fat Tree

2. Fat Trees und Clos-Netze

Wesentlich besser hinsichtlich der Latenz ist der so genannte Fat Tree. Hier gibt es zwei Arten von Switches: solche, die die Server und Speicher verbinden und solche, die diese im Rahmen einer blockierungsfreien Fabric mit geringer Latenz untereinander verbinden. Es hat sich mittlerweile herausgebildet, die äußeren Switches als „leaf“ und die Switches, die die Leafs miteinander verbinden, als „spine“ zu bezeichnen. Da in der Übersetzung die Kombination aus „Rückgrat“ und „Blättern“ keinen erhebenden Sinn macht, lassen wir es bei den englischen Bezeichnungen. (siehe Abbildung 2)

Mit dieser Struktur kann man skalierbare latenzarme Netze aufbauen und Verfahren wie TRILL und PLSB sind ideal zu ihrer Unterstützung.

Zu unserer Verwirrung gibt es auch andere Darstellungen, wie z.B. eine Art Rosette, bei der Kern-Switches in der Mitte stehen und Rand-Switches mit ihnen verbunden werden. Diese Rosette ist eine runde Darstellung eines so genannten Clos Netzes. Das Clos-Netz ist per Definitionem ein Mehrstufenmehrfachverbindungsnetzwerk mit bestimmten, mathematisch belegten Eigenschaften. Zu diesen gehört, dass ein Clos-Netz zu der Klasse von Mehrstufenmehrfachverbindungsnetzwerken gehört, welches mit der geringsten Anzahl von Stufen auskommt und mit geringem Aufwand blockierungsfrei gestaltet werden kann. Beides ist für geringe Latenz von entscheidender Bedeutung.

Faltet man das Clos Netz nun sozusagen mitten durch die Kern-Switches, entsteht nichts anderes als ein Fat Tree. Bis auf die Tatsache, dass man auf diesem Weg die wirkliche Optimalität dieser Konstruktion im Hinblick auf unsere Grundanforderungen nachweisen kann, spielen diese anderen Darstellungen keine wirkliche Rolle.

Man sieht allerdings auch hier sofort, dass schnell ein Problem mit der Skalierbarkeit entstehen kann, und zwar auf der „spine“-Ebene.

Wegen der Notwendigkeit von Redundanz sind zwei identische Switches das Minimum auf dieser Ebene. Jeder dieser Switches muss mindestens so viele Anschlüsse haben, wie es Leaf-Switches gibt. Jeder Leaf-Switch ist mit einem dieser Spine-Switches verbunden.

Wir haben aber schon bei der Besprechung der ASIC-Architekturen gesehen, dass die Steigerung von Anschlüssen an einem Switch durchaus an Grenzen stößt, wenn man die Latenz bei der Konstruktion ernsthaft einbezieht.

Außerdem ist es so, dass wir zwar mit dem Stand heute viele Server und Speicher mit 10 GbE anschließen, aber das ist ja längst nicht das Ende der Fahnenstange. Um Überbuchung dauerhaft zu vermeiden, müssen wir davon ausgehen, dass die Leitungen zwischen den Leaf- und den Spine-Switches eher in der Größenordnung multipler 100 G-Verbindungen liegen. Darüber hinaus wird sich natürlich die konstruktive Variante der Blade Center weiterentwickeln. Nach momentanem Stand wird ein in einem Blade Center befindlicher Konzentrationsswitch schon die Rolle eines Leaf-Switches annehmen, denn sonst hätten wir ja gegenüber der konventionellen Strukturierung hinsichtlich der Latenz wenig gewonnen.

Die aggregate Gesamtleistung eines Fat Trees lässt sich dadurch steigern, dass man zwischen Leaf-Switches und Spine

Zweitthema

VMware verspricht eine wolkige Zukunft - Informationen von der VMworld 2010

Fortsetzung von Seite 1

Dipl-Math. Cornelius Höchel-Winter ist Leiter des Testlabors der ComConsult Technologie Information GmbH. In dem Labor werden regelmäßig Messungen und Evaluierungstests neuester Hard- und Softwareprodukte durchgeführt und ausgewertet. Herr Höchel-Winter besitzt langjährige Erfahrung in der Konzeptionierung, im Aufbau und Betrieb von Windows- und Unixnetzen; so hat er als verantwortlicher Projektmanager die Rechenzentren und Netzwerke auf dem Gelände der EXPO2000 in Hannover aufgebaut und während der Weltausstellung betrieben.

Virtualisierung, die dritte

Paul Maritz, CEO von VMware, skizziert in seiner Keynote am zweiten Tag der VMworld drei Phasen bei der Entwicklung und dem Einsatz von Software zur Server- und RZ-Virtualisierung:

In Phase 1, deren Produkte ab 2000 entwickelt und vertrieben wurden, stand der Punkt Kosteneinsparung im Vordergrund. Es ging um Konsolidierung, also um die Reduzierung der vielen, nur wenig ausgelasteten, physischen Server, um die Performance der virtuellen Maschinen, kurz um die Effizienz der Server-Virtualisierung.

In Phase 2 geht es seit 2008 um die Steigerung der Produktivität im Rechenzentrum, um die Verbesserung der Servicequalität im virtualisierten Rechenzentrum, also um die Erhöhung der Verfügbarkeit, die Verbesserung der Stabilität und der Zuverlässigkeit von virtuellen Maschinen und physischen Hosts.

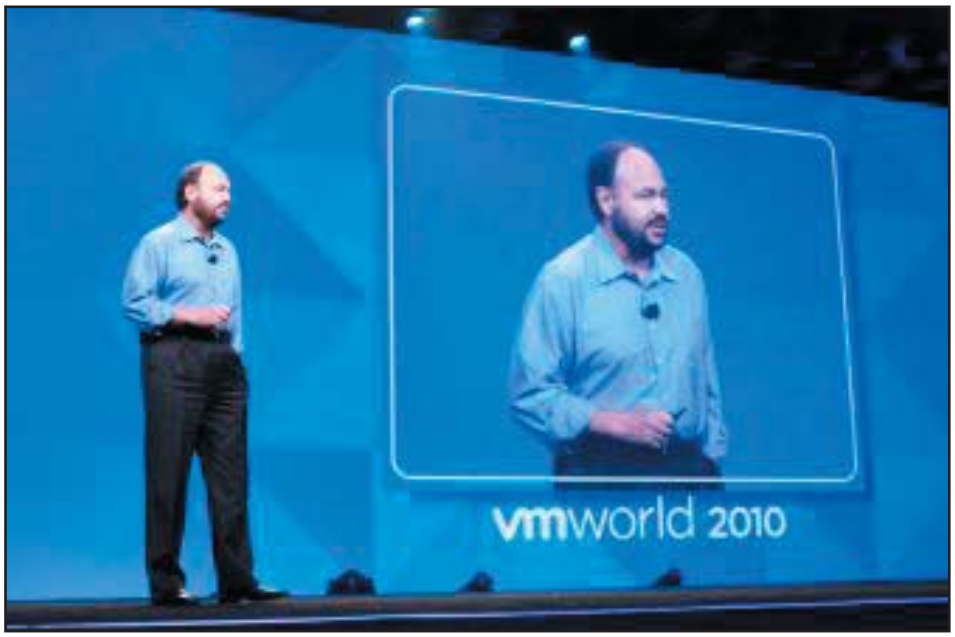


Abbildung 1: Paul Maritz auf der VMworld 2010 Quelle: VMware

Und jetzt läutet Maritz mit Phase 3 eine neue Ära ein, in der es nicht mehr „nur“ darum geht, Rechenzentrumsdienste kostengünstiger und mit hoher Qualität zu betreiben, sondern diese Dienste als *Geschäftsmodell* intern und gegebenenfalls auch extern anzubieten. Maritz nennt dies „IT as a Service“. Ziel dieses Modells ist es, Anforderungen an das Rechenzentrum möglichst zeitnah umzusetzen und gleichzeitig dafür zu sorgen, dass diese Dienste bewertet und abgerechnet werden können. Dabei bedeutet „möglichst zeitnah“ automatisiert, also ohne manuelle Zwischenschritte, ohne Zutun eines Administrators. (siehe Abbildung 2)

Die zugrundeliegende Architektur dieses Modells bezeichnet VMware als „Private Cloud“: Wie bereits jetzt schon in den aktuellen Produkten vSphere und vCenter Server werden die physisch vorhandenen Ressourcen des Rechenzentrums zu geeigneten Ressourcenpools zusammengefasst und dynamisch und automatisiert den virtuellen Maschinen zugewiesen, je nachdem, welcher Bedarf dort gerade angefordert wird und - und das ist neu - welches Service-Level vereinbart ist. Dabei sollen zukünftig nicht mehr nur CPU- und Memory-Ressourcen verwaltet und verteilt werden, sondern auch Storage- und Netzwerk-Ressourcen.

Und damit wird es spannend: Mit dem Zugriff auf diese weiteren RZ-Ressourcen verlässt VMware das angestammte Computing-Umfeld und strebt die Kontrolle über die gesamte RZ-Infrastruktur an!

Für Maritz sind daher die Kernaspekte einer privaten Cloud: Datacenter Automation, ein umfassendes Datacenter Management und ein integriertes Sicherheitsmodell. Wobei insbesondere die beiden ersten Punkte, Automation und Management, alle (!) Rechenzentrumsressourcen vom Server über Speicher bis hin zum Netzwerk umfassen sollen. Ein Schelm ist, wer Böses dabei denkt, wenn Maritz in diesem Zusammenhang dazu auffordert, nicht mehr von Hardware-Effizienz zu sprechen, sondern von operativen Gesamtkosten und Betriebseffizienz.

VMware verspricht eine wolkige Zukunft - Informationen von der VMworld 2010

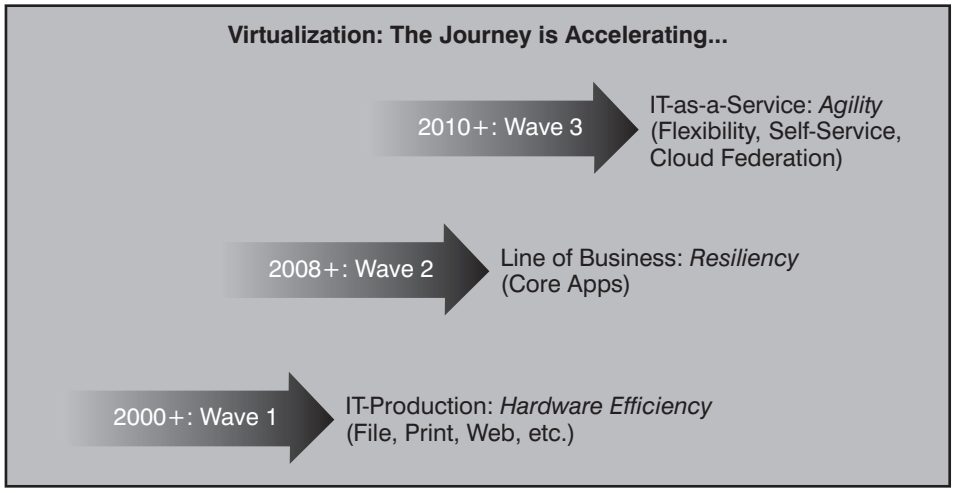


Abbildung 2: Die Entwicklung der Server-Virtualisierung Quelle: VMware

Mischlingswolken

Der nächste logische Schritt nach der Etablierung einer privaten Cloud ist natürlich die Integration gleichartiger Dienste und RZ-Ressourcen von externen Anbietern wie z.B. Service Providern, also die Integration einer so genannten „Public Cloud“ zu einem neuen Gesamtgebilde mit der Bezeichnung „Hybrid Cloud“. In einem solchen Szenario sollen einfach und schnell RZ-Ressourcen hoch- und runtergefahren, verteilt und wieder konsolidiert werden, je nach Auslastung können öffentliche Ressourcen dazugekauft und integriert werden und VMs aus dem eigenen Rechenzentrum nach draußen und auch wieder zurück verlagert werden können.

Die Voraussetzungen, die erfüllt werden müssen, um diese Vision am Markt zu etablieren, sind offensichtlich:

- Erstens müssen die Verfahren einfach und bedienbar funktionieren. Das heißt, die grundlegenden Architekturelemente müssen auf beiden Seiten zumindest so ähnlich sein, dass man benötigte Anforderungen, die sich beispielsweise aus der Anwendung ergeben, abbilden kann. Dies gilt insbesondere für Management und Administration.

- Zweitens müssen diese Verfahren sicher sein. Damit ist gemeint, dass in der externen Cloud ähnliche Sicherheitsanforderungen realisiert werden können wie sie im internen Rechenzentrum im Gebrauch sind. Und außerdem müssen diese Anforderungen beispielsweise in Form von Richtlinien transportiert und von beiden Seiten, intern wie extern, möglichst automatisiert umgesetzt werden können.

Es wird also beispielsweise ein Beschreibungsformat benötigt, das Infrastruktur- und Sicherheitsrichtlinien in ein produktübergreifendes Format bringt, so wie es mit OVF ja bereits ein allgemein anerkanntes Format zur Beschreibung von virtuellen Maschinen selbst gibt, und man braucht Managementtools, die diese Richtlinien umsetzen und auch kontrollieren können. Wenn so etwas tatsächlich Providerübergreifend funktionieren soll, dann jedoch vermutlich nur dann, wenn die entsprechenden Grundstrukturen bei den verschiedenen Anbietern einander ähnlich sind – mit sehr proprietären Cloud-Lösungen wird das nicht gehen. Maritz zufolge arbeitet VMware bei diesem Thema bereits mit den beiden Cloud-Anbietern Google und Salesforce zusammen.

In dieser von ihm so genannten „New Infrastructure“ sieht Maritz einen ersten großen Schwerpunkt für zukünftige Entwicklungen, die passenden neuen Produkte, die während der VMworld angekündigt wurden, werden weiter unten in diesem Artikel vorgestellt.

Die Virtualisierung des Netzwerks

Ein Vortrag von Howie Xu, R&D Director bei VMware, gab am Montag der Veranstaltung tiefere Einblicke in VMwares Vision zum Netzwerk der Zukunft. Schlagwort ist hier die „Virtualisierung des Netzwerks“. Natürlich nicht die Virtualisierung des physischen Netzes, aber die Virtualisierung aller Netzwerkdienste von Layer 2 bis Layer 7.

Gerade die vielen verschiedenen Netzwerkdienste von Layer 2 bis Layer 7, die auch noch auf viele verschiedene Geräte verteilt sind und unterschiedlich verwaltet werden, werden als großes Hemmnis auf dem Weg in die Cloud bezeichnet. Netzwerkdienste müssten stattdessen schnell (= automatisiert), transparent und abrechnungsfähig zur Verfügung gestellt werden können.

VMware sieht die Lösung dieser Probleme in zusätzlichen Abstrahierungsschichten ähnlich wie bei der Server-Virtualisierung.

Der erste Schritt oder die erste Schicht ist ein standardisiertes Netzwerkmanagement, das Richtlinien-basierend alle Netzwerkkomponenten, und zwar sowohl die virtuellen als auch die physischen Kom-

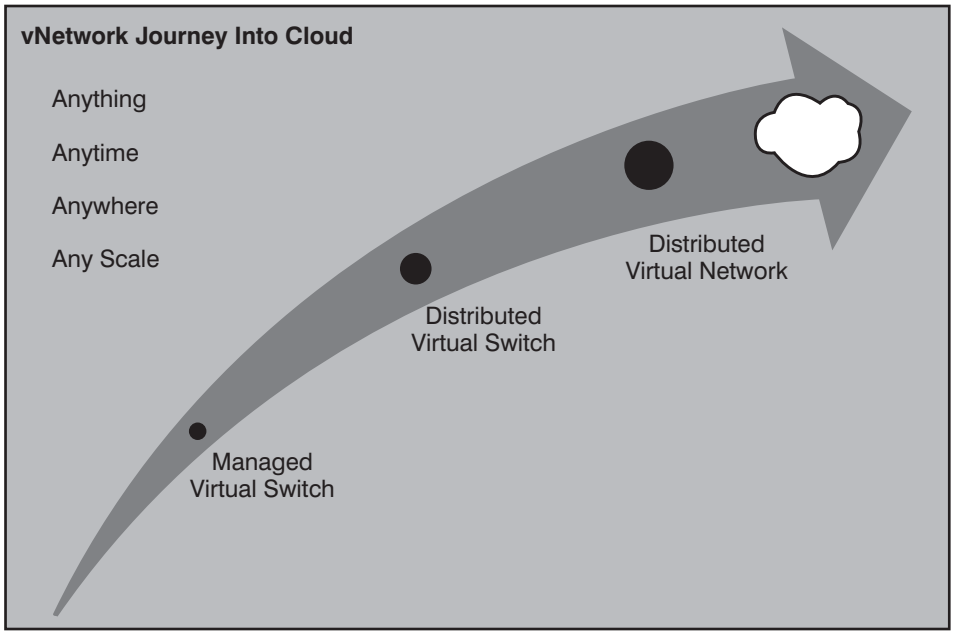


Abbildung 3: Die Entwicklung des virtuellen Switches Quelle: VMware