

NGA-Forum

AG Interoperabilität

BSA-Konzept Kabelnetze

Grundsatzdokument
Technische und operationelle Aspekte
eines Ebene 2-Zugangsprodukts
in Kabelnetzen

V 1.0
29.11.2012

Vorwort

Die Dokumente zu Kabelnetzen sind im Zusammenhang mit der Leistungsbeschreibung eines Ebene 2-Zugangsprodukts zu sehen. Dort liegt der Fokus auf L2-BSA mit FTTx-Zugangsnetzen, während hier L2-BSA unter den spezifischen Randbedingungen für Kabelnetze betrachtet wird.

Die Dokumente umfassen zwei Bereiche. Das vorliegende Kabel-„Grundsatzdokument“ stellt die grundsätzlichen Besonderheiten bei der Datenübertragung in Kabelnetzen dar und fasst die wesentlichen Anforderungen zusammen. Die Standards für Kabelnetze (DOCSIS, BSOD) lassen eine Reihe von unterschiedlichen Lösungen für L2-BSA-Implementierungen zu. Diese werden in einer Übersicht dargestellt, weiterhin wird die Auswahl der Varianten zur weiteren Spezifikation anhand konkreter Bewertungskriterien begründet.

Den zweiten Teil bildet die L2-BSA Schnittstellenspezifikation für Kabelnetze. Sie ist an die allgemeine L2 BSA-Spezifikation angelehnt und berücksichtigt die Leistungspotenziale der im Kabel-„Grundsatzdokument“ ausgewählten Realisierungsvarianten. Auch ist die Spezifikation herstellerneutral und erlaubt bei Kooperationsvereinbarungen die Festlegung der Leistungsparameter ohne weitere Anpassung der Schnittstellen.

Teilnehmerliste

Lars Bräunig (Vodafone)

Thomas Diehl (Alcatel-Lucent)

Carsten Engelke (ANGA)

Nikolaus Gieschen (Deutsche Telekom)

Markus Hendrich (QSC)

Walter Erich Kailbach (Alcatel-Lucent) *)

Florian Kriegler (Vodafone)

Heiko Liebscher (wilhelm.tel)

Georg Merdian (Kabel Deutschland)

Stefan Mohr (QSC)

Andre Mueller (BNetzA)

Malini Nanda (IEN)

Matthias Noss (Versatel)

Ole Pauschert (Telefónica Germany)

Uwe Pietschmann (NetCologne)

Michael Rüsel (NetCologne)

Horst Schmitz (NetCologne)

René Schulze (Kabel Deutschland)

Ulrich Stöttelder (Telefónica Germany)

Volker Sypli (BNetzA)

Marc-Torsten Waldenmeier (Telekom Deutschland)

*) Leiter Themengruppe, Koordinator AG Interoperabilität

Änderungsregister

Ausgabe	Datum	Änderung	Seite/ Kapitel/ Abschnitt
V 1.0	29.11.2012	Version 1.0	Gesamtes Do- kument

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3	
Teilnehmerliste	4	
Änderungsregister	5	
Inhaltsverzeichnis	7	
Abbildungsverzeichnis	10	
Tabellenverzeichnis	11	
1	Allgemeines	13
2	Besonderheiten bei der Datenübertragung in Kabelnetzen	14
2.1	Kabelnetzarten.....	14
2.1.1	Koaxial-Breitbandkabel (COAX).....	14
2.1.2	Hybrid-Fiber-Coax-Architektur (HFC).....	15
2.2	Datenübertragung in Kabelnetzen mittels DOCSIS.....	16
2.3	Layer 2 Services	17
3	Anforderungen an ein L2-BSA-Produkt für Kabelnetze	18
3.1	Realisierung Triple Play	19
3.1.1	Voice-Dienste	19
3.1.2	Internet	19
3.1.3	Video on Demand	20
3.1.4	Multicast	20
3.1.5	Alternative Lösungen zur Realisierung von Triple Play Angeboten für Dienste-anbieter	20
4	Technik.....	22
4.1	Die grundlegende Funktionsweise von BSOD	22
4.2	Anbindung unterschiedlicher ISPs an das Kabelnetz.....	23
4.3	Unterschiedliche Realisierungsmöglichkeiten für L2VPN - Entscheidungspfad	23

4.4	Point-to-Point und Multipoint Forwarding	24
4.4.1	Point-to-Point Forwarding	24
4.4.2	Multipoint Forwarding	25
4.5	802.1q Encapsulation	26
4.6	Ethernet over MPLS Encapsulation	26
4.7	Realisierung von Sprachdiensten	27
4.7.1	Skalierbarkeit von Sprachdiensten.....	28
4.7.2	Authentifizierung von CMTS-Ressourcennutzung mittels PacketCable.....	29
4.7.3	Modellrechnungen für Sprachdienste	29
5	Bewertungskriterien der Lösungsmöglichkeiten	32
5.1	Technische Kriterien	32
5.2	Organisatorische Kriterien.....	33
5.3	Wirtschaftliche Kriterien	33
5.4	Funktionelle Kriterien.....	34
6	Fazit und Empfehlungen	35
6.1	Vorauswahl	35
6.2	Bewertung der relevanten Lösungen.....	38
6.3	Empfehlungen	40
6.3.1	Relevanz der vier L2-BSA-Varianten	40
6.3.2	Standards	40
	Referenzen	42
	Verzeichnis der Abkürzungen und Kurzschreibweisen.....	43
7	Anhang	46
7.1	Modellrechnungen zu Voice-Services.....	46
7.2	Kommentare zur Bewertung der relevanten Lösungen	47
7.2.1	P2P/802.1q.....	48
7.2.1.1	Technische Kriterien	48
7.2.1.2	Organisatorische Kriterien	49
7.2.1.3	Wirtschaftliche Kriterien	49
7.2.1.4	Funktionelle Kriterien	50
7.2.2	P2P/MPLS.....	51

7.2.2.1	Technische Kriterien	51
7.2.2.2	Organisatorische Kriterien	52
7.2.2.3	Wirtschaftliche Kriterien	53
7.2.2.4	Funktionelle Kriterien	54
7.2.3	P2MP/802.1q.....	55
7.2.3.1	Technische Kriterien	55
7.2.3.2	Organisatorische Kriterien	56
7.2.3.3	Wirtschaftliche Kriterien	56
7.2.3.4	Funktionelle Kriterien	57
7.2.4	P2MP/MPLS	58
7.2.4.1	Technische Kriterien	58
7.2.4.2	Organisatorische Kriterien	59
7.2.4.3	Wirtschaftliche Kriterien	60
7.2.4.4	Funktionelle Kriterien	60
7.3	Kommentare zur Relevanz der vier L2-BSA-Varianten	62
7.3.1	Zeitnahe Realisierung	62
7.3.2	Mittelfristige Realisierung.....	62

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: COAX-Architektur.....	15
Abbildung 2: HFC-Architektur	15
Abbildung 3: Frequenzspektrum TV-Kabel	16
Abbildung 4: Schematischer Aufbau von L2VPN mit BSOD in der Zielarchitektur.....	22
Abbildung 5: Unterschiedliche Realisierungsmöglichkeiten für L2VPN mit BSOD.....	24

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht Modellrechnung 1.....	30
Tabelle 2:	Übersicht Modellrechnung 2.....	31
Tabelle 3:	Bewertungstabelle der vier vorausgewählten Lösungen.....	38
Tabelle 4:	Relevanz der vier L2-BSA-Varianten: Randbedingungen.....	40
Tabelle 5:	Detailltabelle Modellrechnung 1	46
Tabelle 6:	Detailltabelle Modellrechnung 2	47

1 Allgemeines

Die Spezifikation von L2-BSA-Schnittstellen im Rahmen der NGA-Interoperation hat das Ziel, unabhängig von der technischen Realisierung des jeweiligen Zugangsnetzes einheitliche Lösungen anzubieten, die bei den Vereinbarungen lediglich die Festlegung der individuellen Leistungsparameter erfordern. Mit dem Schwerpunkt auf FTTx-Architekturen und -Technologien wurden im Juni 2012 mit der „Leistungsbeschreibung eines Ebene 2-Zugangsprodukts - L2-BSA II - Technische Spezifikation“ eine entsprechende Empfehlung veröffentlicht (vgl. [2]).

Bereits bei den Technologiebetrachtungen im Rahmen des im April 2011 veröffentlichten „Grundsatzdokuments“ zur NGA-Interoperabilität (vgl. [1]) war jedoch deutlich geworden, dass Kabelnetze aufgrund ihrer spezifischen Technologie unter den Zugangs-Festnetzen eine Sonderstellung einnehmen und entsprechend eigene BSA-Schnittstellenlösungen erfordern würden.

Im vorliegenden „Kabel-Grundsatzdokument“ ist dargestellt, welche L2-BSA-Lösungen mit den vorhandenen bzw. durch Kabelnetz-Standards abgedeckten Technologien realisiert werden und in welchem Umfang sie die Anforderungen der oben genannten L2-BSA-Spezifikation erfüllen können. Ziel der Ausarbeitung ist, relevante Lösungen zu identifizieren und diese zu bewerten.

Hierzu gibt Kapitel 2 zunächst einen Überblick über die besonderen technischen Eigenschaften der Kabelnetztechnologien, während Kapitel 3 die Anforderungen an ein L2-BSA-Produkt für Kabelnetze zusammenfasst.

Kapitel 4 beschreibt die für L2-BSA grundlegenden Funktionen und Protokolle, die für Kabelnetzen verfügbar sind, identifiziert eine Reihe von technischen Realisierungsvarianten und erklärt detailliert deren jeweiligen Vorteile und Einschränkungen.

In Kapitel 5 werden technische, organisatorische, wirtschaftliche und funktionelle Kriterien festgelegt, nach denen in Kapitel 6 die prinzipiell möglichen Lösungen bezüglich ihrer Eignung für L2-BSA bewertet werden. Vier Realisierungsvarianten haben sich als marktrelevant herausgestellt, deren grundsätzliche Eigenschaften auch bezüglich der Relevanz in Abhängigkeit von Randbedingungen der Umsetzung vergleichend zusammengefasst sind. Abschließend werden Empfehlungen bezüglich Standardisierung gegeben.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass L2-BSA in Kabelnetzen mit den heute verfügbaren DOCSIS- und BSOD- Standards realisierbar ist, allerdings mit Einschränkungen des Leistungsumfangs im Vergleich zu anderen Zugangsnetztechnologien. Mehrere Hersteller unterstützen bereits BSOD, jedoch sind einige BSOD-Funktionen im Standard als „optional“ gekennzeichnet und entsprechend teilweise nicht implementiert. Es sind dennoch L2-BSA-Lösungen auch für zeitnahe Implementierung verfügbar, solche mit dem vollen möglichen Leistungsumfang vermutlich erst mittelfristig.

2 Besonderheiten bei der Datenübertragung in Kabelnetzen

2.1 Kabelnetzarten

2.1.1 Koaxial-Breitbandkabel (COAX)

Koaxiale Breitbandkabelnetze bestehen zumeist aus einem übergeordneten primären Verteilnetz (Netzebene 3¹) und in einem nachgeschalteten sekundären Verteilnetz auf privatem Grund (Netzebene 4, Hausverteilanlagen). Die Netzebene 3 ist in Baumstruktur (P2MP) realisiert, die Netzebene 4 sowohl in Baumstruktur, teilweise auch schon in Sternstruktur. In der Baumstruktur der Netzebene 3 können typischerweise bis zu 20 Hochfrequenz-Verstärker in der flächenhaften Erschließung des gesamten Versorgungsbereiches kaskadiert sein.

Das koaxiale Breitbandkabelnetz ist ein gemeinsam genutztes Medium („Shared Medium“) mit P2MP-Struktur. Vorwärts- und Rückweg werden in getrennten Frequenzbereichen auf demselben Kabel übertragen und sind in Bandbreite bzw. Übertragungskapazität zunächst unsymmetrisch. Im Vorwärtsweg wird der Frequenzbereich zwischen 85 MHz und 862 MHz, im Rückweg der Frequenzbereich bis 65 MHz genutzt. In Verteilrichtung verfügt das Breitbandkabelnetz mit den derzeit gebräuchlichen Übertragungsverfahren über eine äquivalente Übertragungskapazität von rund 4,7 Gbit/s.

Das Koaxial-Breitbandkabel diente in der Vergangenheit zur Einwegübertragung von analogen und digitalen Fernseh- und Radio-Signalen ausgehend von einem zentralen Punkt. Aufgrund seines Potenzials die Signale bis zu einem bestimmten Grad in Ausbreitungsrichtung hin zum Kunden verstärken zu können wurde es errichtet, um möglichst viele Haushalte zu versorgen und kann hierbei ein enormes Ausbreitungsgebiet erreichen. Durch die mögliche Größe des Ausbreitungsgebietes und der dadurch sehr großen Anzahl von Teilnehmern lässt sich eine bidirektionale Übertragung hin zur Zentrale nur bedingt sinnvoll betreiben, da im Falle des genutzten Datendienstes jedes Endgerät zu einem Summenrauschen beitragen und die Effizienz des Signals immer weiter schmälern würde.

Ausgehend von der herkömmlichen Verteilung von Fernseh- und Hörfunkprogrammen bestand zunehmend die Anforderung, Breitbandkabelnetze auch für Hochgeschwindigkeits-Internet, Telefonie und interaktive Dienste rückwegtauglich auszurüsten. Unter anderem aus diesem Grund hat man die Hybrid-Fiber-Coax-Architektur entwickelt und eingeführt. Sie ähnelt in gewisser Weise der FTTC-Architektur und wird nachfolgend erläutert.

Reine COAX-Architekturen sind heute kaum mehr in Betrieb, sie wurden durch HFC-Architekturen erweitert (siehe folgendes Kapitel).

¹ Netzebene 3 ist das Verteilnetz auf öffentlichem Grund bis zum Hausübergabepunkt

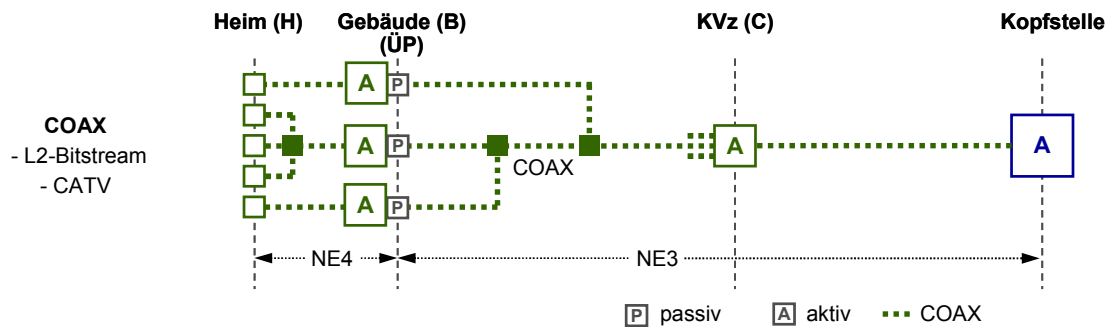


Abbildung 1: COAX-Architektur

2.1.2 Hybrid-Fiber-Coax-Architektur (HFC)

Da in Kabelnetzen das Ausbreitungsgebiet in der reinen COAX-Architektur zu groß sein kann, um von der Kundenseite aus noch effizient ein Signal erhalten zu können, wurde mit der HFC-Architektur ein Mittel geschaffen, das Ausbreitungsgebiet physikalisch zu verkleinern und die daraus entstehenden Zellen mittels Glasfaser vom Hvt aus zu versorgen.

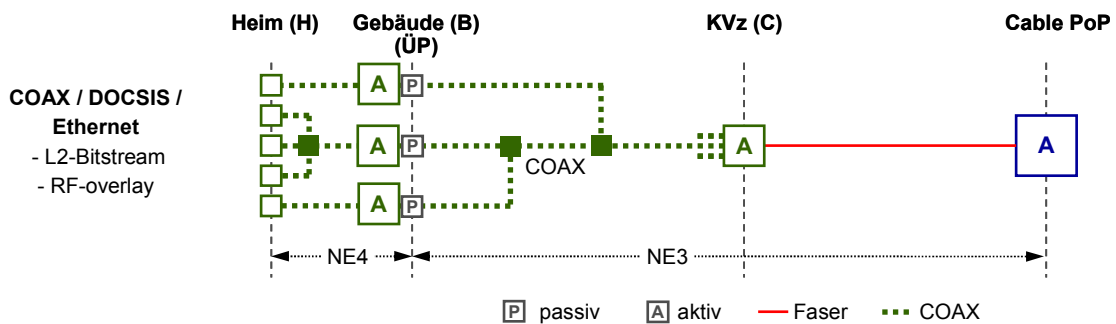


Abbildung 2: HFC-Architektur

Die FTTC-Architektur mit der CuDA ist der Hybrid-Fiber-Coax-Architektur nur bedingt ähnlich. Anders als bei einer CuDA, welche passiv nach dem P2P Prinzip vom KVz in die einzelnen Haushalte gebracht wird, kann das Signal in der HFC-Architektur nach dem KVz bis zu einem bestimmten Grad mehrmals verstärkt werden. Erfolgt die Lieferung des Signals über COAX vom KVz bis zum Gebäude noch passiv, so ist bei einer Liegenschaft mit mehreren Parteien die Verstärkung der Signale in den meisten Umständen unumgänglich. Auch ist hierbei zu beachten, dass das COAX in der Netzebene 4 zwischen Gebäudeeingang und der Wohneinheit (WE) einer dritten Partei gehören kann und somit auch die aktiven Komponenten, welche für die Verstärkung der Signale erforderlich sind.

Auf Grundlage der hier beschriebenen HFC-Architektur können neben der Verteilung des TV-Signals auch Internet- und Sprachdienste mit der DOCSIS-Technologie realisiert werden.

Bedarfsorientiert und damit sukzessive oder bei vollständiger Neuerrichtung von NE3 Infrastruktur werden HFC-Netze dahingehend weiterentwickelt, dass die Glasfaser direkt zum Hausübergabepunkt (HÜP) geführt und somit in der NE3 vollständig auf

Coax-Kabel verzichtet wird. Dieser Fall entspricht einer FTTB-Struktur, bei der nur noch die Inhouse-Verkabelung (NE4) als Koax-Kabel ausgeführt ist. Die Erweiterung des Glasfaserabschnitts auch auf den Inhouse-Bereich (NE4) ist jedoch in absehbarer Zeit nicht zu erwarten und im Hinblick auf Zukunftssicherheit auch nicht erforderlich. Unter Verwendung der RFoG (Radio Frequency over Glass)-Technologie ist bei diesen FTTB-analogen Netzen die weitere Nutzung der DOCSIS-Komponenten (Cable Modem, CMTS) möglich.

2.2 Datenübertragung in Kabelnetzen mittels DOCSIS

Traditionell ist das Kabelnetz in Europa in 8 MHz breite Kanäle unterteilt, die ein analoger TV-Kanal im PAL-Fernsehsystem benötigt. Darum spricht man auch von EuroDOCSIS, denn in Amerika wird mit einem 6-MHz-Raster gearbeitet. In einem solchen TV-Kanal kann man aber nicht nur einen analogen TV-Sender, sondern auch mehrere digitale DVB-C-Sender sowie Internetdaten übertragen. Diese Signale werden mit dem QAM-Verfahren moduliert, wobei man sowohl die Amplitude als auch die Phasenverschiebung von zwei aufeinander folgenden Sinuswellen zur Informationsverschachtelung nutzt. In einem TV-Kabelnetz ist genau geregelt, welcher Dienst auf welchen Frequenzen übertragen wird – so auch Internet via Kabel.

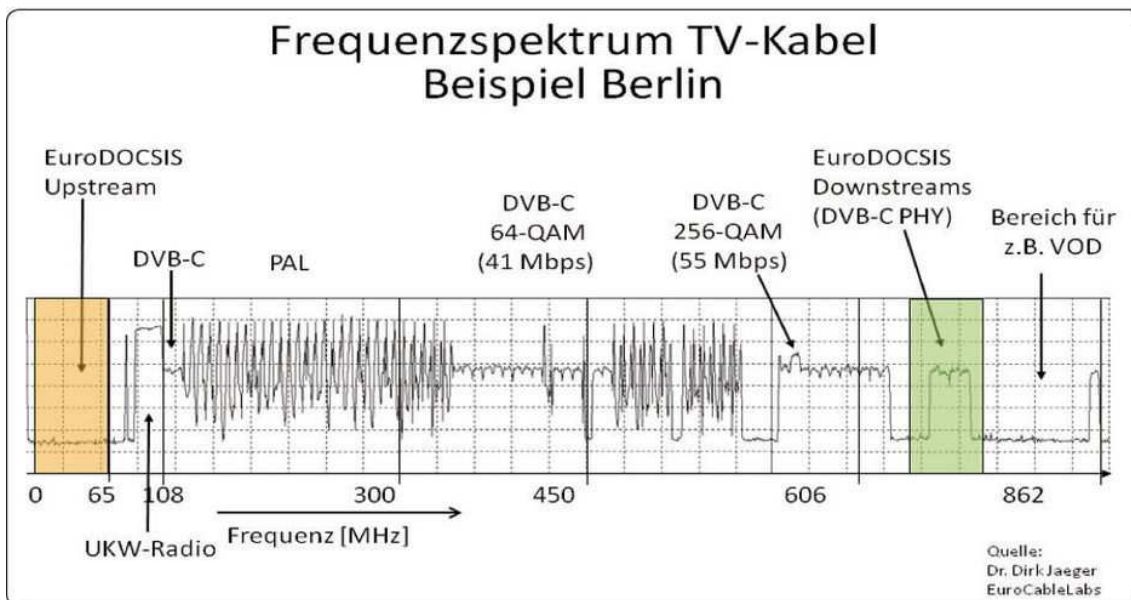


Abbildung 3: Frequenzspektrum TV-Kabel

Die QAM256-Modulation ermöglicht beispielsweise die Übertragung von 8 bit pro Symbol. Bei einer Symbolrate von 6952 Symbolen pro Sekunde ergibt das eine Datenrate von rund 55 Mbit/s pro TV-Kanal. Berücksichtigt man hier die Headerinformationen, bleiben rund 50 Mbit/s Datenrate im Downstream pro Kanal, die sich alle Kunden eines Kabel-Netzsegments teilen. Je nach Anzahl der freigegebenen Up- und Downstream-Kanäle stehen im Kabel-Netzsegment $x \cdot 50$ Mbit/s zur Verfügung.

DOCSIS 3.0 kann aber die Datenströme aller Kunden flexibel zwischen den Kanälen verteilen und bündeln, so dass die Kanäle bestmöglich genutzt werden. Theoretisch kann DOCSIS 3.0 eine unbegrenzte Anzahl von Kanälen nutzen, allerdings liegt es im Ermessen des Kabelnetzbetreibers, wie viele Kanäle er für TV-Programmkkanäle bzw.

zur DOCSIS-Datenübertragung verwendet. Weitere Vorteile von DOCSIS 3.0 sind durchgängige IPv6-Fähigkeit sowie Multicast für IPTV-Dienste.

2.3 Layer 2 Services

Aufgrund der Verteilstruktur in Kabelnetzen waren diese ursprünglich nicht für Layer 2 Übertragungsdienste geeignet. Mit DOCSIS und insbesondere Business Services over DOCSIS (BSOD) wurde die Möglichkeit geschaffen, Layer 2 Dienste wie z. B. L2VPN Services auch auf Kabelnetzen zu realisieren.

BSOD ist eine optionale Ergänzung des DOCSIS-Standards. Zur Realisierung von L2VPN Diensten sieht der Standard zwei unterschiedliche Ansätze vor. Auf der einen Seite L2VPN mit 802.1Q NSI Encapsulation und zum anderen L2VPN mit EoMPLS Encapsulation. Beide Varianten weisen spezifische Merkmale auf, die unter 4.5 und 4.6 näher beschrieben.

3 Anforderungen an ein L2-BSA-Produkt für Kabelnetze

Grundsätzlich unterscheiden sich die Anforderungen an ein L2-BSA-Produkt für Kabelnetze nicht von denen der L2-BSA-Zugangsnetze, die mit anderen Technologien realisiert werden (vgl. [1], [2]):

- Das L2-BSA-Produkt soll einem Diensteanbieter (Vorleistungsnehmer) ohne eigenes Zugangsnetz ermöglichen, seinem Endkunden durch Bezug der Vorleistung (BSA Wholebuy) von einem Zugangsnetzbetreiber (Vorleistungserbringer) Dienste anzubieten.
- Das L2-BSA-Produkt soll dem Diensteanbieter (Vorleistungsnehmer) auf Basis von standardisierten Layer 2-Schnittstellen (U-Schnittstelle, A10-NSP) angeboten werden.

Im Hinblick auf Zukunftsorientierung sind Skalierbarkeit und Flexibilität bezüglich Dienstklassen weitere Anforderungen, wobei diese durch individuelle Vereinbarungen der Schnittstellenparameter zwischen Diensteanbieter und Zugangsnetzbetreiber ermöglicht werden sollen, ohne die Schnittstellenspezifikation selbst anpassen zu müssen. Entsprechend soll sich die Schnittstellenspezifikation soweit möglich an die oben genannte allgemeine L2-BSA-Spezifikation anlehnen. Auch wird die Anforderung nach Neutralität bezüglich Hersteller der Netztechnologie beibehalten.

Der wesentliche Unterschied besteht in der Berücksichtigung der kabelnetzspezifischen Technologieeigenschaften, speziell die inhärente IP-basierte Realisierung der Netztechnik sowie die der verwendeten DOCSIS- und BSOD-Protokolle. Prinzipiell soll das Produkt auch Triple-Play-Dienstangebote erlauben. Aufgrund der ursprünglichen Auslegung der Kabelnetztechnologien für TV-Vertriebsdienste und der nachträglichen Erweiterung für Datendienste (DOCSIS) sowie für Datendienste für Geschäftskunden (BSOD) liegen hier jedoch grundsätzlich andere Randbedingungen vor als z.B. bei FTTx-Technologien. Dies bringt alternative Realisierungslösungen z.B. für Multicast- bzw. Einschränkungen bezüglich Real-Time-Diensten mit sich. Auch deshalb werden hier zunächst Lösungen für den Privatkundenmarkt angestrebt.

Wie bei der generellen L2-BSA-Spezifikation ist auch hier die möglichst zeitnahe Umsetzung des L2-BSA ein Ziel. Daher sollen Lösungen gefunden werden, welche ohne Änderung der etablierten Standards umsetzbar sind. Es ist abzusehen, dass im Hinblick auf die derzeit am Markt verfügbaren Implementierungen mehrere Varianten der Spezifikation in Frage kommen. Die Auswahl soll unter Berücksichtigung der genannten Anforderungen als Bewertungskriterien erfolgen. Falls keine Lösung gefunden werden kann, die kurzfristig alle Anforderungen weitgehend erfüllt, können ggf. mehrere Lösungsvarianten mit unterschiedlicher Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit vom Zeithorizont vorgeschlagen werden.

3.1 Realisierung Triple Play

3.1.1 Voice-Dienste

Voice-Dienste werden typischer Weise als „Real-Time-Klasse“ abgebildet. Die hierfür notwendigen Mechanismen wie:

- Bandbreitenreservierung
- Priorisierung

werden standardmäßig im DOCSIS über sogenannte Serviceflows abgebildet. Üblicher Weise wird beim DOCSIS für Voice-Dienste die Serviceflow-Klasse „UGS“ (Unsolicited Grant Service) eingesetzt. Der UGS wird während des Gesprächsaufbaus dynamisch aufgebaut, reserviert entsprechende Bandbreiten und stellt definierte Sendezeiten (Jitter) sicher. In Zusammenhang mit entsprechenden Autorisierungsmechanismen (PacketCable bzw. PacketCable MultiMedia) wird ebenfalls sichergestellt, dass nur entsprechend zugelassene Nutzer diese Serviceklasse nutzen können. Die entsprechende Bandbreitennutzung ist bei diesem Verfahren sehr effizient.

In Zusammenhang mit einem L2-BSA greifen diese Mechanismen nicht. Um hier die entsprechenden Bandbreitenreservierungen und Priorisierungen vornehmen zu können, müssen sogenannte statische Serviceflows genutzt werden (z.B. UGS-AD, Unsolicited Grant Service with Activity Detection). Hierbei entsteht das Problem, dass die benötigten Bandbreiten statisch definiert werden müssen und so nicht erst bei Gesprächsaufbau, sondern schon beim „Online-Gehen“ des Modems reserviert werden. Werden sie nicht genutzt, können diese reservierten Bandbreiten zwar noch für „Best Effort“ Dienste genutzt werden, stehen aber nicht mehr für andere „Real-Time“ Dienste zur Verfügung. Ein Autorisierungsmechanismus wie PacketCable bzw. PacketCable MultiMedia ist nicht nutzbar. Unabhängig davon, müssen je nach konkretem Konzept, andere Sicherheitsmechanismen implementiert werden.

Prinzipiell können Voice-Dienste mit diesem Verfahren realisiert werden. Problematisch kann jedoch die Skalierung in diesem Umfeld werden. Entsprechende Modellrechnungen sind im Anhang ersichtlich. Ob eine solche Lösung wirtschaftlich realisierbar ist, hängt zum einen von den konkreten Anforderungen des Diensteanbieters (z.B. Prozentsatz der zu realisierenden Anschlüsse, Anzahl paralleler Gespräche etc.) und zum anderen von der konkreten Netzstruktur des Kabelnetzbetreibers ab.

3.1.2 Internet

Internet-Dienste werden typischer Weise als „Best Effort“ abgebildet.

Hierbei wird in Abhängigkeit von sonstigen Bandbreitenreservierungen die verfügbare Bandbreite (bis zu einem zu definierenden Maximumwert) statistisch gleichmäßig zugeteilt. Es gibt keine definierten Sende- bzw. Antwortzeiten, das Zugangsverfahren des MAC-Schedulers stellt jedoch sicher, dass alle Teilnehmer auch Daten senden bzw. empfangen können.

3.1.3 Video on Demand

Video on Demand Dienste (Unicast) werden in Kabelnetzen üblicher Weise als "Best Effort" abgebildet. Ein möglicher Einfluss von schwankenden Bandbreiten und/oder Antwortzeiten (Jitter, Delay) müssen auf Seite der Applikation (beispielsweise durch entsprechende Buffer) abgefangen werden. Eine entsprechende Priorisierung wäre möglich, löst das Problem aber nicht vollständig.

3.1.4 Multicast

Für die Realisierung von Multicast-Applikationen stellt DOCSIS die entsprechenden Mechanismen zur Verfügung.

Dies sind im Einzelnen:

- IGMPv3 Router/Querier Funktion auf dem CMTS
- Zuordnung des IP-Multicast-Stream einer Multicastgruppe (MCAST-Gruppe) zu einer Multicast –DSID (MDSID), die dann sicherstellt, dass der Multicast-IP-Strom von allen berechtigten Cable-Modems empfangen werden kann und nur einmal auf dem Kabel existiert
- QoS-Priorisierung und Verschlüsselung auf Ebene der MDSID

Im Zusammenhang mit einem L2-BSA greifen diese Mechanismen nicht, da es sich hierbei um Layer3-Funktionalitäten handelt, das CMTS jedoch wegen des L2-Tunnels für Layer3-Funktionen transparent ist.

Die entsprechende Funktion des IGMPv3 Router/Querier muss in diesem Fall von einem System abgebildet werden, welches sich beim Diensteanbieter befindet. Dadurch kann das CMTS aber nicht mehr die entsprechend notwendigen Multicastfunktionen auf DOCSIS-Layer sicherstellen (MDSID), so dass es nicht möglich ist, **einen gemeinsamen** IP-Strom auf dem TV-Kabel zu erzeugen, den dann die berechtigten Cable-Modems empfangen können.

Der ursprüngliche Multicast-Strom wird dadurch zwangsweise zum Unicast-Strom. Insbesondere bei bandbreitenintensiveren Applikationen wie z.B. TV-Verteilung würde damit die verfügbare Bandbreite extrem schnell „verbraucht“ sein. Eine sinnvolle Skalierung ist in diesem Zusammenhang nicht möglich.

3.1.5 Alternative Lösungen zur Realisierung von Triple Play Angeboten für Diensteanbieter

Da für die Realisierung eines Triple Play Angebotes für Diensteanbieter mittels L2-Multicast TV-Verteilung keine sinnvolle technische Umsetzung existiert, könnten - so weit die technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Randbedingungen dies zulassen - alternative Ansätze genutzt werden, die es einem Diensteanbieter zumindest prinzipiell ermöglichen, dem Kunden neben einem Breitband- und Telefondienst auch ein TV-Produkt anbieten zu können. Dazu wäre denkbar, dass der Diensteanbieter neben der Realisierung eines L2-BSA Breitbandangebotes auf bestehende Vorleistungsangebote im Bereich der TV-Verteilung der Kabelnetzbetreiber zurückgreift (z.B. Vorleistungsprodukte Signallieferung, Einspeisung) oder neue Kooperationsmöglichkeiten mit dem

Kabelnetzbetreiber unter Nutzung der bestehenden TV-Plattform entwickelt. Die alternativen Lösungsansätze beruhen dabei nicht auf Zugang oder Durchleitung eines IP-basierten Multi- bzw. Unicast-TV-Stroms, sondern erfordern die Nutzung vorhandener oder noch nicht existenter ergänzender Geschäftsmodelle bzw. vertraglicher Vereinbarungen völlig unabhängig von der Realisierung des L2-BSA Zugangs und liegen damit nicht im Fokus dieses Dokumentes.

4 Technik

4.1 Die grundlegende Funktionsweise von BSOD

BSOD beschreibt L2VPN zwischen einem Kabelmodem und dem Network Side Interface (NSI) des CMTS. Mit diesen L2VPN werden Transparente LAN Services (TLS) für unterschiedliche Kunden abgebildet. Abbildung 4 zeigt den schematischen Netzaufbau von transparenten LAN Services in einem DOCSIS Netzwerk.

Anhand eines Beispiels wird die grundlegende Funktionsweise von BSOD und den darauf basierenden L2VPN erläutert. In dem Beispiel werden die L2VPN durch Verwendung von 802.1q Tagging gebildet. Eine weitere Variante, in der die L2VPN mit Hilfe von MPLS Pseudowires realisiert werden, beschreibt das Kapitel 4.6

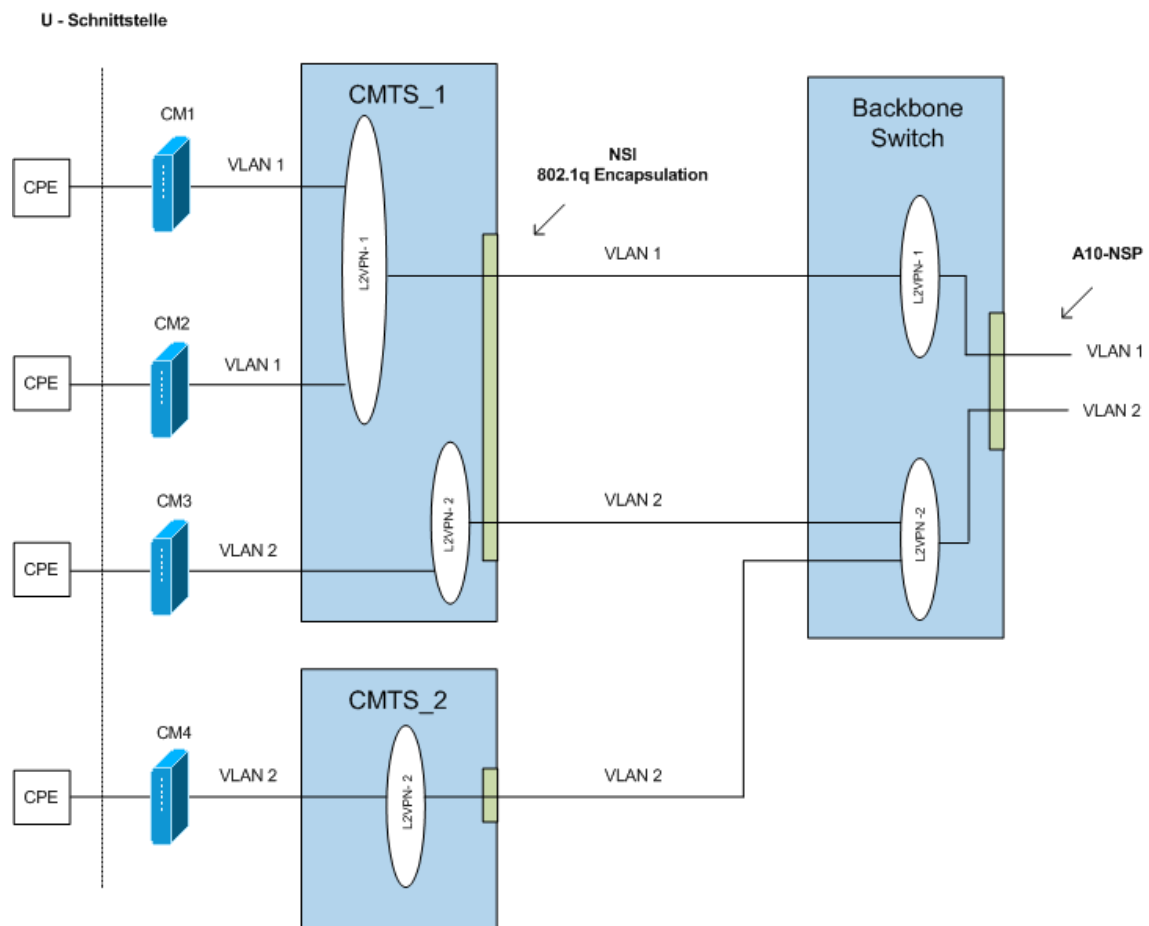


Abbildung 4: Schematischer Aufbau von L2VPN mit BSOD in der Zielarchitektur

In dem vorliegenden Beispiel werden zwei transparente LAN Services (Transparent LAN Service, TLS) für zwei unterschiedliche Kunden / Diensteanbieter abgebildet. Das erste TLS ist mit L2VPN-1 und das zweite TLS ist mit L2VPN-2 gekennzeichnet.

CMTS1 stellt die L2VPN Dienste für die Kabelmodems CM1 und CM2 im L2VPN-1 bereit. CMTS1 stellt ebenso den L2VPN-Dienst für das Kabelmodem CM3 im L2VPN-2 bereit. Das CMTS2 stellt den L2VPN-Dienst für das Kabelmodem CM4 im L2VPN-2 zur Verfügung.

Das Beispiel zeigt den Backbone Switch des Kabelnetzbetreibers, auf dem für jedes L2VPN eine Bridge-Domain konfiguriert ist. Der Backbone Switch ist an die 802.1q NSI der beiden CMTS angeschlossen und verbindet die VLANs eines L2VPN mittels Switching. Der transparente LAN Service des L2VPN-1 unterstützt transparentes Bridging für CPE1 und CPE2. Der TLS für L2VPN-2 unterstützt transparentes Bridging für CPE3 und CPE4. Um einen direkten Bezug zu einem L2-BSA-Dienst herzustellen, ist im Backbone Switch ein Interface vorgesehen, welches einen Übergang zu einem Fremdnetz ermöglicht. Dieses Interface stellt die A10-NSP dar. Die U-Schnittstellen bilden die Ethernet-Interfaces der Kabelmodems.

Die Upstream-Pakete, die über das Kabelmodem CM3 in das L2VPN-2 des CMTS1 gesendet werden, versieht das CMTS1 mit einer VLAN ID Tag 2 und schickt sie über sein NSI Trunk-Interface in den Backbone. Der Backbone Switch leitet die Pakete, abhängig von der MAC-Zieladresse, entweder in Richtung der A10-NSP-Schnittstelle (zum Diensteanbieter) oder zum L2VPN-2 des CMTS2. Da bei L2-BSA-Netzen eine direkte Kommunikation zwischen zwei Kunden-Endgeräten unterbunden wird, ist in diesem Fall nur eine Weiterleitung in Richtung der A10-NSP-Schnittstelle möglich.

In dem vorliegenden Beispiel ist im CMTS1 Multipoint Forwarding implementiert. Das bedeutet, dass das CMTS1 z.B. innerhalb des L2VPN-1 dafür verantwortlich ist, Pakete in Downstream-Richtung in Abhängigkeit der Ziel-MAC-Adresse an CM1 oder CM2 transparent weiterzuleiten. CMTS1 muss die MAC-Quelladressen von CPE1 und CPE2 lernen und zu den jeweiligen Kabelmodems, die mit der CPE verbunden sind, zuordnen können.

Im CMTS2 ist nur ein Kabelmodem (CM4) am L2VPN-2 angeschlossen. Das CMTS2 kann hier Point-2-Point Forwarding implementiert haben. In diesem Fall muss das CMTS2 keine MAC Adressen lernen. Es leitet jeglichen Datenverkehr, der von der CPE4 über CM4 an das CMTS geschickt wird, direkt über das NSI mit der 802.1q VLAN-ID 2 in den Backbone.

4.2 Anbindung unterschiedlicher ISPs an das Kabelnetz

Die L2VPN Struktur erlaubt es einem Kabelnetzbetreiber unterschiedliche ISPs an sein Netz anzuschließen. Jeder ISP nutzt einzelne L2VPN, mit denen er seine Dienste realisiert.

4.3 Unterschiedliche Realisierungsmöglichkeiten für L2VPN - Entscheidungspfad

BSOD stellt unterschiedliche technische Möglichkeiten bereit, L2VPN zu realisieren. Es gibt daher verschiedene Varianten, eine L2-BSA-Vorleistung umzusetzen. Diese Varianten werden im Folgenden näher betrachtet und bewertet. Ziel ist es, die A10-NSP und die U-Schnittstelle, wie in der „L2-BSA - Technische Spezifikation“ (vgl. [2]) beschrieben, zu realisieren. Dies ist jedoch nicht in allen Punkten möglich.

Die unterschiedlichen technischen Lösungsmöglichkeiten sind in einer Baumstruktur in Abbildung 5 wiedergegeben. Dabei ist die A10-NSP die Wurzel des Baumes. Die Äste geben die Lösungsmöglichkeiten wieder.

Der Baum ist auch gleichzeitig ein Entscheidungspfad dafür, welche Lösungsmöglichkeiten für die Realisierung eines L2-BSA-Vorleistungsproduktes in Kabelnetzen geeignet sind.

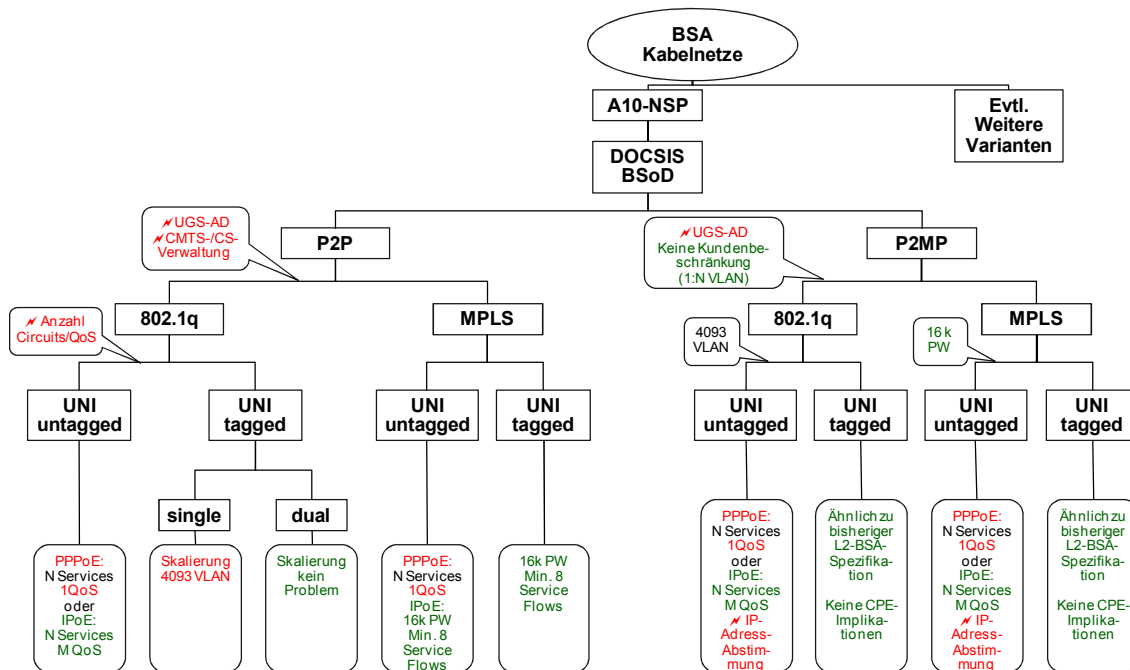


Abbildung 5: Unterschiedliche Realisierungsmöglichkeiten für L2VPN mit BSOD

4.4 Point-to-Point und Multipoint Forwarding

Point-to-Point und Multipoint sind zwei in der BSOD-Spezifikation beschriebene Betriebsarten des CMTS. Sie unterscheiden sich darin, wie viele Datenverbindungen (z.B. Kabelmodems oder Service Flows) an ein L2VPN innerhalb des CMTS angeschlossen werden können. Ein weiterer Unterschied liegt in der Art, wie das CMTS die Daten innerhalb des L2VPN zwischen Kabelmodems und dem NSI weiterleitet.

4.4.1 Point-to-Point Forwarding

Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich auf ein L2VPN innerhalb eines CMTS. An das L2VPN sind eine oder mehrere logische Datenverbindungen (Service Flows) angeschlossen, welche zu den Kabelmodems führen. Zusätzlich gehört das NSI zu dem L2VPN.

In der Point-to-Point Betriebsart hat jedes L2VPN nur eine angeschlossene Datenverbindung (Service Flow), an dessen Endpunkt sich ein Kabelmodem befindet. Datenpakete können nur zwischen dem NSI und dieser einen Datenverbindung in Richtung Kabelmodem übertragen werden. Das CMTS lernt keine MAC Adressen und es findet kein Bridging bzw. Switching statt. Alle zu einem bestimmten L2VPN gehörenden Downstream-Datenpakete, die auf dem NSI eintreffen, werden direkt auf der zu diesem L2VPN gehörenden Datenverbindung zum Kabelmodem weitergeleitet. Dies gilt in um-

gekehrter Richtung ebenso für Datenpakete, die von einem Kabelmodem in einem L2VPN gesendet werden. Diese Pakete überträgt das CMTS direkt, ohne MAC-Learning, an das NSI.

In der Point-to-Point-Betriebsart versieht das CMTS die Datenpakete für jede Datenverbindung mit einem unterschiedlichen Tag. Bei der Verwendung von 802.1q Tagging wird jede Datenverbindung mit einer unterschiedlichen 802.1q VLAN-ID konfiguriert. Kommt Point-to-Point Ethernet über MPLS zum Einsatz, besitzt jede Datenverbindung eine eigene Pseudowire-ID. Der jeweilige Tag wird über das NSI übertragen. Datenpakete, die über das NSI in den Backbone geleitet werden, sind mit dem zum L2VPN gehörenden Tag - 802.1q VLAN-ID oder der MPLS Pseudowire ID – gekennzeichnet.

Sollen in der Point-to-Point Betriebsart L2VPN mit mehreren angeschlossenen Datenverbindungen (Kabelmodems, Service Flows) realisiert werden, muss ein externer Switch eingesetzt werden. Dieser Switch befindet sich im Backbone des Kabelnetzbetreibers. Er ist über Ethernet mit dem NSI des CMTS verbunden und gewährleistet eine Verbindung zwischen den unterschiedlichen L2VPN. Der Switch baut eine MAC Forwarding Database auf, die für Switching genutzt wird.

Ein Nachteil der Point-to-Point Verbindungen ist, dass sie nicht der N:1 VLAN Aggregation des L2-BSA Netzkonzeptes entsprechen. Die N:1 VLAN Aggregation sieht vor, denselben Dienst verschiedener Endkunden in einem einzigen L2VPN abzubilden. Alle Endkunden, welche diesen Dienst nutzen, müssen zu diesem L2VPN gehören. Zur Umsetzung einer N:1 VLAN Aggregation ist ein externer Switch erforderlich.

Auf dem CMTS muss pro CPE für jeden genutzten Dienst ein separates L2VPN angelegt werden. Da bei der Verwendung von 802.1q Tagging in Verbindung mit BSOD max. 4093 Tags pro CMTS vergeben werden können, ist die Anzahl der möglichen Kunden entsprechend begrenzt. Wird MPLS als L2VPN Encoding genutzt liegt die maximale Anzahl der L2VPN wesentlich höher. Die Begrenzung wird hier durch die Implementierung im CMTS vorgegeben. Da sich mit MPLS Encoding wesentlich mehr Endkunden je CMTS anschalten lassen, skaliert dieses für L2-BSA Dienste besser als 802.1q Encoding. Jedoch wird MPLS Encoding derzeit nicht von allen CMTS Herstellern unterstützt und kann daher nicht in allen Netzen eingesetzt werden.

4.4.2 Multipoint Forwarding

In dieser Betriebsart können auf einem CMTS innerhalb eines L2VPN mehrere logische Datenverbindungen (Service Flows, Kabelmodems) angeschlossen sein. Multipoint Forwarding bedeutet, dass das CMTS in Downstream Richtung L2VPN Daten an mehrere Kabelmodems senden kann. Das CMTS erstellt eine Layer-2 Forwarding Database (FDB). Diese FDB enthält die MAC-Adressen der zu den L2VPN gehörenden Kunden-Endgeräten (CPE). Die CPE MAC Adressen lernt das CMTS durch Pakete in Upstream-Richtung, die von den Kunden-Endgeräten gesendet werden. Ein Multipoint Layer-2 Forwarder nutzt die FDB für die Entscheidung, an welches Kabelmodem die L2VPN-Daten gesendet werden. Sollen Datenpakete an eine sich nicht in der FDB befindlichen MAC Adresse oder an eine Multicast Adresse geschickt werden, so sendet der Layer-2 Forwarder die Pakete an alle Kabelmodems des jeweiligen L2VPN, sowie an das NSI. Die Datenpakete werden jedoch nicht über die Datenverbindung zurückgeschickt, über die sie empfangen wurden.

Der Multipoint L2VPN Forwarder versendet auch Datenpakete direkt zwischen Kunden-Endgeräten. Für L2-BSA muss diese direkte Verbindung unterbunden werden, da immer nur eine Verbindung zwischen NSI und Kunden-Endgerät erlaubt ist.

Bei Multipoint Forwarding muss pro Dienst nur ein L2VPN auf dem CMTS bereitgestellt werden und es ist pro Dienst nur ein Tag auf dem NSI notwendig. In dieser Betriebsart reichen bei 802.1q Encoding die 4093 möglichen L2VPN aus, um praxisübliche Kundenzahlen zu verwirklichen.

Für L2-BSA Dienste ist die Multipoint Betriebsart am besten geeignet, da sich hiermit innerhalb des CMTS die notwendige N:1 VLAN Aggregation realisieren lässt, ohne dass ein externer Switch eingesetzt werden muss. Ein weiterer Vorteil ist, dass bei der Verwendung von 802.1q Encoding die Anzahl der maximal konfigurierbaren L2VPN (4093) ausreicht.

In der Praxis hat die Multipoint Betriebsart derzeit keine Bedeutung, da sie von den CMTS Herstellern nicht unterstützt wird. Für die Realisierung eines L2-BSA unter der Verwendung des BSOD Standards kann nach heutigem Stand also nur die Point-to-Point Betriebsart genutzt werden.

4.5 802.1q Encapsulation

Eine Möglichkeit, L2VPN innerhalb von BSOD zu realisieren, ist IEEE 802.1q Encapsulation. Datenpakete werden innerhalb eines L2VPN mit der entsprechenden 802.1q VLAN-ID versehen.

In Upstream-Richtung klassifiziert das Kabelmodem die von der CPE empfangenen Daten und ordnet sie dem korrekten Service-Flow zu. Anschließend überträgt das Kabelmodem die Daten in dem Service-Flow zum CMTS. Bevor das CMTS die Daten über das NSI in den Backbone sendet, versieht es die Pakete mit der zu dem L2VPN gehörenden 802.1q VLAN-ID. Für den Fall, dass die Datenpakete bereits von der CPE mit einer VLAN-ID versehen sind (C-VLAN), setzt das CMTS eine weitere VLAN-ID voran. Die ursprüngliche VLAN-ID wird nicht geändert. In Downstream Richtung entfernt das CMTS die äußere VLAN-ID (S-VLAN) und sendet die Datenpakete über den Downstream Service Flow zum Kabelmodem.

Es können pro CMTS insgesamt 4093 L2VPN gebildet werden. Die Anzahl wird durch die 12 Bits der 802.1q VLAN-ID bestimmt. Die Werte 0,1 und 4095 sind keine erlaubten VLAN-IDs.

Durch die begrenzte Anzahl an L2VPN skaliert 802.1q Encapsulation in der Point-to-Point Betriebsart schlecht. Da hier für jeden Endkunden und genutztem Dienst ein L2VPN zur Verfügung gestellt werden muss, können pro CMTS maximal 4093 Endkunden angeschaltet werden. Bei der Nutzung von mehreren Diensten pro Endteilnehmer, verringert sich die Kundenanzahl entsprechend.

802.1q Encapsulation wird von allen CMTS Herstellern, die BSOD unterstützen, angeboten.

4.6 Ethernet over MPLS Encapsulation

MPLS Encapsulation stellt eine weitere Art dar, L2VPN innerhalb von BSOD zu realisieren. Hierbei arbeitet das CMTS als MPLS Provider Edge (PE) Router und überträgt

die L2VPN-Daten auf dem NSI als MPLS Pseudowire in den Backbone des Kabelnetzbetreibers. Jedem L2VPN wird eine MPLS Pseudowire-ID zugeordnet.

Ethernet over MPLS Encapsulation unterstützt wesentlich mehr L2VPN als 802.1q Encapsulation und kann daher eine große Anzahl an Endkunden pro CMTS adressieren. In der Praxis sind je nach CMTS bis zu 16.000 L2VPN möglich.

Ethernet over MPLS Encapsulation ist aufgrund seiner guten Skalierbarkeit zwar besser für L2-BSA Dienste geeignet, jedoch wird es nicht von allen CMTS Herstellern unterstützt.

4.7 Realisierung von Sprachdiensten

Im Gegensatz zu den Qualitätsanforderungen für Internetdienste muss die Paketlaufzeit (Delay) beim Transport von Sprachdaten, zwischen Sender und Empfänger, so gering wie möglich sein. Die Varianz der Paketlaufzeiten (Jitter) muss ebenfalls minimiert werden. Bei der Nutzung von Internetdiensten, z.B. Mail oder Web, haben diese Parameter keinen allzu großen Einfluss auf die Qualität der Dienste. Überschreiten sie jedoch für Sprachdienste bestimmte Grenzen, so verschlechtert sich die Qualität hörbar.

In DOCSIS Netzen ist besonders der Datentransport im Upstream anfällig für Delay und Jitter. Ein Upstream-Kanal wird von vielen Modems gleichzeitig genutzt. Da immer nur ein Modem zu einer Zeit senden kann, muss die Vergabe der Übertragungsmöglichkeiten koordiniert werden. Dies ist die Aufgabe des CMTS. Ein Modem, das Daten zu versenden hat, meldet seinen Übertragungsbedarf beim CMTS an. Das CMTS reserviert entsprechende Timeslots im Upstream-Kanal und übermittelt dem Modem den Zeitpunkt, an dem es seine Daten senden darf. Dieses Verfahren nennt sich TDMA. Da in einem produktiven Netzwerk viele Modems unterschiedliche Datenmengen gleichzeitig senden möchten, entstehen Delay und Jitter in solchen Größenordnungen, dass die Qualität von Sprachverbindungen negativ beeinflusst werden kann.

Aus diesem Grund verwendet DOCSIS für Sprachdienste im Upstream einen Service-Flow, bei dem Delay und Jitter gering sind. Der Unsolicited Grant Service-Flow (UGS) erfüllt die geforderten QoS-Merkmale. Er ist für die Bereitstellung von konstanten Bitraten (CBR) konzipiert. Der UGS Service-Flow stellt dem Kabelmodem in regelmäßigen Intervallen Timeslots zur Datenübertragung zur Verfügung, ohne dass das Modem diese vorher anfordern muss. Dadurch werden Delay und Jitter minimiert.

Sobald ein Telefongespräch beginnt, wird der UGS Service-Flow dynamisch aufgebaut. Bei einem Gesprächsaufbau kommuniziert der im Kabelmodem integrierte Telefonadapter (MTA) mit dem Softswitch. Soll ein Sprachkanal geöffnet werden, signalisiert der MTA dies zum Kabelmodem, welches daraufhin den UGS Service-Flow zum CMTS aufbaut. Bei Beendigung des Gesprächs wird der UGS wieder abgebaut.

Bei der Umsetzung eines L2-BSA Produktes, ist der MTA nicht in das Kabelmodem integriert. Der MTA befindet sich auf der CPE, welche über Ethernet mit dem Kabelmodem verbunden ist. In diesem Fall ist eine Signalisierung zwischen MTA und Kabelmodem zum Aufbau des UGS Service-Flow nicht möglich. Der dynamisch generierte UGS Service-Flow kann für die Realisierung von Sprachdiensten in einem L2-BSA Produkt daher nicht genutzt werden.

Stattdessen kommt der UGS-AD Service-Flow zum Einsatz. Dies ist ein UGS Service-Flow mit Activity Detection. Wird keine Sprache übertragen, ist der UGS-AD inaktiv. In diesem Zustand stellt das CMTS in regelmäßigen Intervallen Anfragen an das Kabelmodem, ob es Sprachdaten senden möchte (Polling). Erst wenn ein Telefongespräch beginnt und das Kabelmodem Daten senden möchte, wird der UGS-AD Service-Flow aktiv. Die QoS-Eigenschaften für diesen aktiven UGS-AD sind identisch mit denen des dynamisch generierten UGS.

4.7.1 Skalierbarkeit von Sprachdiensten

In einem DOCSIS Netz, an dem sowohl die eigenen Kunden des Kabelnetzbetreibers, als auch L2-BSA Kunden angeschlossen sind, teilen sich beide Kundengruppen die zur Verfügung stehenden Netzressourcen und somit auch die Upstream Übertragungskanäle.

Je Upstream-Kanal steht ein begrenzter Teil der gesamten Übertragungskapazität für Sprache zur Verfügung. Ein typischer Wert ist 50%, dieser ist jedoch variierbar.

Für die UGS Sprachkanäle der eigenen Kunden des Kabelnetzbetreibers wird keine Bandbreite reserviert. Der Aufbau der UGS Service-Flows erfolgt dynamisch. Wenn der UGS Service-Flow nicht aufgebaut ist, steht die Bandbreite anderen Diensten (Internet) zur Verfügung. Sobald der UGS aufgebaut ist, ist die benötigte Bandbreite in Benutzung und die Anzahl der zusätzlichen möglichen Telefonate verringert sich entsprechend.

Die UGS-AD Service-Flows der L2-BSA Kunden werden nicht dynamisch aufgebaut, sondern bei der Registrierung des Kabelmodems am CMTS, statisch eingerichtet. Ein UGS-AD Service-Flow reserviert die für den Sprachkanal benötigte Bandbreite. Dies bewirkt, dass die Anzahl der möglichen dynamischen UGS Service-Flows, sinkt. Findet kein Telefonat statt, steht die Bandbreite für Best Effort Dienste (Internet) zur Verfügung.

Da die UGS-AD Service-Flows auch dann Bandbreite reservieren, wenn kein Telefongespräch geführt wird, steht insgesamt weniger Bandbreite für Sprache zur Verfügung. Bei der Umsetzung eines L2-BSA Produktes für Sprachdienste ist daher der Aufbau und die Dimensionierung des Kabelnetzes dafür entscheidend, für wie viele L2-BSA Kunden dieses Sprachprodukt realisierbar ist.

Maßgebliche Faktoren sind:

- Bandbreite pro Upstream (in Abhängigkeit von Kanalbandbreite und Modulation)
- Teilnehmer bzw. Kabelmodems pro Upstream
- Anzahl parallele Gespräche je Teilnehmer
- Zur Verfügung stehende Gesamtbandbreite je Upstream für Sprachdienste
- Bandbreite je Sprachkanal (verwendeter Codec)
- Überbuchungsfaktor für Telefonie (Gleichzeitiges Gesprächsaufkommen)
- Anteil der L2-BSA (UGS-AD) Kunden an den Gesamtkunden

4.7.2 Authentifizierung von CMTS-Ressourcennutzung mittels PacketCable

PacketCable ist ein Standard für die Realisierung von Sprachdiensten über Kabelnetze und setzt auf dem DOCSIS Standard auf. Mit Hilfe von PacketCable kann die Nutzung der QoS Ressourcen auf dem CMTS authentisiert werden. Nur berechnigte Kabelmodems erhalten die Erlaubnis, dynamisch einen UGS Service-Flow aufzubauen. Für die Authentifizierung ist ein COPS Server zuständig. Bevor ein UGS aufgebaut werden kann, holt sich der COPS Server eine Gate-ID vom CMTS und sendet diese an den im Kabelmodem integrierten Telefonadapter (MTA). Beim Aufbau des UGS durch das Kabelmodem, sendet dieses die Gate-ID an das CMTS, welches nun eine Authentifizierung vornehmen kann.

Die Verwendung von PacketCable in einem L2-BSA Umfeld ist aus zweierlei Gründen nicht möglich.

1. Für den L2-BSA Sprachdienst wird ein UGS-AD Service-Flow genutzt. Dieser wird statisch während der Registrierung des Kabelmodems initialisiert. Für die Authentifizierung statischer Service-Flows ist PacketCable nicht geeignet.

2. Bei einem L2-BSA Sprachdienst befindet sich der Telefonadapter (MTA) auf dem CPE des L2-BSA Kunden. Erhält der Telefonadapter eine Gate-ID vom COPS Server, müsste er diese an das Kabelmodem weiterleiten können, da sie für den Aufbau des UGS Service-Flows benötigt wird. Eine derartige Kommunikationsmöglichkeit existiert jedoch nicht. Aus demselben Grund ist auch die Nutzung eines dynamischen UGS-Service-Flows nicht möglich.

4.7.3 Modellrechnungen für Sprachdienste

In Kapitel 4.7.1 werden die Faktoren beleuchtet, welche die Anzahl der möglichen gleichzeitigen Telefonate für L2-BSA Kunden bestimmen. Der Sprachdienst eines L2-BSA Produktes nutzt im Upstream UGS-AD Service-Flows, welche Bandbreite reservieren, auch wenn kein Telefongespräch geführt wird.

Diese Reservierung beeinflusst abhängig von verschiedenen anderen Netz- und Dienstparametern die Anzahl der L2-BSA Kunden, die einen Sprachdienst nutzen können. Sie hat auch Einfluss auf den Sprachdienst der eigenen Kunden des Kabelnetzbetreibers.

Eine richtige Netzdimensionierung ist Voraussetzung, damit sowohl der Sprachdienst für die eigenen Kunden des Kabelnetzbetreibers, als auch für die L2-BSA Kunden abgebildet werden kann.

Dieses Kapitel zeigt anhand von zwei Modellrechnungen, welche Faktoren die Anzahl der maximal möglichen Telefonate beeinflussen.

Modellrechnung 1:

Vorgaben	
Bandbreitenreservierung auf CMTS für Sprachdienste	50%
Bandbreite je Call (G.711)	100 kbps
Anzahl parallele Calls bei UGS:	2 Calls
Anzahl parallele Calls bei UGS-AD:	2 Calls
Überbuchung Telefonie:	10%
Modems/Rückweg:	400 Modems
Anteil UGS-AD-Kunden:	10%
Ergebnisse	
Callbedarf UGS:	72 Calls
Callbedarf UGS-AD:	8 Calls
realisierbare Calls UGS:	74 Calls
realisierbare Calls UGS-AD:	80 Calls

Tabelle 1: Übersicht Modellrechnung 1

Das erste Beispiel geht von einer gesamten Upstream-Bandbreite von 30,72 Mbps aus. Zwei Upstream-Kanäle versorgen insgesamt 400 Teilnehmer. Der Anteil an L2-BSA Kunden beträgt 10%. Somit setzt sich die Anzahl der Teilnehmer aus 360 Kunden des Kabelnetzbetreibers und 40 L2-BSA Kunden zusammen.²

Für Sprachdienste stehen insgesamt 50% der Upstream-Bandbreite zur Verfügung, das sind 15,36 Mbps.

Durch die Bandbreitenreservierung, die für die L2-BSA Kunden (UGS-AD) vorgenommen wird, reduziert sich die zur Verfügung stehende Bandbreite für die UGS Sprachkanäle der Kunden des Kabelnetzbetreibers auf 7,36 Mbps (15,36 Mbps – 8 Mbps). Aus der Tabelle ist zu entnehmen, dass die Anzahl der notwendigen gleichzeitigen Telefonate bei diesen Verhältnissen zu realisieren sind.

Bei einer Erhöhung der Anzahl der L2-BSA Kunden vergrößert sich auch die reservierte Bandbreite. Dies führt dazu, dass falls keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden, ab einer bestimmten Anzahl an L2-BSA Kunden, nicht genügend Bandbreite für die Kunden des Kabelnetzbetreibers zur Verfügung steht. Die Modellrechnung 2 verdeutlicht dies.

² Die vollständigen Tabellen mit weiteren Detailangaben sind im Anhang Kap.7.1 zu finden.

Modellrechnung 2:

Vorgaben	
Bandbreitenreservierung auf CMTS für Sprachdienste	50%
Bandbreite je Call (G.711)	100 kbps
Anzahl parallele Calls bei UGS:	2 Calls
Anzahl parallele Calls bei UGS-AD:	2 Calls
Überbuchung Telefonie:	10%
Modems/Rückweg:	400 Modems
Anteil UGS-AD-Kunden:	15%
Ergebnisse	
Callbedarf UGS:	68 Calls
Callbedarf UGS-AD:	12 Calls
realisierbare Calls UGS:	34 Calls
realisierbare Calls UGS-AD:	120 Calls

Tabelle 2: Übersicht Modellrechnung 2

Die Modellrechnung 2 geht von denselben Parametern, wie die Modellrechnung 1 aus, mit Ausnahme des Anteils an L2-BSA Kunden. Dieser ist hier 15%. Somit ergibt sich bei einer gesamten Teilnehmerzahl von 400, ein Anteil von 60 L2-BSA Kunden und 340 Kunden des Kabelnetzbetreibers. Durch die Bandbreitenreservierung von 12 Mbps, die nun für die L2-BSA Sprachdienste vorgenommen wird, reduziert sich die Bandbreite für den eigenen Sprachdienst des Kabelnetzbetreibers auf 3,36 Mbps. Wie die Tabelle zeigt, ist bei diesen Bandbreitenverhältnissen die maximal mögliche Anzahl von Telefonaten für die Kunden des Kabelnetzbetreibers nicht mehr ausreichend.

Um dem entgegenzuwirken, können verschiedene Maßnahmen getroffen werden, um die zur Verfügung stehende Bandbreite für Sprachdienste zu erhöhen.

Dazu zählen:

- Erhöhung der max. nutzbaren Bandbreite für Sprachdienste auf den Upstream-Kanälen (CMTS Konfiguration)
- Vergrößern der Anzahl von Upstream-Kanälen pro Upstream-Segment, wodurch insgesamt mehr Upstream Bandbreite zur Verfügung gestellt wird
- Nutzung eines komprimierenden Codecs

Abschließend lässt sich feststellen, dass aufgrund der Bandbreitenreservierung, die bei der Realisierung von L2-BSA Sprachdiensten (UGS-AD) vorgenommen wird, eine Analyse notwendig ist, wie viele L2-BSA Kunden auf ein bestehendes Netzsegment geschaltet werden können, ohne dass die eigenen Kunden dadurch beeinträchtigt werden. Sollte die Netzkapazität für die notwendige Kundenzahl nicht ausreichen, gibt es geeignete Maßnahmen, weitere Ressourcen bereitzustellen. Dies ist in der Regel mit Kosten verbunden.

5 Bewertungskriterien der Lösungsmöglichkeiten

In Kapitel 4.3 sind die Realisierungsmöglichkeiten für L2VPN zusammengefasst. Im Hinblick auf Spezifikation und Umsetzung soll nach Möglichkeit eine optimale Variante oder zumindest eine Auswahl einiger weniger, relevanter Varianten angestrebt werden. Zur Bewertung kommt eine Reihe von technischen, organisatorischen, wirtschaftlichen sowie funktionellen Kriterien in Betracht, die im Folgenden beschrieben werden.

5.1 Technische Kriterien

Plattformunabhängigkeit

Es ist der Grad der Plattformunabhängigkeit der Lösung zu bewerten (unter Berücksichtigung der zu realisierenden Dienste). Dabei ist vor allem auf Standardkonformität und Herstellerunabhängigkeit zu achten. Auch mögliche Standardanpassungen bzw. Erweiterungen sind hier zu berücksichtigen. Je weniger Einschränkungen es durch die unterschiedlichen Plattformen der Zugangsnetzbetreiber gibt, umso vorteilhafter ist die Lösung einzustufen.

Ressourcenbedarf

Es ist der Grad der Effektivität der Ressourcennutzung der Lösung zu bewerten (unter Berücksichtigung der zu realisierenden Dienste). Dies betrifft insbesondere die auf den Systemen des Zugangsnetzbetreibers zur Verfügung stehenden technischen Ressourcen (wie z.B. Prozessorlast, Bandbreitenreservierungen, Adressierungsbegrenzungen etc.).

Skalierbarkeit

Es ist die Skalierbarkeit der Lösung zu bewerten (unter Berücksichtigung der zu realisierenden Dienste). Die Lösung ist umso höher zu bewerten, je mehr Kunden im Verhältnis zu den üblicherweise durch den Zugangsnetzbetreiber erreichbaren Kunden (z.B. Kundenanzahl je CMTS) durch den Diensteanbieter versorgt werden können. Zum anderen ist in der Bewertung zu berücksichtigen, wie viele unterschiedliche Diensteanbieter durch einen Zugangsnetzbetreiber bedient werden können. Die Lösung ist umso höher zu bewerten, je mehr unterschiedliche Diensteanbieter durch einen Zugangsnetzbetreiber versorgt werden können.

Verfügbarkeit

Es ist die technische Verfügbarkeit der Lösung zu bewerten (unter Berücksichtigung der zu realisierenden Dienste). Die Lösung ist umso höher zu bewerten, je früher technische Produkte der Hersteller verfügbar sind.

Security

Es sind die mit der jeweiligen Lösung realisierbaren Security-Maßnahmen zu bewerten. Hierbei ist insbesondere auf folgende Punkte zu achten:

- Verschlüsselung der Daten (insbesondere auf DOCSIS-Layer)
- Autorisierungsmechanismen
- Möglichkeiten des Schutzes der Infrastrukturen des Serviceanbieters und des Zugangsnetzbetreibers (z.B. gegen „denial-of-service-attacks“, unberechtigte Nutzung von Systemressourcen etc.)
- Spoofing von IP- und MAC-Adressen

5.2 Organisatorische Kriterien

Abstimmungsaufwand

Es ist der Umfang und die Komplexität des Abstimmungsbedarfes zwischen dem Diensteanbieter und dem Zugangsnetzbetreiber zu bewerten (unter Berücksichtigung der zu realisierenden Dienste). Hierbei müssen sowohl die initiale Abstimmung (Implementierungsphase) als auch die kontinuierlichen Abstimmungen (laufender Betrieb) berücksichtigt werden. Die Lösung ist umso höher zu bewerten, je weniger Abstimmungsbedarf notwendig bzw. je einfacher die Abstimmung ist.

Verwaltungskomplexität

Es ist der Umfang und die Komplexität der Verwaltung der für diese Lösung notwendigen, zusätzlichen Daten sowohl für den Zugangsnetzbetreiber als auch für den Diensteanbieter zu bewerten (unter Berücksichtigung der zu realisierenden Dienste). Die Lösung ist hierbei umso höher zu bewerten, je weniger bzw. je einfacher die für diese Lösung notwendigen zusätzlichen Daten verwaltbar sind.

Realisierungszeitraum

Es ist der Zeitraum zu bewerten der notwendig ist, um die Lösung zu implementieren (sowohl beim Diensteanbieter als auch beim Zugangsnetzbetreiber), sofern eine technische Lösung verfügbar ist (unter Berücksichtigung der zu realisierenden Dienste). Die Lösung ist hierbei umso höher zu bewerten, je schneller eine Implementierung erfolgen kann.

5.3 Wirtschaftliche Kriterien

Implementierungsaufwand

Es ist der Implementierungsaufwand zu bewerten, der für diese Lösung sowohl beim Diensteanbieter als auch beim Zugangsnetzbetreiber notwendig ist (unter Berücksichtigung der zu realisierenden Dienste). Hierbei sind insbesondere folgende Punkte mit einzubeziehen

- Aufwände für Netzausrüstungen
- Aufwände für Daten- und Kundenverwaltungssysteme
- Aufwände für Schnittstellenimplementierungen
- Aufwände für Prozessanpassungen

Die Lösung ist umso höher zu bewerten, je geringer die Aufwände sind.

OPEX

Es sind die laufenden Kosten für diese Lösung zu bewerten, die zusätzlich durch diese Lösung entstehen (Diensteanbieter und Zugangsnetzbetreiber). Dies können u.a. Leitungskosten, Service- und Wartungskosten, Personalkosten etc. (unter Berücksichtigung der zu realisierenden Dienste).

CAPEX

Es sind die kontinuierlichen Investitionen für diese Lösung zu bewerten, die zusätzlich durch diese Lösung entstehen (Diensteanbieter und Zugangsnetzbetreiber). Dies können u.a. Hardware- und Softwarekosten für z.B. Netzkomponenten und Server o.ä. (unter Berücksichtigung der zu realisierenden Dienste).

5.4 Funktionelle Kriterien

Funktionalität „Internet Access“

Es ist der Grad der Abbildung des Dienstes "Internetaccess" für die Lösung zu bewerten. Hierbei sind insbesondere die Funktionalität und die QoS bei der Bewertung zu berücksichtigen.

Funktionalität „Sprache“

Es ist der Grad der Abbildung des Dienstes "Sprache" für die Lösung zu bewerten. Hierbei sind insbesondere die Funktionalität und die QoS bei der Bewertung zu berücksichtigen.

Funktionalität „IP Multicast“

Es ist der Grad der Abbildung des Dienstes "IP-Multicast" für die Lösung zu bewerten. Hierbei sind insbesondere die Funktionalität und die QoS bei der Bewertung zu berücksichtigen.

6 Fazit und Empfehlungen

6.1 Vorauswahl

In Kapitel 4.3 Abbildung 2 führt der Entscheidungsbaum zu insgesamt neun unterschiedlichen Realisierungsmöglichkeiten für ein L2-BSA Produkt in Kabelnetzen. Da nicht alle Lösungsmöglichkeiten für die Umsetzung eines L2-BSA Dienstes geeignet sind, wurde eine Vorauswahl getroffen, wodurch letztlich vier relevante Lösungsmöglichkeiten verbleiben. Dieses Kapitel nennt die Gründe, warum verschiedene Lösungsmöglichkeiten nicht näher betrachtet wurden und warum die vier Lösungen verbleiben.

Kriterien für die Vorauswahl

- Einhaltung der technischen Parameter für die UNI- und A10-NSP Schnittstellen, wie in der L2-BSA Technische Spezifikation für FTTB und DSL Netzwerke beschrieben.
- Einfachheit der technischen Umsetzung der Lösung
- Einhaltung genereller Standards für die Übertragung von IP Datenpaketen
- Verfügbarkeit der technischen Lösung, Realisierungszeitraum
- Wirtschaftlichkeit – Kosten für Kabelnetzbetreiber und Diensteanbieter werden auch betrachtet, sind aber nicht relevant für die Entscheidung, ob eine Lösung ausgeschlossen oder weiterhin betrachtet wird.

Die Lösungsmöglichkeiten auf der UNI Schnittstelle wiederholen sich teilweise für P2P und P2MP, sowie für 802.1q und MPLS Encapsulation. Für diese Fälle ist die jeweilige Lösung nur einmal bewertet.

P2P

Diese BSOD Implementierung lässt nur P2P Verbindungen zwischen den CPE und dem NSI des CMTS zu. Die Daten werden für jede CPE separat über das NSI in den Backbone des Kabelnetzbetreibers geleitet. Auf dem CMTS findet kein Switching statt. Daher ist die notwendige N:1 Service-VLAN-Architektur ohne einen externen Switch nicht abzubilden. Dieser Switch muss in den Backbone des Kabelnetzbetreibers integriert werden.

Durch den dadurch entstehenden erhöhten Aufwand und die zusätzlichen Kosten, birgt diese Lösung Nachteile. Da P2P im Gegensatz zu P2MP derzeit jedoch von allen CMTS Herstellern implementiert ist und heute verfügbar ist, wird diese Variante weiter betrachtet.

P2MP

In dieser Betriebsart findet Switching auf dem CMTS statt. Das CMTS besitzt eine Forwarding Database, welche die notwendigen Informationen für ein Switching der Daten zwischen dem NSI und der jeweiligen CPE bereitstellt. Die geforderte N:1 Service-VLAN-Architektur kann somit direkt auf dem CMTS abgebildet werden. Mit der P2MP-Variante lässt sich die notwendige Zielarchitektur ohne externen Switch aufbauen.

Ein weiterer Vorteil bei P2MP ist der geringere Bedarf an VLANs bzw. MPLS Pseudowire auf dem NSI. Während bei P2P für jede CPE mindestens ein VLAN oder Pseudowire auf dem NSI benötigt wird, ist bei P2MP aufgrund der im CMTS integrierten Switching-Funktion nur ein VLAN bzw. Pseudowire je Service und Diensteanbieter notwendig. Die Limitierung von maximal 4093 VLAN-ID bei der Verwendung von 802.1q Encapsulation ist mit P2MP kein begrenzender Faktor mehr, da in der Praxis weit weniger Services und Diensteanbieter pro CMTS realistisch sind.

P2MP bietet mehrere Vorteile, welche diese Variante als beste aller Lösungsmöglichkeiten hervorheben.

Da kein externer Switch benötigt wird, sinkt der Aufwand für die Realisierung. Dies wirkt sich wiederum positiv auf die entstehenden Kosten aus. Die technischen Limitierungen, welche bei der Verwendung von 802.1q Encapsulation existieren, haben keine praxisrelevante Bedeutung mehr.

Allerdings wird P2MP von den wenigsten CMTS Herstellern unterstützt, so dass diese Lösungsmöglichkeit derzeit keine Anwendung findet. Ob CMTS Hersteller zukünftig P2MP implementieren werden, ist nicht geklärt. Auch wenn P2MP derzeit nicht verfügbar ist, wird diese Lösung aufgrund der guten technischen Eignung für L2-BSA weiterhin betrachtet.

UNI Untagged

Bei dieser Lösung werden die Daten zwischen dem Kabelmodem und dem CPE der L2-BSA Kunden ohne 802.1q VLAN Tag übertragen. Dadurch ergeben sich mehrere technische Nachteile.

Bei der Realisierung von Diensten, bei denen das PPPoE Protokoll eingesetzt wird, kann das Kabelmodem keine unterschiedlichen QoS Klassen abbilden. Aufgrund der dem IP Paket vorangestellten PPPoE Kopffdaten ist das Kabelmodem nicht mehr in der Lage, die Datenpakete anhand von Parametern wie p-Bits oder Portnummern zu klassifizieren, da sich die Protokollfelder innerhalb des Paketes verschieben.

Bei der Verwendung von IPoE kann eine Klassifizierung in verschiedene QoS Klassen nur anhand von Parametern in den Kopffeldern der Datenpakete erfolgen. Jedes zu übertragende Protokoll muss dem Kabelnetzbetreiber bekannt sein. Um eine Klassifizierung vornehmen zu können, bedarf es eines sehr hohen Abstimmungsbedarfs zwischen dem Diensteanbieter und dem Kabelnetzbetreiber.

Ein weiterer Nachteil ist, dass 802.1q keine Verwendung findet. Die Leistungsbeschreibung eines Ebene 2-Zugangsproduktes für DSL und FTTB Netze sieht auf der U-Schnittstelle eine Datenübertragung sowohl mit 802.1q Vlan Tag, als auch ohne vor. Eine Übertragung nur mit IPoE entspricht nicht den dortigen Vorgaben.

Aufgrund der beschriebenen Einschränkungen wird diese Lösungsmöglichkeit nicht weiter betrachtet.

UNI tagged -> Dual (Double Tagging)

Die Verwendung von doppelten VLAN TAGs auf der UNI Schnittstelle ist eine Möglichkeit, mehr als 4093 L2-Verbindungen zwischen den Kabelmodems und dem NSI, bei

Verwendung von 802.1q Encapsulation, zu realisieren. Dadurch, dass die Datenpakete zwei VLAN TAGs enthalten, können pro CMTS wesentlich mehr L2-BSA Kunden aufgeschaltet werden. Diese Lösung hat jedoch gravierende Nachteile. Durch die zusätzlichen Kopfdaten für den zweiten 802.1q TAG vermindert sich die mögliche Gesamtgröße eines zu übertragenden IP-Datenpaketes auf unter 1500 Bytes. Da Endsysteme von einer möglichen IP-Paketlänge von 1500 Bytes ausgehen und Pakete dieser Länge auch gesendet werden, bedeutet dies, dass nicht mehr alle Pakete über das L2-BSA Netz transportiert werden können.

Da mit dieser Lösung der Ethernet-Standard in Bezug auf die maximale Länge eines IP Pakets nicht erfüllt wird, wird sie nicht weiter betrachtet.

UNI tagged -> Single

Einfache VLAN-TAGs auf der UNI Schnittstelle entsprechen den geforderten Eigenschaften für die Verbindung zwischen Kabelmodem und dem CPE. Unterschiedliche QoS Klassen können aufgrund der verschiedenen VLAN-TAGs gebildet werden. Diese Lösung wird weiter verfolgt.

802.1q Encapsulation

Eine Variante, Layer-2 Verbindungen mittels des BSOD Standards zu realisieren ist 802.1q Encapsulation. Hierbei werden die Datenpakete auf dem NSI des CMTS mit einem 802.1q VLAN-TAG versehen. Die Funktionsweise dieser Variante ist in Kapitel 4.5 beschrieben. Der größte Nachteil dieser Betriebsart ist die schlechte Skalierung. Bei Verwendung von 802.1q Encapsulation zusammen mit P2P können maximal nur 4093 unterschiedliche Datenverbindungen realisiert werden. Damit ist die maximale Anzahl von L2-BSA Kunden entsprechend begrenzt. Ein weiterer Nachteil ist, dass die 802.1q Pakete durch den Backbone des Kabelnetzbetreibers geleitet werden müssen, der in der Regel MPLS oder Routing unterstützt. Hier müssen also gesonderte Vorkehrungen getroffen werden, um die Layer-2 Datenpakete im Backbone zu übertragen. Trotz dieser Nachteile wird der Lösungsansatz mit 802.1q weiterhin betrachtet. Er ist der Einzige, der momentan von allen CMTS Herstellern unterstützt wird. MPLS Encapsulation, welche wesentlich besser skaliert und womit mehr Layer-2 Datenverbindungen pro CMTS realisiert werden können, wird nicht von allen CMTS Herstellern angeboten.

MPLS Encapsulation

Die Funktionsweise von MPLS Encapsulation ist im Kapitel 4.6 beschrieben. Die Anzahl der möglichen Layer-2 Datenverbindungen ist hier im Gegensatz zur 802.1q Encapsulation wesentlich größer. Derzeitige Herstellerimplementierungen können bis zu 16.000 Layer-2 Datenverbindungen je CMTS realisieren. Die wesentlichen Vorteile dieser Lösung sind die bessere Skalierbarkeit, sowie die Tatsache, dass die Layer-2 Datenpakete mittels MPLS in den Backbone übergeben werden. Nutzt ein Kabelnetzbetreiber bereits MPLS in seinem Backbone, so kann er die Layer-2 BSA Daten ohne weitere Anpassungen direkt transportieren. Allerdings ist der Einsatz der MPLS Encapsulation abhängig vom eingesetzten CMTS. Nicht jeder CMTS Hersteller unterstützt diese. Aufgrund der technischen Vorteile gegenüber 802.1q Encapsulation wird diese Lösungsvariante weiterhin betrachtet.

6.2 Bewertung der relevanten Lösungen

Die vier vorausgewählten relevanten Lösungen wurden entsprechend den Bewertungskriterien aus Kapitel 5 im Detail betrachtet, sowohl aus Sicht der Netzbetreiber als auch aus Sicht der Diensteanbieter. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse zusammengefasst. In vielen Fällen entsprechen sich die Bewertungen von Kabelnetzbetreibern und Diensteanbietern, daher sind in der Tabelle in den Spalten „Diensteanbieter“ nur dort explizit Angaben gemacht, wo sich die Anforderungen unterscheiden.

Die „Funktionellen Kriterien“ sind in Kapitel 5 aus Dienste-Sicht betrachtet. Die vielfältigen möglichen Dienste werden in der Praxis jedoch auf wenige, technisch eindeutig beschreibbare Dienstklassen abgebildet (vgl. [3], Kap. 3). Die dort vorgeschlagenen wichtigsten Klassen wurden für die Tabelle als funktionelle Kriterien übernommen, wobei aufgrund der grundsätzlichen technologischen Kabelnetz-Eigenschaften zusätzliche eine spezielle „Real-Time-Klasse (Voice)“ berücksichtigt ist. Dies ist insofern sinnvoll, als in der allgemeinen „Real-Time-Klasse“ potenziell auch Verbindungen sehr hoher Übertragungsrate eingeschlossen sind, während Sprachdienste absolut betrachtet relativ geringe Datenraten benötigen.

Kriterien	Bewertung							
	P2P/802.1q		P2P/MPLS		P2MP/802.1q		P2MP/MPLS	
	Dienste-anbieter	Zugangsnetz-betreiber	Dienste-anbieter	Zugangsnetz-betreiber	Dienste-anbieter	Zugangsnetz-betreiber	Dienste-anbieter	Zugangsnetz-betreiber
Technische Kriterien								
Plattformunabhängigkeit	~	++	~	+	~	-	~	--
Ressourcenbedarf	~	--	~	-	~	+	~	++
Skalierbarkeit	~	--	~	-	~	+	~	++
Verfügbarkeit	~	++	~	+	~	-	~	--
Security	~	-	~	-	~	-	~	-
Organisatorische Kriterien								
Abstimmungsaufwand	-	o	-	o	+	+	+	+
Verwaltungskomplexität	-	--	-	--	+	+	+	++
Realisierungszeitraum	-	--	-	--	+	+	+	++
Wirtschaftliche Kriterien								
Implementierungsaufwand	-	--	-	-	+	+	+	++
OPEX	-	--	-	-	+	+	+	++
CAPEX	-	--	-	-	+	+	+	++
Funktionelle Kriterien								
Real-Time-Klasse	~	--	~	--	~	--	~	--
Real-Time-Klasse (Voice)	~	o	~	o	~	o	~	o
Critical-Application-Klasse	~	-	~	-	~	-	~	-
Streaming-Klasse	~	--	~	--	~	--	~	--
Best-Effort-Klasse	~	++	~	++	~	++	~	++

Tabelle 3: Bewertungstabelle der vier vorausgewählten Lösungen

Die Bewertungen folgen einem relativ groben Raster (++ sehr gut; + gut; o neutral; - weniger geeignet; -- nicht geeignet; ~ keine Wertung), was aber für die Charakterisierung der Varianten ausreicht. Grundsätzliche Richtlinie der Bewertung ist die Eignung der Varianten, mit DOCSIS/BSOD im NGA-Kontext L2-BSA-Vorleistungen anzubieten, wie sie von Endkunden und Diensteanbietern gewünscht werden und z.B. mit FTTx-Technologien angeboten werden können.

Bei der Auswertung der Tabelle ist zu beachten, dass die einzelnen Kriterien unterschiedliche Gewichte haben können, sowohl untereinander als auch jeweils im spezifischen Kontext. So ist z.B. die Verfügbarkeit der Netztechnologie ein entscheidendes Kriterium für die zeitnahe Umsetzung von L2-BSA über Kabelnetze, während sich eine negative Bewertung im Rahmen einer strategischen Netzplanung unter der Annahme erheblich relativiert, dass neue Marktanforderungen zur Bereitstellung von neuen Leistungsmerkmalen motivieren.

Generell fällt auf, dass keine der Varianten alle Kriterien ohne wesentliche Einschränkungen erfüllt.

- **Dienstklassen**
DOCSIS/BSOD ist optimiert für Best-Effort-Dienste. Dienste mit hohen Bandbreiten-/Real-Time-Anforderungen können kaum effizient realisiert werden, da dies nur mit erheblicher Überdimensionierung des Netzes bzw. relativ wenigen Kundenanschlüssen pro Kabelsegment erreichbar ist.
Abhängig von der Methode, mit der Real-Time-Dienste umgesetzt werden (z.B. UGS-AD), muss zumindest ein Teil der notwendigen Ressourcen fest reserviert werden, unabhängig davon, ob der Service genutzt wird oder nicht. Die Überbuchungsmöglichkeiten werden damit stark eingeschränkt.
Die Streaming-Klasse-Dienste sind häufig sehr datenratenintensiv (z.B. bei HD-Video-Streams). Diese sind konstante und statistisch unabhängige Datenströme, so dass auch hier der Überbuchungsfaktor gering ist und das Gesamtbudget erheblich belastet.
- **Security**
Sicherheitsfunktionen basieren auf Implementierungen in der IP-Ebene. In DOCSIS und BSOD fehlen hier jedoch z.B. Autorisierungsmaßnahmen, so dass L2-BSA-Endkunden mit gewissem Aufwand u.U. Serviceflows nutzen können (z.B. der Real-Time-Klasse), die in diesem Zusammenhang nicht dafür vorgesehen sind. Die Infrastruktur des Zugangsnetzbetreibers ist hier relativ gefährdet, da diese i.d.R. für den Nutzer transparent ist. Die Infrastruktur des Serviceanbieters muss durch diesen selbst geschützt werden, unabhängig von der jeweiligen Lösung.

Die Verfügbarkeit der Technik in Abhängigkeit von der Leistungsfähigkeit wurde als Einschränkung bereits genannt.

- Heute sind die P2P-Varianten verfügbar und werden in existierenden Kabelnetzen eingesetzt. Alle Hersteller, die BSOD anbieten, unterstützen 802.1q-Encapsulation (BSOD-Standard „mandatory“), einige auch MPLS-Encapsulation (BSOD-Standard „optional“).
Im Hinblick auf L2-BSA-Anwendungen haben sie jedoch Nachteile in Bezug auf Skalierbarkeit (Anzahl der Nutzer pro CMTS) und Ressourcenbedarf (Bandbreitenreservierung, Ressourcenbedarf).
Auch sind hier die Aufwände für Verwaltung und Implementierung von L2-BSA-Kooperationen hoch, da eine CMTS- und User-bezogene VLAN-ID bzw. MPLS-PW-Verwaltung erforderlich ist.
- Im Gegensatz dazu sind die P2MP-Varianten gerade in diesen Bereichen gut bis sehr gut bewertet, sind aber im vollen Funktionsumfang derzeit nicht verfügbar. Die Standards umfassen alle hierfür erforderlichen Funktionen, allerdings sind im BSOD-Standard einige als optional gekennzeichnet und wurden

von den Herstellern bislang teilweise nicht implementiert. Es ist nicht geklärt, ob bzw. bis wann diese Funktionen vollständig verfügbar sein werden.

Insgesamt erfüllen die P2MP-Varianten die L2-BSA-Anforderungen weitgehend, wobei die Variante mit MPLS-Encapsulation in Bezug auf technische, organisatorische und wirtschaftliche Kriterien gegenüber der Variante mit 802.1q-Encapsulation weitere Vorteile verspricht. Die zeitliche Perspektive der Verfügbarkeit ist hier der kritische Punkt, Derzeit bietet kein Hersteller die Variante mit MPLS-Encapsulation an.

Im Anhang (Kapitel 7.2) sind die Bewertungen im Detail kommentiert.

6.3 Empfehlungen

6.3.1 Relevanz der vier L2-BSA-Varianten

Alle vier vorausgewählten Varianten haben auf Grund der Tatsache, dass sich zwar umfangreiche, aber im Hinblick auf die eingesetzte Technik bzw. Hersteller heterogene DOCSIS Netze im aktiven Betrieb befinden, ihre Berechtigung. Es fehlen jedoch noch geeignete Migrationskonzepte zur Umsetzung von L2 BSA über Kabelnetze, die einen verträglichen Übergang ermöglichen. In Tabelle 4 ist zusammengefasst, unter welchen Randbedingungen die jeweilige Variante nach derzeitigem Kenntnisstand vorteilhaft wäre.

Randbedingungen	Varianten			
	P2P/802.1q	P2P/MPLS	P2MP/802.1q	P2MP/MPLS
Zeitnahe Realisierung	o	+	--	--
Mittelfristige Realisierung	--	--	+	++

Tabelle 4: Relevanz der vier L2-BSA-Varianten: Randbedingungen

Die Tabelle gibt die Relevanz der jeweiligen Lösung unter Berücksichtigung des zeitlichen Rahmens wider, innerhalb dessen ein L2-BSA umzusetzen wäre.

Mit „zeitnahe Realisierung“ ist in diesem Zusammenhang die Einführung eines L2-BSA Produktes zu einem Zeitpunkt gemeint, an dem die technischen BSOD Standards von den Herstellern noch nicht vollumfänglich umgesetzt sind. Unter „Mittelfristige Realisierung“, ist ein Einführungszeitpunkt gemeint, zu dem alle in dem vorliegenden Grundsatzzkonzept beschriebenen Lösungsvarianten technisch realisierbar sind.

Grundsätzlich sind die mittelfristigen Realisierungsmöglichkeiten besser zu bewerten als die zeitnahen, da sie zum Einen keine Einschränkungen bei der Skalierung der L2-BSA Teilnehmer haben und zum Anderen kein externer Switch benötigt wird, der eine N:1 VLAN Aggregation ermöglicht.

Im Anhang (Kapitel 7.3) sind die Einstufungen der Tabelle im Detail kommentiert.

6.3.2 Standards

Der Vorteil aller vier Varianten ist, dass sie durch die aktuell formulierten Standards optional, d.h. wenn BSOD-fähige Technik eingesetzt wird, möglich sind. Das mögliche

volle Leistungspotenzial ist jedoch nur dann zu erreichen, wenn die optionalen BSOD-Anforderungen vollständig implementiert sind. Dies wäre am Ehesten erreichbar, wenn die bisher als „optional“ gekennzeichneten Leistungsmerkmale mit Unterstützung der Hersteller auf „verpflichtend/mandatory“ gesetzt würden.

Auch unter diesen Voraussetzungen bleiben die grundsätzlichen Einschränkungen bezüglich Real-Time- und Multicast-Diensten sowie Security-Funktionen bestehen. Die derzeit geplanten Erweiterungen in DOCSIS 3.1 betreffen überwiegen die physikalische Ebene, BSoD-Funktionalitäten, die für L2-BSA erforderlich sind, lassen sich dadurch nicht ersetzen. Es wäre daher zu prüfen, ob im Rahmen der Standardisierung weiterer DOCSIS-/BSOD-Versionen L2-BSA-spezifische Erweiterungen akzeptabel wären und eingebracht werden können.

Referenzen

- [1] BNetzA: NGA-Forum Grundsatzdokument – Technische und operationelle Aspekte des Zugangs zu Glasfasernetzen und anderen NGA-Netzen, Bundesnetzagentur, Bonn, Mai 2011
(http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/12teSitzung/NGAForum20110506_AG_InteropGrundsatzdokument.pdf)

- [2] BNetzA: NGA-Forum - Leistungsbeschreibung eines Ebene 2-Zugangsprodukts - L2-BSA II - Technische Spezifikation, V2.0, Bonn, Juni 2012
(http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/Dokumente/L2_BSA_II_TechSpezifikation_V20_120615.pdf)

- [3] BNetzA: NGA-Forum - Leistungsbeschreibung eines Ebene 2-Zugangsprodukts - L2-BSA V - Mustervereinbarungen, V1.0, Bonn, September 2012
(http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/Dokumente/L2_BSA_V_Mustervereinbarung_V10.pdf)

Verzeichnis der Abkürzungen und Kurzschreibweisen

BSA	Bitstream Access
BSOD	Business Services over DOCSIS
CBR	Constant Bit Rate
CM	Cable Modem
CMTS	Cable Modem Termination System
COAX	Koaxial-Breitbandkabel
COPS	Common Open Policy Service (Protocol)
CPE	Customer Premises Equipment
CuDa	Kupferdoppelader
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
DSID	Downstream Service ID
DVB-C	Digital Video Broadcast - Cable
EoMPLS	EoMPLS over MPLS
ETH	Ethernet
FTTB	Fiber to the Building
FTTC	Fiber to the Curb
FTTH	Fiber to the Home
HD	High Definition
HFC	Hybrid Fiber Coax
HVt	Hauptverteiler
HÜP	Hausübergabepunkt
ID	Identifier
IP	Internet Protocol
IPoE	IP over Ethernet

IPTV	IP-Television
ISP	Internet Service Provider
KVz	Kabelverzweiger
L2	Layer 2
MAC	Media Access Control
MCAST	Multicast
MDSID	Multicast Downstream Service ID
MPLS	Multiprotocol Label Switching
MTA	Multimedia Terminal Adapter
NE x	Netzebene x
NGA	Next Generation Access
NSI	Network Side Interface
P2MP	Point-to-Multipoint
P2P	Point-to-Point
PPPoE	Point-to-Point Protocol over Ethernet
PoP	Point of Presence
PAL	Phase Alternating Line
PE	Provider Edge
PW	Pseudowire
PPPoE	Point-to-Point Protocol over Ethernet
RFoG	Radio Frequency over Glass
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	Quality of Service
TCP	Transport Control Protocol
	UDP User Datagram Protocol
TDMA	Time Division Multiple Access

TLS	Transparent LAN Service
UGS	Unsolicited Grant Service-Flow
UGS-AD	Unsolicited Grant Services with Activity Detection
UNI	User Network Interface
ÜP	Übergabepunkt
VLAN	Virtual Local Area Network
VoD	Video on Demand
VPN	Virtual Private Network
WE	Wohneinheit

7 Anhang

7.1 Modellrechnungen zu Voice-Services

Details der Modellrechnung 1

Bandbreitenreservierung auf CMTS für Sprachdienste	50%	Standardwert bei CMTS (kann auch verändert werden)
Bandbreite je Call (G.711)	100 kBps	Wegen des Overheads werden für die IP-Übertragung von G.711-Sprachkanälen Datenübertragungsraten von 80 kbit/s bis 128 kbit/s benötigt
Anzahl parallele Calls bei UGS:	2 Calls	
Anzahl parallele Calls bei UGS-AD:	2 Calls	
Überbuchung Telefonie:	10%	ca. 1:10
Modems/Rückweg:	400 Modems	
Anteil UGS-AD-Kunden:	10%	
US-Channel-Breite:	3,20 MHz	
Modulation:	16QAM	US-Channel 1
verfügbare Bandbreite:	10,24 Mbps	
US-Channel-Breite:	6,40 MHz	
Modulation:	16QAM	US-Channel 2
verfügbare Bandbreite:	20,48 Mbps	
US-Channel-Breite:	-	
Modulation:	-	US-Channel 3
verfügbare Bandbreite:	0,00 Mbps	
US-Channel-Breite:	-	
Modulation:	-	US-Channel 4
verfügbare Bandbreite:	0,00 Mbps	
UGS-Modems/Rückweg:	360 Modems	
UGS-AD-Modems/Rückweg:	40 Modems	
reservierte Bandbreite auf CMTS für Sprachdienst:	15,36 Mbps	
verfügbare Bandbreite UGS:	7,36 Mbps	
reservierte Bandbreite UGS-AD:	8,00 Mbps	
Callbedarf UGS:	72 Calls	
Callbedarf UGS-AD:	8 Calls	
realisierbare Calls UGS:	74 Calls	
realisierbare Calls UGS-AD:	80 Calls	

Tabelle 5: Detailtabelle Modellrechnung 1

Details der Modellrechnung 2

Bandbreitenreservierung auf CMTS für Sprachdienste	50%	Standardwert bei CMTS (kann auch verändert werden)
Bandbreite je Call (G.711)	100 kbps	Wegen des Overheads werden für die IP-Übertragung von G.711-Sprachkanälen Datenübertragungsraten von 80 kbit/s bis 128 kbit/s benötigt
Anzahl parallele Calls bei UGS:	2 Calls	
Anzahl parallele Calls bei UGS-AD:	2 Calls	
Überbuchung Telefonie:	10%	ca. 1:10
Modems/Rückweg:	400 Modems	
Anteil UGS-AD-Kunden:	15%	
US-Channel-Breite:	3,20 MHz	
Modulation:	16QAM	US-Channel 1
verfügbare Bandbreite:	10,24 Mbps	
US-Channel-Breite:	6,40 MHz	
Modulation:	16QAM	US-Channel 2
verfügbare Bandbreite:	20,48 Mbps	
US-Channel-Breite:	-	
Modulation:	-	US-Channel 3
verfügbare Bandbreite:	0,00 Mbps	
US-Channel-Breite:	-	
Modulation:	-	US-Channel 4
verfügbare Bandbreite:	0,00 Mbps	
UGS-Modems/Rückweg:	360 Modems	
UGS-AD-Modems/Rückweg:	60 Modems	
reservierte Bandbreite auf CMTS für Sprachdienst:	15,36 Mbps	
verfügbare Bandbreite UGS:	3,36 Mbps	
reservierte Bandbreite UGS-AD:	12,00 Mbps	
Callbedarf UGS:	68 Calls	
Callbedarf UGS-AD:	12 Calls	
realisierbare Calls UGS:	34 Calls	
realisierbare Calls UGS-AD:	120 Calls	

Tabelle 6: Detailtabelle Modellrechnung 2

7.2 Kommentare zur Bewertung der relevanten Lösungen

Die Tabelle 3 enthält Bewertungen aus Sicht sowohl der Diensteanbieter als auch der Netzbetreiber.

Aus Sicht der Diensteanbieter sind nur organisatorische und wirtschaftliche Kriterien in Bezug auf die Netzkopplung relevant und bewertet, da Diensteanbieter auf die Technik zwischen den Übergabeschnittstellen keinen Einfluss haben. Hier muss nur zwischen P2P- (1:1-Kopplung) und P2MP-Varianten (1:N-Kopplung) unterschieden werden.

Eine einzelne P2P-Kopplung ist für maximal 4.096 Kunden geeignet. Weiterhin muss jeder Kunde einzeln provisioniert werden, was prinzipiell einen hohen Aufwand bedeutet. P2P-Lösungen sind daher mit „-“ bewertet,

Eine P2MP-Kopplung kann weitaus mehr Kunden aufnehmen (unter Berücksichtigung der vereinbarten maximalen Bandbreiten) und muss zu Beginn nur einmalig konfiguriert werden, weshalb P2MP-Lösungen entsprechend günstiger mit „+“ bewertet sind.

Im Folgenden sind die Bewertungen aus Sicht der Netzbetreiber im Detail kommentiert.

7.2.1 P2P/802.1q

7.2.1.1 Technische Kriterien

Plattformunabhängigkeit

Bewertung: ++

Kommentar:

Alle Hersteller, die BSoD implementiert haben, unterstützen die P2P/802.1q-Lösung. IEEE 802.1q-Encapsulation => "MUSS".

Insofern ist hier die größte Unabhängigkeit gegeben.

Ressourcenbedarf

Bewertung: - -

Kommentar:

Das P2P-Konzept ist vom Ansatz her sehr ressourcenintensiv.

Neben Ressourcen, die für Bandbreitenreservierungen statisch blockiert werden, werden vor allem die VLAN-ID's als Ressource mit relativ geringer Reserve stark beansprucht.

Skalierbarkeit

Bewertung: - -

Kommentar:

Diese Lösung skaliert am schlechtesten. Der begrenzte Wertevorrat schränkt die Anzahl der versorgbaren Nutzer pro CMTS sehr stark ein. Je nach Detailkonzept und Produktanforderungen sind jedoch höchstens 4000 Kunden je CMTS versorgbar.

Verfügbarkeit

Bewertung: ++

Kommentar:

Diese Lösung ist sofort am Markt verfügbar und wird auch von allen Herstellern, die BSoD unterstützen, angeboten.

Security

Bewertung: -

Kommentar:

Durch fehlende Autorisierungsmaßnahmen auf IP-Ebene (z.B. PC, PCMM ==> Full-dQos), ist es dem Nutzer u.U. möglich, Serviceflows zu nutzen (Real-Time-Klasse), die in diesem Zusammenhang nicht dafür gedacht waren.

Der Zugangsnetzbetreiber hat hier nur sehr eingeschränkte Möglichkeiten, dies zu kontrollieren. Die Infrastruktur des Zugangsnetzbetreibers ist hier relativ ungefährdet, da die i.d.R. für den Nutzer transparent ist. Die Infrastruktur des Serviceanbieters muss durch diesen selbst geschützt werden. Dieser Schutz ist unabhängig von der jeweiligen Lösung. Die Kommunikation der Kunden untereinander kann auf Netzwerkebene unterbunden werden - wird aber i.d.R. durch PPPoE zusätzlich reglementiert.

7.2.1.2 Organisatorische Kriterien

Abstimmungsaufwand

Bewertung: o

Kommentar:

Da der P2P-Ansatz nur mit "zusätzlichen Strukturen" (externe Bridge, VLAN-ID-Mapping etc.) den Schnittstellenanforderungen, die durch UNI und A10-NSP vorgegeben sind, angepasst werden kann, ist davon auszugehen, dass hier mehr Fragen zwischen Zugangsnetzbetreiber und Diensteanbieter zu klären sind, als bei den P2MP-Varianten. Da die Gesamtmenge und -komplexität schwer abzuschätzen ist, wird hier die Bewertung "neutral" gewählt.

Verwaltungskomplexität

Bewertung: - -

Kommentar:

Die P2P-Varianten erfordern einen sehr hohen zusätzlichen Verwaltungsaufwand beim Zugangsnetzbetreiber. Es muss eine CMTS- und User-bezogene VLAN-ID- bzw. MPLS-Pseudowire-Verwaltung implementiert werden. Diese Verwaltung ist sehr komplex und erfordert Schnittstellen zu den Kundenverwaltungs- und Provisionierungssystemen. Da üblicher Weise der Transport im Backbone des Zugangsnetzbetreibers dann per MPLS abläuft, muss bei der 802.1q-Variante noch zusätzlich das Mapping auf MPLS verwaltungstechnisch realisiert werden, so dass die Komplexität bei der 802.1q-Variante noch höher einzustufen ist als die MPLS-Variante.

Realisierungszeitraum

Bewertung: - -

Kommentar:

Weist den längsten Realisierungsaufwand aller Varianten auf. Dies ist durch folgendes bedingt:

- sehr komplexer Verwaltungsaufwand, der implementiert werden muss
- Umbau des Netzes => zusätzliche Komponenten für:
 - o Bridging-Funktionen
 - o Umsetzung auf MPLS für Backbonetransport

7.2.1.3 Wirtschaftliche Kriterien

Implementierungsaufwand

Bewertung: - -

Kommentar:

Weist den höchsten Implementierungsaufwand aller Varianten auf.

Dies ist durch folgendes bedingt:

- sehr komplexer Verwaltungsaufwand, der implementiert werden muss (Konzepterarbeitung und -umsetzung erfordert hohen Man-Power-Aufwand)
- Umbau des Netzes erfordert ebenfalls sehr hohen Arbeitsaufwand=> zusätzliche Komponenten für:
 - o Bridging-Funktionen
 - o Umsetzung auf MPLS für Backbonetransport

OPEX

Bewertung: - -

Kommentar:

Höchster OPEX-Aufwand aller Varianten. Insbesondere bedingt durch:

- erhöhte Wartungs- und Servicekosten für Netzwerkkomponenten (Bridge, PE-Router, DB- und Application-Server für VLAN-Verwaltung, erhöhter Personalaufwand für Betrieb der zusätzlichen Komponenten etc.)
- Die sehr schlechte Skalierbarkeit erfordert rel. viel zusätzliche CMTS (Servicekosten).
- Der höhere Bedarf an Hardware erfordert zwangsweise auch höhere Mietkosten (Stellfläche) sowie Stromkosten (incl. Klimatisierung).

CAPEX

Bewertung: - -

Kommentar:

Höchster CAPEX Bedarf aller Varianten.

- zus. Hard- Und Software für die zusätzlichen Verwaltungsfunktionen
- zus. Hard- und Software für die Bridge-Funktionen
- zus. Hard- und Software für die PE-Router (MPLS)
- zus. Hard- und Software wegen der extrem schlechten Scalierbarkeit

7.2.1.4 Funktionelle Kriterien

Real-Time-Klasse

Bewertung: - -

Kommentar:

Zur Realisierung von Real-Time-Applikationen müssen die erforderlichen Bandbreiten statisch auf dem CMTS reserviert werden, da dynamische Reservierungsmechanismen (Full-dqos bei UGS) in Zusammenhang mit L2-BSA nicht greifen.

Werden diese Ressourcen nicht genutzt, können sie zwar für Best-Effort-Applikationen verwendet werden, stehen aber für andere Real-Time-Anforderungen nicht mehr zur Verfügung. Bei Real-Time-Applikationen, die einen höheren Bandbreitenbedarf benötigen, sind insbesondere die Upstream-Kapazitäten durch sehr wenige Kunden vergeben, unabhängig davon, ob diese reservierten Bandbreiten auch benutzt werden.

Real-Time-Klasse (Voice)

Bewertung: o

Kommentar:

Für diesen konkreten Einsatzfall der Real-Time-Klasse gilt prinzipiell das bereits Gesagte. Auch hier müssen die erforderlichen Bandbreiten statisch für jeden Kunden auf dem CMTS reserviert werden, da dynamische Reservierungsmechanismen in Zusammenhang mit L2-BSA nicht greifen. Durch die relativ geringen benötigten Bandbreiten

lassen sich jedoch je nach konkreten technischen Parametern des Übertragungsnetzes (siehe 7.1 Modellrechnungen zu Voice-Services) realistische Kundenzahlen abbilden. Zum Einsatz würde hier UGS-AD kommen, der die reservierten Bandbreiten erst bei Aktivitätserkennung voll ausnutzt, so dass bei Nichtnutzung die reservierten Kapazitäten zumindest für Best-Effort-Anwendungen zur Verfügung stehen. Andere Real-Time-Applikationen, wie z.B. eigene Telefoniedienste des Netzbetreibers, können diese Ressourcen jedoch nach wie vor nicht nutzen.

Critical-Application-Klasse

Bewertung: -

Kommentar:

Die Umsetzung einer garantierten Mindestbandbreite lässt sich vergleichbar dem Best-Effort-Service realisieren. Problematisch wird in diesem Zusammenhang die absolute Höhe der garantierten Bandbreite, da Cable-Access als Shared-Medium fungiert und sich alle Nutzer die entsprechende Bandbreite teilen müssen. Konfiguriert man eine garantierte Bandbreite und sind die Ressourcen vergeben, kommen weitere Modems nicht mehr Online (keine Überbuchung möglich). Das Problem ist mehr oder weniger relevant, je nachdem wie groß die garantierte Bandbreite ist.

Streaming-Klasse

Bewertung: - -

Kommentar:

Streaming insbesondere Multicast ist praktisch in Kombination mit L2VPN nicht umsetzbar, da die Multicastmechanismen durch den L2-Tunnel nicht zum Tragen kommen und letztendlich als Unicast umgesetzt wird.

Da auch hier die dqos-Mechanismen ähnlich wie bei Voice-Anwendungen nicht greifen und zusätzlich sehr hohe Bandbreiten benötigt werden, wären praktisch die zur Verfügung stehenden Ressourcen sehr schnell blockiert auch wenn der Service nicht benötigt wird.

Best-Effort-Klasse

Bewertung: ++

Kommentar:

Best-Effort lässt sich mit vergleichbaren Randbedingungen wie beim "Standard-DOCSIS-Zugang" umsetzen.

7.2.2 P2P/MPLS

7.2.2.1 Technische Kriterien

Plattformunabhängigkeit

Bewertung: +

Kommentar:

Nur ein Teil der Hersteller, die BSoD implementiert haben, unterstützen auch MPLS.

RFC 4448-MPLS-Encapsulation => "OPTIONAL"

Damit ist für dieses Feature eine geringere Unabhängigkeit gegeben.

Ressourcenbedarf

Bewertung: -

Kommentar:

Das P2P-Konzept ist vom Ansatz her sehr ressourcenintensiv.

Neben Ressourcen, die für Bandbreitenreservierungen statisch blockiert werden, werden vor allem die MPLS-Pseudowire-ID's als Ressource stark beansprucht. Der Ressourcenanspruch ist hier genauso groß, wie bei der 802.1q-Lösung, da aber die verfügbaren MPLS-Pseudowire-ID's einen deutlich höheren Wertevorrat haben, ist hier der Impact nicht so groß wie bei der 802.1q-Lösung.

Skalierbarkeit

Bewertung: -

Kommentar:

Diese Lösung skaliert besser als die P2P/802.1q-Lösung. Aber auch hier können nicht zwingend alle Kunden auf einem CMTS auch versorgt werden.

Verfügbarkeit

Bewertung: +

Kommentar:

Diese Lösung ist sofort am Markt verfügbar, wird aber nicht von allen Herstellern, die BSoD unterstützen, angeboten.

Security

Bewertung: -

Kommentar:

Durch fehlende Autorisierungsmaßnahmen auf IP-Ebene

(z.B. PC, PCMM ==> Full-dQos), ist es dem Nutzer u.U. möglich, Serviceflows zu nutzen (Real-Time-Klasse), die in diesem Zusammenhang nicht dafür gedacht waren.

Der Zugangsnetzbetreiber hat hier nur sehr eingeschränkte Möglichkeiten, dies zu kontrollieren. Die Infrastruktur des Zugangsnetzbetreibers ist hier relativ ungefährdet, da die i.d.R. für den Nutzer transparent ist. Die Infrastruktur des Serviceanbieters muss durch diesen selbst geschützt werden. Dieser Schutz ist unabhängig von der jeweiligen Lösung. Die Kommunikation der Kunden untereinander kann auf Netzwerkebene unterbunden werden - wird aber i.d.R. durch PPPoE zusätzlich reglementiert.

7.2.2.2 Organisatorische Kriterien

Abstimmungsaufwand

Bewertung: o

Kommentar:

Da der P2P-Ansatz nur mit "zusätzlichen Strukturen" (externe. Bridge, VLAN-ID-Mapping etc.) den Schnittstellenanforderungen, die durch UNI und A10-NSP vorgegeben sind, angepasst werden kann, ist davon auszugehen, dass hier mehr Fragen zwischen Zugangsnetzbetreiber und Diensteanbieter zu klären sind, als bei den P2MP-Varianten. Da die Gesamtmenge und -komplexität schwer abzuschätzen ist, wird hier die Bewertung "neutral" gewählt.

Verwaltungskomplexität

Bewertung: -

Kommentar:

Die P2P-Varianten erfordern einen sehr hohen zusätzlichen Verwaltungsaufwand beim Zugangsnetzbetreiber. Es muss eine CMTS- und User-bezogene VLAN-ID- bzw. MPLS-Pseudowire-Verwaltung implementiert werden. Diese Verwaltung ist sehr komplex und erfordert Schnittstellen zu den Kundenverwaltungs- und Provisionierungssystemen. Da üblicher Weise der Transport im Backbone des Zugangsnetzbetreibers dann per MPLS abläuft, muss bei der 802.1q-Variante noch zusätzlich das Mapping auf MPLS verwaltungstechnisch realisiert werden, so dass die Komplexität bei der MPLS-Variante niedriger einzustufen ist als die 802.1q-Variante.

Realisierungszeitraum

Bewertung: -

Kommentar:

Weist sehr hohen Realisierungsaufwand auf. Dies ist durch folgendes bedingt: sehr komplexer Verwaltungsaufwand, der implementiert werden muss
Umbau des Netzes => zusätzliche Komponenten für:
Bridging-Funktionen

7.2.2.3 Wirtschaftliche Kriterien

Implementierungsaufwand

Bewertung: -

Kommentar:

Der Implementierungsaufwand ist geringer als bei P2P/802.1q, Aber die Umsetzung auf MPLS entfällt, so dass folgende Punkte übrig bleiben:

Dies ist durch folgendes bedingt:

- sehr komplexer Verwaltungsaufwand, der implementiert werden muss (Konzepterarbeitung und -umsetzung erfordert hohen Man-Power-Aufwand)
- Umbau des Netzes erfordert ebenfalls sehr hohen Arbeitsaufwand=> zusätzliche Komponenten für:
 - o Bridging-Funktionen

OPEX

Bewertung: -

Kommentar:

Sehr hoher OPEX-Aufwand. Lediglich die MPLS-Funktionen sind schon im CMTS integriert. Je nach Plattform des Kabelnetzbetreibers, macht sich das aber nicht unbedingt in den Kosten bemerkbar.

Insbesondere treten Kosten für Folgendes auf:

- erhöhte Wartungs- und Servicekosten für Netzwerkkomponenten (Bridge, DB- und Application-Server für VLAN-Verwaltung, erhöhter Personalaufwand für Betrieb der zusätzlichen Komponenten etc.)
- Bedingt durch die relativ schlechte Skalierbarkeit, ist der Bedarf an zusätzlichen CMTS rel. hoch (Servicekosten).
- Der höhere Bedarf an Hardware erfordert zwangsweise auch höhere Mietkosten (Stellfläche) sowie Stromkosten (incl. Klimatisierung).

CAPEX

Bewertung: -

Kommentar:

Hoher CAPEX Bedarf.

- zus. Hard- Und Software für die zusätzlichen Verwaltungsfunktionen
- zus. Hard- und Software für die Bridge-Funktionen
- zus. Hard- und Software wegen der schlechten Skalierbarkeit

7.2.2.4 Funktionelle Kriterien

Real-Time-Klasse

Bewertung: - -

Kommentar:

Zur Realisierung von Real-Time-Applikationen müssen die erforderlichen Bandbreiten statisch auf dem CMTS reserviert werden, da dynamische Reservierungsmechanismen (Full-dqos bei UGS) in Zusammenhang mit L2-BSA nicht greifen.

Werden diese Ressourcen nicht genutzt, können sie zwar für Best-Effort-Applikationen verwendet werden, stehen aber für andere Real-Time-Anforderungen nicht mehr zur Verfügung. Bei Real-Time-Applikationen, die einen höheren Bandbreitenbedarf benötigen, sind insbesondere die Upstream-Kapazitäten durch sehr wenige Kunden vergeben, unabhängig davon, ob diese reservierten Bandbreiten auch benutzt werden.

Real-Time-Klasse (Voice)

Bewertung: o

Kommentar:

Für diesen konkreten Einsatzfall der Real-Time-Klasse gilt prinzipiell das bereits Gesagte. Auch hier müssen die erforderlichen Bandbreiten statisch für jeden Kunden auf dem CMTS reserviert werden, da dynamische Reservierungsmechanismen in Zusammenhang mit L2-BSA nicht greifen. Durch die relativ geringen benötigten Bandbreiten lassen sich jedoch je nach konkreten technischen Parametern des Übertragungsnetzes (siehe 7.1 Modellrechnungen zu Voice-Services) realistische Kundenzahlen abbilden. Zum Einsatz würde hier UGS-AD kommen, der die reservierten Bandbreiten erst bei Aktivitätserkennung voll ausnutzt, so dass bei Nichtnutzung die reservierten Kapazitäten zumindest für Best-Effort-Anwendungen zur Verfügung stehen. Andere Real-Time-Applikationen, wie z.B. eigene Telefoniedienste des Netzbetreibers, können diese Ressourcen jedoch nach wie vor nicht nutzen.

Critical-Application-Klasse

Bewertung: -

Kommentar:

Die Umsetzung einer garantierten Mindestbandbreite lässt sich vergleichbar dem Best-Effort-Service realisieren. Problematisch wird in diesem Zusammenhang die absolute Höhe der garantierten Bandbreite, da Cable-Access als Shared-Medium fungiert und sich alle Nutzer die entsprechende Bandbreite teilen müssen. Konfiguriert man eine garantierte Bandbreite und sind die Ressourcen vergeben, kommen weitere Modems nicht mehr Online (keine Überbuchung möglich). Das Problem ist mehr oder weniger relevant, je nachdem wie groß die garantierte Bandbreite ist.

Streaming-Klasse

Bewertung: - -

Kommentar:

Streaming insbesondere Multicast ist praktisch in Kombination mit L2VPN nicht umsetzbar, da die Multicastmechanismen durch den L2-Tunnel nicht zum Tragen kommen und letztendlich als Unicast umgesetzt wird.

Da auch hier die dqos-Mechanismen ähnlich wie bei Voice-Anwendungen nicht greifen und zusätzlich sehr hohe Bandbreiten benötigt werden, wären praktisch die zur Verfügung stehenden Ressourcen sehr schnell blockiert auch wenn der Service nicht benötigt wird.

Best-Effort-Klasse

Bewertung: ++

Kommentar:

Best-Effort lässt sich mit vergleichbaren Randbedingungen wie beim "Standard-DOCSIS-Zugang" umsetzen.

7.2.3 P2MP/802.1q

7.2.3.1 Technische Kriterien

Plattformunabhängigkeit

Bewertung: -

Kommentar:

P2MP wird derzeit nur von einem kleinen Hersteller unterstützt. Wenn dieses Feature zukünftig auch auf anderen Plattformen verfügbar sein wird, ist zu erwarten, dass mehr Hersteller 802.1q unterstützen werden als MPLS

IEEE 802.1Q-Encapsulation => "MUSS"

Ressourcenbedarf

Bewertung: +

Kommentar:

Beim Thema "statische Bandbreitenreservierungen" unterscheidet sich diese Lösung nicht von der P2P-Lösungen. Die Ressource VLAN-ID'S wird jedoch deutlich geringer beansprucht.

Skalierbarkeit

Bewertung: +

Kommentar:

Die Skalierung dieser Lösung ist im Vergleich zu den P2P-Lösungen gut, da die Ressource VLAN-ID's ausreichend ist, um alle Kunden zu adressieren.

Verfügbarkeit

Bewertung: -

Kommentar:

Diese Lösung ist derzeit nur von einem kleineren Hersteller am Markt verfügbar. Testergebnisse oder Erfahrungswerte liegen nicht vor.

Security

Bewertung: -

Kommentar:

Durch fehlende Autorisierungsmaßnahmen auf IP-Ebene

(z.B. PC, PCMM ==> Full-dQos), ist es dem Nutzer u.U. möglich, Serviceflows zu nutzen (Real-Time-Klasse), die in diesem Zusammenhang nicht dafür gedacht waren.

Der Zugangsnetzbetreiber hat hier nur sehr eingeschränkte Möglichkeiten, dies zu kontrollieren. Die Infrastruktur des Zugangsnetzbetreibers ist hier relativ ungefährdet, da die i.d.R. für den Nutzer transparent ist. Die Infrastruktur des Serviceanbieters muss durch diesen selbst geschützt werden. Dieser Schutz ist unabhängig von der jeweiligen Lösung. Die Kommunikation der Kunden untereinander kann auf Netzwerkebene unterbunden werden - wird aber i.d.R. durch PPPoE zusätzlich reglementiert.

7.2.3.2 Organisatorische Kriterien

Abstimmungsaufwand

Bewertung: +

Kommentar:

Der P2MP-Ansatz ist per "Definition" näher an den durch UNI und A10-NSP definierten Schnittstellenanforderungen dran. Es sind hier zur Realisierung weniger "Klimmzüge" zu machen, so dass davon ausgegangen werden kann, dass auch weniger Fragen zwischen Diensteanbieter und Zugangsnetzbetreiber als bei den P2P-Varianten zu klären sind.

Verwaltungskomplexität

Bewertung: +

Kommentar:

Bei den P2MP-Varianten ist der zusätzliche Verwaltungsaufwand relativ gering gegenüber den P2P-Varianten.

Da üblicher Weise der Transport im Backbone des Zugangsnetzbetreibers dann per MPLS abläuft, muss bei der 802.1q-Variante noch zusätzlich das Mapping auf MPLS verwaltungstechnisch realisiert werden, so dass die Komplexität bei der 802.1q-Variante höher einzustufen ist als die MPLS-Variante.

Realisierungszeitraum

Bewertung: +

Kommentar:

Weist vertretbaren Realisierungsaufwand auf. Dies ist durch folgendes bedingt:

- Umbau des Netzes => zusätzliche Komponenten für:
 - o Umsetzung auf MPLS für Backbonetransport

7.2.3.3 Wirtschaftliche Kriterien

Implementierungsaufwand

Bewertung: +

Kommentar:

Der Implementierungsaufwand ist geringer als bei den P2P-Varianten. Die komplexen Verwaltungsfunktionen, die implementiert werden müssen entfallen bei dieser Variante und auch eine externe Briggfunktion muss nicht implementiert werden. Lediglich eine Umsetzung auf MPLS für den Backbonetransport ist notwendig und erfordert zusätzlichen Implementierungsaufwand.

OPEX

Bewertung: +

Kommentar:

Bedingt durch die geringere Komplexität der Lösung, ist auch der betriebliche Aufwand deutlich geringer als bei den P2P-Varianten. Zusätzliche Servicekosten für Netzwerkkomponenten betreffen vor allem die PE-Router für das MPLS.

Bedingt durch die gute Skalierbarkeit ist der Bedarf an zusätzlichen CMTS etc. geringer als bei den P2P-Varianten (Servicekosten).

Der höhere Bedarf an Hardware erfordert zwangsweise auch höhere Mietkosten (Stellfläche) sowie Stromkosten (incl. Klimatisierung).

CAPEX

Bewertung: +

Kommentar:

- Geringerer CAPEX-Bedarf als bei den P2P-Varianten.
- zus. Hard- und Software für die PE-Router (MPLS)
- zus. Hard- und Software wegen der Skalierungseffekten

7.2.3.4 Funktionelle Kriterien

Real-Time-Klasse

Bewertung: - -

Kommentar:

Zur Realisierung von Real-Time-Applikationen müssen die erforderlichen Bandbreiten statisch auf dem CMTS reserviert werden, da dynamische Reservierungsmechanismen (Full-dqos bei UGS) in Zusammenhang mit L2-BSA nicht greifen.

Werden diese Ressourcen nicht genutzt, können sie zwar für Best-Effort-Applikationen verwendet werden, stehen aber für andere Real-Time-Anforderungen nicht mehr zur Verfügung. Bei Real-Time-Applikationen, die einen höheren Bandbreitenbedarf benötigen, sind insbesondere die Upstream-Kapazitäten durch sehr wenige Kunden vergeben, unabhängig davon, ob diese reservierten Bandbreiten auch benutzt werden.

Real-Time-Klasse (Voice)

Bewertung: o

Kommentar:

Für diesen konkreten Einsatzfall der Real-Time-Klasse gilt prinzipiell das bereits Gesagte. Auch hier müssen die erforderlichen Bandbreiten statisch für jeden Kunden auf dem CMTS reserviert werden, da dynamische Reservierungsmechanismen in Zusammenhang mit L2-BSA nicht greifen. Durch die relativ geringen benötigten Bandbreiten lassen sich jedoch je nach konkreten technischen Parametern des Übertragungsnetzes (siehe 7.1 Modellrechnungen zu Voice-Services) realistische Kundenzahlen abbilden. Zum Einsatz würde hier UGS-AD kommen, der die reservierten Bandbreiten erst bei Aktivitätserkennung voll ausnutzt, so dass bei Nichtnutzung die reservierten Kapazitäten zumindest für Best-Effort-Anwendungen zur Verfügung stehen. Andere Real-Time-

Applikationen, wie z.B. eigene Telefoniedienste des Netzbetreibers, können diese Ressourcen jedoch nach wie vor nicht nutzen.

Critical-Application-Klasse

Bewertung: -

Kommentar:

Die Umsetzung einer garantierten Mindestbandbreite lässt sich vergleichbar dem Best-Effort-Service realisieren. Problematisch wird in diesem Zusammenhang die absolute Höhe der garantierten Bandbreite, da Cable-Access als Shared-Medium fungiert und sich alle Nutzer die entsprechende Bandbreite teilen müssen. Konfiguriert man eine garantierte Bandbreite und sind die Ressourcen vergeben, kommen weitere Modems nicht mehr Online (keine Überbuchung möglich). Das Problem ist mehr oder weniger relevant, je nachdem wie groß die garantierte Bandbreite ist.

Streaming-Klasse

Bewertung: - -

Kommentar:

Streaming insbesondere Multicast ist praktisch in Kombination mit L2VPN nicht umsetzbar, da die Multicastmechanismen durch den L2-Tunnel nicht zum Tragen kommen und letztendlich als Unicast umgesetzt wird.

Da auch hier die dqos-Mechanismen ähnlich wie bei Voice-Anwendungen nicht greifen und zusätzlich sehr hohe Bandbreiten benötigt werden, wären praktisch die zur Verfügung stehenden Ressourcen sehr schnell blockiert auch wenn der Service nicht benötigt wird.

Best-Effort-Klasse

Bewertung: ++

Kommentar:

Best-Effort lässt sich mit vergleichbaren Randbedingungen wie beim "Standard-DOCSIS-Zugang" umsetzen.

7.2.4 P2MP/MPLS

7.2.4.1 Technische Kriterien

Plattformunabhängigkeit

Bewertung: - -

Kommentar:

P2MP wird derzeit nur von einem kleinen Hersteller unterstützt und auch hier nur als 802.1q-Variante. Wenn dieses Feature zukünftig verfügbar sein wird, ist zu erwarten, dass mehr Hersteller 802.1q unterstützen werden als MPLS RFC 4448-MPLS-Encapsulation => "OPTIONAL"

Ressourcenbedarf

Bewertung: ++

Kommentar:

Beim Thema "statische Bandbreitenreservierungen" unterscheidet sich diese Lösung nicht von der P2P-Lösungen. Die Ressource MPLS-Pseudowire-ID'S wird jedoch deutlich geringer beansprucht und hat zudem noch deutlich höhere Reserven als die P2MP/802.1q-Lösung

Skalierbarkeit

Bewertung: ++

Kommentar:

Diese Lösung skaliert am Besten. Engpässe bei der Adressierung von Kunden bzw. Diensteanbietern sind nicht zu erwarten.

Verfügbarkeit

Bewertung: - -

Kommentar:

Diese Lösung ist überhaupt nicht am Markt verfügbar. Auch eine Roadmap diesbezüglich ist derzeit nicht bekannt.

Security

Bewertung: -

Kommentar:

Durch fehlende Autorisierungsmaßnahmen auf IP-Ebene (z.B. PC, PCMM ==> Full-dQos), ist es dem Nutzer u.U. möglich, Serviceflows zu nutzen (Real-Time-Klasse), die in diesem Zusammenhang nicht dafür gedacht waren. Der Zugangsnetzbetreiber hat hier nur sehr eingeschränkte Möglichkeiten, dies zu kontrollieren. Die Infrastruktur des Zugangsnetzbetreibers ist hier relativ ungefährdet, da die i.d.R. für den Nutzer transparent ist. Die Infrastruktur des Serviceanbieters muss durch diesen selbst geschützt werden. Dieser Schutz ist unabhängig von der jeweiligen Lösung. Die Kommunikation der Kunden untereinander kann auf Netzwerkebene unterbunden werden - wird aber i.d.R. durch PPPoE zusätzlich reglementiert.

7.2.4.2 Organisatorische Kriterien

Abstimmungsaufwand

Bewertung: +

Kommentar:

Der P2MP-Ansatz ist per "Definition" näher an den durch UNI und A10-NSP definierten Schnittstellenanforderungen dran. Es sind hier zur Realisierung weniger "Klimmzüge" zu machen, so dass davon ausgegangen werden kann, dass auch weniger Fragen zwischen Diensteanbieter und Zugangsnetzbetreiber als bei den P2P-Varianten zu klären sind.

Verwaltungskomplexität

Bewertung: ++

Kommentar:

Bei den P2MP-Varianten ist der zusätzliche Verwaltungsaufwand relativ gering gegenüber den P2P-Varianten.

Da üblicher Weise der Transport im Backbone des Zugangsnetzbetreibers dann per MPLS abläuft, muss bei der 802.1q-Variante noch zusätzlich das Mapping auf MPLS verwaltungstechnisch realisiert werden, so dass die Komplexität bei der MPLS-Variante niedriger einzustufen ist als die 802.1q-Variante.

Realisierungszeitraum

Bewertung: ++

Kommentar:

Weist den kürzesten Realisierungsaufwand aller Varianten auf.

Dies ist bedingt dadurch, dass alle notwendigen Funktionen bereits auf dem CMTS implementiert sind und "nur" noch konfiguriert werden müssen. Zusätzliche Verwaltungskomponenten sind hier nicht notwendig und auch zusätzliche Netzkomponenten entfallen.

7.2.4.3 Wirtschaftliche Kriterien

Implementierungsaufwand

Bewertung: ++

Kommentar: Diese Variante weist den geringsten Implementierungsaufwand aller Varianten auf. Alle notwendigen Funktionen müssen "nur" konfiguriert werden und sind bereits auf dem CMTS implementiert. Der Aufwand ist hier am geringsten.

OPEX

Bewertung: ++

Kommentar:

Diese Variante ist im Opex die günstigste. Zusätzliche Servicekosten für Komponenten treten nur bedingt durch Skalierungseffekte auf und auch der personelle Aufwand ist aufgrund der verhältnismäßig geringen Komplexität, relativ gering.

Bedingt durch die gute Skalierbarkeit ist der Bedarf an zusätzlichen CMTS etc. ebenfalls relativ gering (Servicekosten).

Der höhere Bedarf an Hardware erfordert zwangsweise auch höhere Mietkosten (Stellfläche) sowie Stromkosten (incl. Klimatisierung).

CAPEX

Bewertung: ++

Kommentar:

- geringerer CAPEX-Bedarf als bei P2MP/802.1q
- zus. Hard- und Software wegen der Skalierungseffekten

7.2.4.4 Funktionelle Kriterien

Real-Time-Klasse

Bewertung: - -

Kommentar:

Zur Realisierung von Real-Time-Applikationen müssen die erforderlichen Bandbreiten statisch auf dem CMTS reserviert werden, da dynamische Reservierungsmechanismen (Full-dqos bei UGS) in Zusammenhang mit L2-BSA nicht greifen.

Werden diese Ressourcen nicht genutzt, können sie zwar für Best-Effort-Applikationen

verwendet werden, stehen aber für andere Real-Time-Anforderungen nicht mehr zur Verfügung. Bei Real-Time-Applikationen, die einen höheren Bandbreitenbedarf benötigen, sind insbesondere die Upstream-Kapazitäten durch sehr wenige Kunden vergeben, unabhängig davon, ob diese reservierten Bandbreiten auch benutzt werden.

Real-Time-Klasse (Voice)

Bewertung: o

Kommentar:

Für diesen konkreten Einsatzfall der Real-Time-Klasse gilt prinzipiell das bereits Gesagte. Auch hier müssen die erforderlichen Bandbreiten statisch für jeden Kunden auf dem CMTS reserviert werden, da dynamische Reservierungsmechanismen in Zusammenhang mit L2-BSA nicht greifen. Durch die relativ geringen benötigten Bandbreiten lassen sich jedoch je nach konkreten technischen Parametern des Übertragungsnetzes (siehe 7.1 Modellrechnungen zu Voice-Services) realistische Kundenzahlen abbilden. Zum Einsatz würde hier UGS-AD kommen, der die reservierten Bandbreiten erst bei Aktivitätserkennung voll ausnutzt, so dass bei Nichtnutzung die reservierten Kapazitäten zumindest für Best-Effort-Anwendungen zur Verfügung stehen. Andere Real-Time-Applikationen, wie z.B. eigene Telefoniedienste des Netzbetreibers, können diese Ressourcen jedoch nach wie vor nicht nutzen.

Critical-Application-Klasse

Bewertung: -

Kommentar:

Die Umsetzung einer garantierten Mindestbandbreite lässt sich vergleichbar dem Best-Effort-Service realisieren. Problematisch wird in diesem Zusammenhang die absolute Höhe der garantierten Bandbreite, da Cable-Access als Shared-Medium fungiert und sich alle Nutzer die entsprechende Bandbreite teilen müssen. Konfiguriert man eine garantierte Bandbreite und sind die Ressourcen vergeben, kommen weitere Modems nicht mehr Online (keine Überbuchung möglich). Das Problem ist mehr oder weniger relevant, je nachdem wie groß die garantierte Bandbreite ist.

Streaming-Klasse

Bewertung: - -

Kommentar:

Streaming insbesondere Multicast ist praktisch in Kombination mit L2VPN nicht umsetzbar, da die Multicastmechanismen durch den L2-Tunnel nicht zum Tragen kommen und letztendlich als Unicast umgesetzt wird.

Da auch hier die dqos-Mechanismen ähnlich wie bei Voice-Anwendungen nicht greifen und zusätzlich sehr hohe Bandbreiten benötigt werden, wären praktisch die zur Verfügung stehenden Ressourcen sehr schnell blockiert auch wenn der Service nicht benötigt wird.

Best-Effort-Klasse

Bewertung: ++

Kommentar:

Best-Effort lässt sich mit vergleichbaren Randbedingungen wie beim "Standard-DOCSIS-Zugang" umsetzen.

7.3 Kommentare zur Relevanz der vier L2-BSA-Varianten

Nachfolgend sind die Einstufungen in Tabelle 4 im Detail kommentiert.

7.3.1 Zeitnahe Realisierung

P2P/802.1q

Bewertung: ○

Begründung:

Diese Lösung ist für einen CMTS Hersteller, der BSOD unterstützt verpflichtend. Von den meisten CMTS Herstellern wird diese Variante angeboten. Aus technischer Sicht skaliert diese Lösung jedoch schlecht. Die Anzahl der möglichen L2-BSA Kunden pro CMTS ist auf max. 4093 begrenzt. Daher wird hier eine neutrale Bewertung gewählt.

P2P/MPLS

Bewertung: +

Begründung:

Die Bewertung ist positiv, da die MPLS basierte Lösung wesentlich besser skaliert, als die 802.1q Variante. Die Anzahl der L2-BSA Kunden pro CMTS liegt wesentlich höher. Ein weiterer Vorteil ist dadurch gegeben, dass die MPLS L2-BSA Daten direkt im Backbone des Kabelnetzbetreibers transportiert werden können. Bei der Verwendung von 802.1q Encapsulation ist hier ggf. noch eine Konvertierung erforderlich. Allerdings wird die MPLS Variante von den wenigsten CMTS Herstellern unterstützt.

P2MP generell

Bewertung: --

Begründung:

Die Bewertung sowohl für 802.1q, als auch für MPLS fällt negativ aus, da P2MP heute nicht zur Verfügung steht. Eine zeitnahe Umsetzung dieser Lösungsvariante ist daher nicht möglich.

P2P generell

Bewertung: --

Begründung:

Die Bewertung sowohl für P2P/802.1q, als auch für P2P/MPLS fällt negativ aus, da sie für eine Umsetzung von L2-BSA keine Rolle mehr spielen, sobald eine P2MP Lösung verfügbar ist. Die Einschränkungen von P2P werden heute nur in Kauf genommen, da P2MP nicht verfügbar ist.

7.3.2 Mittelfristige Realisierung

P2MP/802.1q

Bewertung: +

Begründung:

Der einzige Nachteil dieser Lösung gegenüber P2MP/MPLS liegt darin, dass hier ggf. noch eine Umsetzung der VLAN Tags auf dem NSI nach MPLS, erfolgen muss. Diese Umsetzung ist für den Datentransport durch den Backbone des Kabelnetzbetreibers

erforderlich. Die P2MP Lösung in Verbindung mit 802.1q Encapsulation hat jedoch keine praxisrelevanten Einschränkungen für die Anzahl der anschließbaren L2-BSA Kunden pro CMTS mehr. Die Bewertung für eine mittelfristige Umsetzung ist daher positiv.

P2MP/MPLS

Bewertung: ++

Begründung:

Diese Lösungsvariante wird als Beste aller mittelfristigen Umsetzungsmöglichkeiten angesehen. Die Skalierung der anschließbaren L2-BSA Teilnehmer ist sehr gut. Die L2-BSA Daten liegen direkt als MPLS auf dem NSI des CMTS an. Somit ist keine Konvertierung für den Transport durch den Backbone des Kabelnetzbetreibers zur A10-NSP erforderlich.

- Ende des Dokuments -