



Das Netzwerkbackbone richtig planen

Es existieren zwei grundsätzliche Ansätze, einen Backbone zu strukturieren, Distributed Backbone und Collapsed Backbone. Bei einem Distributed Backbone werden die einzelnen Segmente des Netzwerkes über Kopplungselementen (Switches oder Router) mit einem zentrales Segment verbunden. Der Ansatz eines Collapsed Backbone beruht auf einer Sternstruktur, bei der alle Teilsegmente über eine oder mehrere Hierarchiestufen in einem zentralen Punkt zusammenlaufen. Der Vorteil des Distributed Backbone liegt im geringeren Verkabelungsaufwand im eigentlichen Backbonebereich und der Redundanz bei Einsatz entsprechender Technologien wie z.B. FDDI. Fällt ein Kopplungselement aus, so ist davon i.d.R. nur das entsprechende lokale Segment betroffen. Als nachteilig erweist sich jedoch, daß die Kapazität des Backbones durch die Bandbreite der verwendeten Topologie begrenzt wird und strukturelle Änderungen wie. z.B. die Migration auf andere Technologien nur unter hohem Aufwand zu realisieren sind. In der Vergangenheit war die klassische 80/20 Regel, die besagt, daß sich 80% des Datenaufkommens auf das lokale Segment beschränkt und nur 20% des Verkehrs segmentübergreifend stattfindet, noch gültig. In einem solchen Szenario mag ein Distributed Backbone ausreichend sein, der Trend zu zentralen Ressourcen wie Notes Servern, Intranets, Workflowsysteme etc. wird aber die Verkehrsprofile in Richtung segmentübergreifenden Verkehrs verschieben. Durch die mangelnde Skalierbarkeit eines Distributed Backbones wird dann jedoch ein anderer Ansatz notwendig.

Bei einem Collapsed Backbone dagegen schrumpft das Backbone letztendlich auf die Backplane des zentralen Switches oder Routers zusammen. Dadurch werden die Restriktionen der Netzwerktopologien aufgehoben, Kapazitäten im Multigigabitbereich sind dann bei Geräten der neueren Generation eine Selbstverständlichkeit. Die Vorteile liegen darin, daß neuere Technologien leichter integriert werden können, um die Netzkapazitäten sinnvoll zu skalieren. Die zentralen Server werden hier in einer Serverfarm angeordnet, die am zentralen Switch angeschlossen ist. Als zusätzlicher Vorteil vereinfacht die zentrale Platzierung die Administration der Server, darüber hinaus können teure Einrichtungen wie klimatisierte und feuergeschützte Serverräume etc. ökonomischer genutzt werden. Auch wenn die zentrale Struktur einen erhöhten Verkabelungsaufwand nach sich zieht und mit der zentralen Komponente prinzipiell ein Single Point of Failure geschaffen wird, so ist ein Collapsed Backbone der flexiblere Ansatz, der die Anpassung an veränderte Anforderungen doch deutlich erleichtert. Durch ein redundantes Design läßt sich zudem auch das Risiko eines Ausfalls der zentralen Komponente entschärfen.

Grundsätzliche Aspekte

Klassische Hubsysteme dienen als einfache Verteiler und Signalverstärker und haben keinerlei Filter - oder Lasttrennungsfunktionen. Alle an einem Hub angeschlossenen Einheiten teilen sich die Bandbreite des Mediums. Neue Hubs sollten daher i.d.R. heute nur noch in kleineren Netzen oder überschaubaren Segmenten größerer Netze eingesetzt werden. Möchte man nun sein Netz segmentieren, wird man Switches einsetzen. Switches ermöglichen eine Lasttrennung auf Layer 2 des OSI Modell, der MAC (Media Access Control) Ebene des jeweiligen Protokolls. Der Switch lernt, welche Netzwerkadressen sich hinter welchem Port befinden und leitet die Datenpakete zielgerichtet weiter. Dadurch werden zeitgleich mehrere parallele Verbindungen ermöglicht.

Bei Ethernet bzw. Fast Ethernet befindet sich hinter jedem Switchport eine eigene Collision Domain, da der Switch im Gegensatz zu einem Hub Kollisionssignale auf den jeweiligen Port lokalisiert. Mechanismen der Ebene 3, wie z.B. MAC - basierende Broadcasts werden von Layer 2 Switches jedoch nicht gefiltert. Das bedeutet, daß sich Broadcastdomains bei Layer 2 basierenden Switches über mehrere Collision Domains erstrecken können. Hier sollte bedacht werden, daß diese Datenpakete nicht nur über die Kollisionen das Netzwerk belasten, sondern auch jedes Paket an den Netzwerkkarten im entsprechenden Segment einen Interrupt initiiert. Dadurch wird deutlich, daß ab einer gewissen Größe des Netzes auch eine Layer 3 Intelligenz

nötig ist, um den Netzwerkverkehr effektiv zu kanalisieren. Die maximalen sinnvollen Größen für eine solche Broadcastdomain liegen je nach verwendeten Protokollen und individuellen Gegebenheiten bei ca. 200 bis 400 Knoten.

In der Vergangenheit wurden daher zur logischen Segmentierung auf OSI Layer 3 ausschließlich Router eingesetzt, weil Layer 2 Switches keine IP - Subnetze abbilden können. Der Nachteil eines solchen Konzeptes mit einem klassischen Backbonerouter liegt neben der i.d.R. geringen Portdichte darin, daß ein logisches Subnetz auf ein physikalisch zusammenhängendes Netz beschränkt bleibt, das heißt auf einen Gebäude - oder Verteilerstandort.

Faßt man nun Endgeräte und Server netzwerkübergreifend auf der Basis verschiedener Kriterien zu Virtuellen LANs zusammen, so ist man wesentlich unabhängiger von der physikalischen Struktur des Netzwerks und kann sich mehr an logischen und organisatorischen Erfordernissen orientieren.

Ein solches VLAN kann als eigenes Subnetz eine eigene Broadcast Domain darstellen, wodurch der Vorteil der Lasttrennung erhalten bleibt.

Daher geht der derzeitige Trend bei Switches klar in Richtung von Systemen, die die Geschwindigkeit von Layer 2 Switching mit Layer 3 Funktionalität verbinden. Moderne Switches wie der Corebuilder 3500 von 3COM unterstützen Layer -3 Intelligenz bei höherer Portdichte als herkömmliche Router mit " Wire Speed", weil Ihre Funktionen nicht ausschließlich auf reiner Software, sondern auf ASIC - Technologie beruhen und die größere Hardwarenähe erhebliche Geschwindigkeitsvorteile bringt.

Im eigentlichen Campus Bereich werden Router weiterhin eine wichtige Rolle beibehalten, da zentralisierte Netzkonzepte ab einer gewissen Größe weder praktikabel noch sinnvoll sind, und zudem über Routingprotokolle durch Vermaschung sichere und redundante Strukturen geschaffen werden können.

Quantifizierung des Bandbreitenbedarfs:

Die zentrale Struktur eines Collapsed Backbone bedingt, daß die zentrale Einheit den gesamten Datenverkehr der Clients mit den zentralen Ressourcen bewältigen muss. Auch wenn sich die folgende Modellrechnung aufgrund der stochastischen Lastverteilung im LAN sicherlich nicht hundertprozentig in die Realität übertragen läßt, so gibt sie doch Anhaltspunkte für die Abschätzung der benötigten Bandbreite.

Ethernet überträgt 10MBit/s bzw. 100MBit/s bei Fast Ethernet und sollte dauerhaft nicht über ca. 30% ausgelastet sein. Wenn man für temporäre Lastspitzen ein Reserve von 50% einplant, ergibt sich daraus eine durchschnittliche Übertragungsleistung ca. 200 Kbyte/s bzw 2 Mbyte/s. Token Ring und FDDI können durchaus zu 80 bis 90% ausgelastet werden.

Wenn man nun den Übertragungsbedarf einzelner Klassen von Anwendungen eines Unternehmens mit einem Punktesystem klassifiziert, das den prozentualen Anteil pro User der entsprechenden Klasse an der errechneten Bandbreite abbildet (z.B. CAD - Stationen mit 30 Punkten, Office Anwendungen mit 15) erhält man einen Rechenbasis, um die erforderliche Anzahl von Segmenten zu ermitteln. Daraus leitet sich dann die nötige Gesamtkapazität des zentralen Netzknotens ab. Die Datenbasis dafür kann sinnvollerweise durch den Einsatz eines Protokollanalytators ermittelt werden, wobei gleichzeitig dann noch eine Kommunikationsmatrix (wer spricht mit wem) erstellt werden kann. Sicherlich muß bei einer solchen Analyse nicht immer das komplette Netzwerk durchgescannt werden, die ermittelten typischen Werte für spezifische Anwenderklassen können natürlich auch hochgerechnet werden.

Die Links zu den Servern selbst sollten über ein vielfaches der Bandbreite der Segmente verfügen, um hier nicht einen Flaschenhals zu schaffen.

Technologieüberblick:

Welche Technologien stehen für den Einsatz im Backbone zur Verfügung, und was sollte im Design berücksichtigt werden ?

FDDI:

Klassische Technologie für ein Distributed Backbone war in der Vergangenheit aufgrund seiner Ringstruktur und der Ausfallsicherheit FDDI. In der Dual Attached Variante bietet FDDI Sicherheit gegenüber Ausfällen im Ring, zentrale Komponenten können über Dual Homing gegen Ausfall von Konzentratoren geschützt werden.

FDDI war die erste standardisierte 100MBit Variante, und hat daher auch aufgrund der großen überbrückbaren Entfernungen eine relativ große Verbreitung gefunden. Da FDDI jedoch am Ende des Produktlebenszyklus angelangt ist, sollten neue Strukturen nur noch in begründeten Ausnahmefällen auf FDDI basieren.

Zusätzliche Nachteile von FDDI ergeben sich aus der Tatsache, daß eine klassische Ringstruktur oftmals nur sehr schwer in eine Sternstruktur als Basis neuer Technologien überführt werden kann. FDDI ist darüber hinaus i.d.R. als shared Medium installiert, was die Gesamtleistung des Rings auf lediglich 100MBit reduziert. FDDI Switching Lösungen, insbesondere mit hohen Portdichten, kosten ein Vielfaches von vergleichbaren Fast Ethernet Geräten. Des Weiteren werden bei FDDI die einzelnen Datenbits in umgekehrter Reihenfolge wie bei Ethernet gesetzt, was z.B. zur Folge hat, das in einem Ethernet/FDDI Switch alle 1500 Bytes eines FTP Paketes entsprechend modifiziert werden müssen, was sich natürlich in den Latenzzeiten niederschlägt.

Fast Ethernet

Fast Ethernet hat sich mittlerweile als preisgünstige, stabile Standardtechnologie etabliert. Da die Paketformate und Protokollmechanismen identisch zum 10MBit Ethernet sind, sind hier die Folgekosten für Einrichtung und Konfiguration von Switches entsprechend geringer, die Latenzzeiten sind ebenfalls deutlich besser als beim Switching auf andere Protokolle. Durch die hohen gefertigten Stückzahlen sind sowohl 10/100 als auch 100/100 Switches sehr preisgünstig geworden. Werden Server oder Endgeräte direkt an einen geschwichten Port angeschlossen, so kann der kollisionsfreie Full Duplex Modus genutzt werden, sofern die beteiligten Komponenten dies unterstützen. 100/100 Switches der neuesten Generation wie z.B. der Superstack II Switch 3900 von 3COM haben zusätzlich neben 24 bzw. 36 geschwichten 10/100 Ports eine Gigabit Ethernet Port und eine Option auf zwei weitere. Auch bei 10/100 Workgroupswitches sollte der Anwender auf Erweiterbarkeit für höhere Backbonekapazitäten achten, wie es z.B. bei den Superstack II Switches und 1100 von 3COM gegeben ist

Gigabit Ethernet:

Der Gigabit Ethernet Standard steht kurz vor der Verabschiedung, viele führende Hersteller wie z.B. 3COM haben bereits Produkte für Gigabit Ethernet verfügbar. Die Notwendigkeit der Geschwindigkeit von 1000 MBit/s ist die logische Konsequenz aus geschwichten Fast Ethernet Segmenten, die im Backbone eine entsprechende große Kapazität benötigen.

Aufgrund der beibehaltenen Paketformate gelten hier dieselben Aussagen wie bei Fast Ethernet bezüglich Latenzzeiten und Folgekosten. Die breite Herstellerunterstützung mit der klaren Absicht, Gigabit Ethernet auf breiter Front zu etablieren, wird zu sinkenden Preisen in diesem Bereich führen.

In den Diskussionen um Gigabit Ethernet wird die Tatsache, daß zur Erreichung der 100m Übertragungstrecke mit Cat. 5 Kabel der Kollisionsmechanismus manipuliert wird, was den realen Durchsatz senkt, gegen Gigabit Ethernet verwendet. Im Backbone spielt dieser Veränderung jedoch keine Rolle, da dort Glasfaser eingesetzt wird und auf diesem Medium kollisionsfreier Full Duplex Betrieb möglich ist und somit dieser Mechanismus nicht notwendig wird. Gigabit Ethernet wird im Backbonebereich als Link zwischen Switches und Routern kurzfristig hohe Bedeutung erlangen. Beispielhaft sei hier der Superstack II Switch 9300 von 3COM mit 12 geschwichten Gigabit Ethernet Ports genannt.

Im Bereich der Endgeräte und Server stellen Betriebssystem - und Treiberarchitekturen sowie die PC Architektur z.Z. noch den Engpaß dar. Bei Betatests wurden mit Gigabit Ethernet Karten unter NT Durchsätze von ca. 250 MBit erzielt, bei Novell Netware wurden sogar unter Idealbedingungen knappe 400 MBit erreicht. Zukünftige Entwicklungen in der PC Architektur wie Pentium II Motherboards mit 100MHz internen Takt, neue Speicherarchitekturen und natürlich immer schnellere CPUs und SCSI Varianten etc. lassen jedoch auch den Einsatz von Gigabit Ethernet kurzfristig im Serverbereich, langfristig auch im Bereich der Endgeräte sinnvoll erscheinen.

ATM

ATM wurde von vielen Herstellern lange Zeit als ideale Topologie für den Backbone propagiert. ATM verwendet im Gegensatz zu den LAN - Technologien Zellen fester Größe. Dadurch können ATM - Zellen hardwarenah und damit sehr schnell geschaltet werden. Klassische shared - Media LAN - Technologien sind "verbindungslose" Protokolle, ein Ethernet Karte z.B. sendet ein Ethernet Paket auf das Medium, alle Stationen im Segment " hören mit ", der Empfänger identifiziert das Paket anhand der Zieladresse und verwertet es entsprechend. ATM hingegen ist verbindungsorientiert, d.h. es basiert ausschließlich auf Switching, wobei zwischen den Kommunikationspartnern eine direkte logische Verbindung geschaltet wird.

ATM verfügt über direkt im Protokoll implementierte Mechanismen zur Sicherstellung des Quality of Service (QOS), wodurch verschiedenen Diensten wie Video- und Sprachübertragung gemäß ihrer typischen Charakteristika sowohl garantierte Bandbreiten als auch garantierte Verzögerungszeiten gewährleistet werden können. Diese Vorteile sind in der Praxis selbst in einem reinen ATM Netz aber meistens nicht nutzbar, da weder die gängigen Applikationen noch die meist verbreiteten Netzwerkbetriebsysteme stand heute in der Lage sind, den QOS auf ATM Ebene auszuhandeln oder andere ATM - spezifischen Features zu nutzen. Setzt man man eine LAN Technologie bei den Endgeräten und ATM im Backbone ein, so müssen natürlich Funktionen implementiert sein, die die Mechanismen der LANs auf ATM Abbilden, so z.B. die Lan Emulation. Daraus folgt natürlich, daß die in einem solchen Falle die ATM immanenten QOS Mechanismen erst recht nicht direkt genutzt werden können. Vorteilhaft hingegen ist die Skalierbarkeit von ATM. 155 MBit wie auch 622 MBit sind standardisiert, 2,4 GBit/s sind in Vorbereitung. Unter ATM kann Bandbreite durch Aggregation mehrerer paralleler Verbindungen schrittweise erhöht werden, wobei die logische Verbindung nach Ausfall einer physikalischen Verbindung bestehen bleibt. Vermaschte Strukturen können unter ATM ebenfalls zur Absicherung gegen Ausfälle eingerichtet werden.

Überlegungen zum Design und zu Switching Architekturen

Switches arbeiten nach zwei möglichen Switchingverfahren, Store and Forward oder Cut - Through. Beim Cut-Through Switching wird nur die Zieladresse des Datenpaketes ausgewertet und das Paket dann sofort ohne Zwischenspeicherung an den Zielport weitergeleitet. Der Vorteil liegt in geringen Latenzzeiten, der Nachteil liegt in der fehlenden Möglichkeit des Ausfilterns defekter Pakete.

Cut-Through Switching ist nur zwischen gleichen Netzwerktopologien möglich, also Ethernet / Ethernet oder Token Ring / Token Ring. Sobald zwischen zwei Topologien geschaltet wird, z.B. Ethernet / Fast Ethernet oder Token Ring / FDDI, muß das Datenpaket im Store -and Forward Verfahren komplett zwischengespeichert werden. Dieses Verfahren ermöglicht Filterfunktionen, zieht aber bedeutend höhere Latenzzeiten nach sich.

Daraus kann schon einer der wichtigsten Grundsätze im Netzwerkdesign abgeleitet werden: Die Regel, möglichst wenige Switches oder Router in einem Datenweg zu haben. Drei Store and Forward Devices in einen kritischen Datenpfad sollten nicht überschritten werden, wobei zwei sicherlich besser sind. Viele Protokolle wie z.B. IPX verlangen für gesendete Pakete eine Quittungspaket, das dann den Rückweg über alle Devices mit den entsprechenden Verzögerungen nach sich zieht. Zu hohe Latenzen führen nicht nur zu hohen Antwortzeiten, sondern können auch zu Sessionverlusten durch Timeouts führen. Sinnvollerweise plazierte man daher z.B. abteilungsbezogene Server in der Netzwerkhierarchie möglichst nahe an den

entsprechenden Clients, anwendungsorientierte zentrale Server hingegen am zentralen Switch. Bei nicht allzu großen Netzen ist auch denkbar, alle Server und alle Clients direkt an einer zentralen Einheit mit hoher Portdichte anzuschließen. Durch den Verzicht auf Etagenverteilung verläßt man zwar die Norm zur strukturierten Verkabelung und hat einen größeren Verkabelungsaufwand, andererseits ist nur eine zentrale Komponente zu verwalten und ein solches System kann oft leichter skaliert werden als ein hierarchisch strukturiertes Netz.

Verkehrsbeziehungen beachten

Insbesondere bei Erweiterungen vorhandener Switches mit segmentierten Backplanes gibt es Einschränkungen bezüglich der Kommunikation zwischen Ports, die über verschiedene Module verschiedenen Backplanesegmenten zugeordnet sind. Hier können sich oft deutliche Engpässe ergeben, manche Module können nur über eine externe Verbindung miteinander kommunizieren oder verfügen über eine hohe interne Switchingkapazität, setzen aber nur mit z.B. 100 MBit auf der internen Backplane auf. In einem solchen Fall ist eine sorgfältige Gruppierung nach Analyse der Kommunikationsmatrix unerlässlich.

Bandbreite ist nicht alles

Die verfügbare Bandbreite ist zwar sicherlich nicht das einzige Kriterium für die Leistungsfähigkeit eines Netzwerks, ist aber umgekehrt einer der limitierenden Faktoren.

LAN Verkehr läuft unregelmäßig mit deutlichen Lastspitzen ab. Im Grunde äußert sich das Bandbreitenproblem in LANs in mangelnder Verfügbarkeit bzw. nicht vertretbaren Antwortzeiten kritischer Applikationen. Durch den allgemeinen Einsatz von Workgroupswitchen wird dieses Problem nur in den Backbone verlagert. Selbst bei großzügig geplanten Bandbreitenreserven kann in einer Spitzenlastsituation der Zugriff auf bestimmte Ressourcen nicht oder nicht ausreichend möglich sein. Abhilfe ist hier durch Layer 3 Switches wie den Corebuilder 3500 von 3COM mit Traffic Priorisierung nach 802.1p möglich. Dadurch kann z.B. IP - Verkehr gegenüber IPX priorisiert werden, oder aber auch FTP -Traffic von Adresse A nach B gegenüber Telnet von A nach B. In Verbindung mit einer gut geplanten Lastverteilung hat der Nutzer nun ein Werkzeug an der Hand, mit dem er die Verfügbarkeit kritischer Anwendungen im Netz deutlich verbessern kann.

Schlußbemerkung:

Kaum ein Systemverantwortlicher hat die Chance, von Null beginnend eine vollkommen neue Netzstruktur schaffen zu können, bei einem Redesign im Backbone müssen oft gewachsene Strukturen berücksichtigt werden. Selbst bei Bezug eines neuen Gebäudes läßt man zwar sein altes Netz zurück, nimmt aber seine Applikationen mit Ihren spezifischen Anforderungen mit. Daher sollte sich ein Backbonedesign einerseits historisch gewachsene Strukturen ausreichend berücksichtigen, sich aber andererseits nicht ausschließlich an der aktuellen Situation orientieren. Ein Netzwerk solle auch mit möglichst geringem Aufwand nicht nur veränderten Bandbreiten, sondern auch einer veränderten Kommunikationsstruktur angepaßt werden können.

Ein Hersteller, der von Netzwerkkarte bis zum Enterprise Switch wie z.B. einem Corebuilder 9000 alle gängigen Topologien wie Ethernet, Fast Ethernet, FDDI, ATM und Gigabit Ethernet aus einer Hand liefert und integriert, gewährleistet die Flexibilität der Plattformen, die getätigte Investitionen absichert.

Sucht sich der Anwender zudem einen Netzwerkintegrator als Partner, der durch seine Spezialisierung zukünftige Entwicklungen am Markt frühzeitig erkennt und bewertet, so kann im engen Dialog die individuell beste Lösung im Spannungsfeld zwischen wirtschaftlichen und technischen Anforderungen entwickelt werden.

[Oliver Wichmann](#)

Der Autor ist Produktmanager bei der Bell Computer - Netzwerke GmbH in Bonn. Sie können ihn bei Fragen unter der 0228-42104-20 erreichen.