1 Allgemeines zu VoIP

Anwendungen aus der Telekommunikations- und Datenwelt können auf Basis der TCP/IP Protokolle miteinander verknüpft werden, um die gleichen Übertragungstrecken (LAN/WAN) zu nutzen. Dadurch stehen den Gesprächsverbindungen keine exklusiven Telefonleitungen mehr zur Verfügung. Telefonie (im Datennetzwerk) erfordert im Gegensatz zu „klassischen" Datenapplikationen (z.B. Email) eine Übertragung mit Echtzeitcharakteristik. Die Sprachqualität und die Zuverlässigkeit der Sprachkommunikation hängen damit von der eingesetzten Netzwerktechnik und deren Verfügbarkeit ab.

Um die Qualität der VoIP (Voice over IP) Sprachübertragung sicherzustellen, gelten für LANs (Local Area Neworks), WANs (Wide Area Networks) und VoWIFI (Voice over WIFI) die folgenden Mindestanforderungen.

Anforderungen für VoIP	**Business quality ***	**Best quality°**
Jitter (packet inter-arrival delay)	**20 ms**	**20 ms**
Delay (Laufzeit)	**80 bis 150 ms**	**bis zu 80 ms**
Loss (Paketverlust)	**1 % - 3 %**	**bis 1 %**

***Gute Gesprächsqualität**
°Sehr gute Gesprächsqualität

Der MoS (Mean opinion Score) ist ein Bewertungsmaßstab für die Übertragung von Sprache innerhalb eines Datennetzwerkes. Er bietet die Möglichkeit, die Übertragungsqualität für unterschiedliche Sprachkodierungen und Einflüsse auf der Übertragungsstrecke miteinander zu vergleichen. Der MoS-Wert hat einen Wertebereich zwischen fünf und eins, welcher die Sprachqualität repräsentiert.

Der MoS-Wert »fünf« steht für eine exzellente Sprachqualität, der Wert »drei« hingegen entspricht bereits einer mangelhaften Sprachqualität, bei der keine Verständigung mehr möglich ist. In der Praxis stellt der Messwert 4,3 eine gute Übertragungsqualität dar.

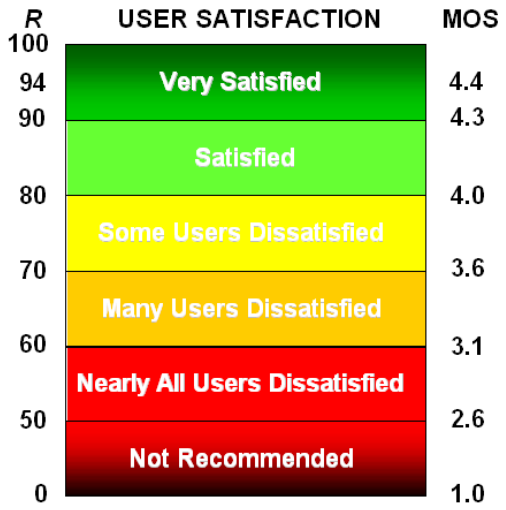


Tabelle „Benutzerzufriedenheit" in R-Wert und MoS.

Wie bereits oben erwähnt sind die wichtigsten Qualitätskriterien, für die Übermittlung von Sprachinformationen über paketorientierte Datennetzwerke, die Verzögerungszeiten, der Jitter und der Paketverlust auf der jeweiligen Strecke. Die ITU Richtlinie G.109 beschreibt anhand eines mathematischen Modells (E-Modell) den Einfluss dieser Störgrößen auf die Sprachqualität. In diesem Dokument werden die Qualitätskriterien verkürzt beschrieben. In der jeweils aktuellen Ausgabe des Dokumentes „**IP Telephony Deployment Guide**" werden diese Themen detailliert behandelt.

2 Allgemeines zu Video / Video Conferencing over IP

Im Vergleich zu VoIP ist bei Video over IP zu beachten, dass zusätzlich zur Sprache noch ein weiterer Video-Datenstrom über das Datennetzwerk transportiert und bei der Ausgabe mit diesem zu synchronisieren ist.

Für die Übertragung von Video over IP im Dantennetzwerk gelten daher ähnlich hohe Voraussetzungen wie für VoIP.

Anforderungen für Video over IP (Conferencing**)**	
jitter (packet inter-arrival delay)	**< 30 ms**
delay (Laufzeit)	**bis zu 100 ms**
packet loss (Paketverlust)	**bis 2 %** (im Betrieb, mit Einschr.)
packet size, max. (wg, Fragmentierung)	**1300 Byte**

Darüber hinaus werden für die HD Video-Kommunikation aber wesentlich höhere Bandbreiten als für VoIP vorausgesetzt. Diese schlüsseln sich wie in der Tabelle unter Punkt 4.1 (und 5.2.1) beziffert, auf.

Bei der Einführung von Video over IP Kommunikation sollte zusätzlich beachtet werden, dass die Video-Daten separat und getrennt von den VoIP-Daten zu priorisieren sind. Weitere Infos finden Sie in der Tabelle unter Punkt 4.3.

Am gebräuchlichsten sind hierbei die folgenden drei Auflösungen / Bandbreiten, jeweils zzgl. G.711 Codec für die Sprachdaten.

Auflösung	**Bandbreitenbedarf**
HD1080i	**2048 Mbit/s (zzgl. 90 kbit/s** für Voice**)**
HD720p (1280*720 @ 30 fps)	**1024 Mbit/s (zzgl. 90 kbit/s** für Voice**)**
CIF (352*288 @24 fps) **– kein HD**	**200 kbit/s (zzgl. 90 kbit/s** für Voice**)**

Das Avaya ADVD (A175 oder Flare experience) ist in der Lage, je nach verfügbarer Bandbreite und Qualität der der jeweiligen Ende-zu-Ende Video-Verbindung, dynamisch die benötigte Video-Bandbreite anzupassen bzw. zu verändern, sofern diese dynamischen Parameter im CM / SM konfiguriert sind.

Die Qualitätsrichtlinien für Video over IP werden wie VoIP, ebenfalls mit dem MoS-Wert (MoS-A (Audio), MoS-V (Video) und MoS-AV) bemessen.

3 Kurzübersicht

4 Umgebungsanforderungen im LAN

4.1 Ethernet LAN Infrastruktur mit 100/1000 MBit/sec

Aktuelle Ethernetverkabelungen (Kupfer oder Lichtwellenleiter (LWL), auch bekannt als Glasfaserkabel) binden Arbeitsplätze mit einer Geschwindigkeit von bis zu 1.000Mbit/s und Infrastrukturen mit n*10Gbit/s und mehr an. Dies hat Einfluss auf die, an den Arbeitsplätzen verfügbaren Bandbreiten und den möglichen Anwendungen. In den nachfolgenden Tabellen werden die Bandbreitenanforderungen für die Anbindung eines IP-Terminals mit und ohne Video und diversen Codecs im LAN kurz dargestellt.

Minimaler Bandbreitenbedarf pro Videokanal im LAN, ohne Signalisierung, ohne Keepalives und ohne Sprach-Codec:

Video Codec	Qualität	HD Auflösung	Netzlast pro Video-call, pro Richtung (ohne Sprache; zzgl. Sprach-Codec)
H.264	Superior HD		max. 4 Mbps
H.264		**HD1080p** @30fps *	2,0 bis 1,8 Mbps (**ADVD default**)*
H.264		**HD720p** (1280*720) @ 60fps	
H.264	Adequate HD	**HD720p** (1280*720) @ 30fps	1.000 bis 900 kbps
H.264		**Q720p** (640*360) @ 30fps	<900 kbps & >300 kbps
H.263	CIF	352*288 @ 30fps (ADVD nur bis 24fps)	<300 kbps bis 200 kbps
H.264		1280*720 @ 30fps	**768 kbps**

* „default“ Einstellung

Bei entsprechender Einschränkung der Videoqualität (und Einstellungen im CM & SM) kann die benötigte Video-Bandbreite beim ADVD (bei Ende-zu-Ende Verbindungen) auf bis zu 200 kbps, zzgl. Sprach-Codec, reduziert werden. Die Video-Qualität verschlechtert sich hierbei drastisch von HD bis auf CIF.

Minimaler Bandbreitenbedarf pro Sprachkanal im LAN, ohne Signalisierung, ohne Keepalives (mit 66 Byte overhead für Packet Framing) liegen bei:

Codec	Bit Rate	Payload	Netzlast pro IP-Phone
G.711	64 kbit/s	10 ms	117 kbit/s
G.711	64 kbit/s	20 ms*	90 kbit/s
G.711	64 kbit/s	30 ms	82 kbit/s
G.729	8 kbit/s	10 ms	61 kbit/s
G.729	8 kbit/s	20 ms	34 kbit/s
G.729	8 kbit/s	30 ms	26 kbit/s

* empfohlene Einstellung

4.2 Eigener Port am Switch oder Router für jede beteiligte Komponente im IP-Netz (keine HUBs als Konzentratoren)

4.2.1 Kollisionen

In einem so genannten „Shared Media-Netz“ wird die zur Verfügung stehende Bandbreite auf die aktiven Nutzer (Netzkomponenten) aufgeteilt.
Dies trifft nur zu, wenn Netzwerke mit HUBs anstelle von Switches gekoppelt werden. Bei einer auf HUBs basierenden Vernetzung kommt es zu Kollisionen von Ethernetpaketen, was zum Verwerfen von Paketen führt. Entsprechend der verwendeten Applikation werden die verworfenen Pakete vom Sender wiederholt. Das ist aber bei VoIP Sprachpaketen nicht möglich, da für die Sprachdaten das UDP/RTP Protokoll verwendet wird, welches eine Sicherung der Paketübertragung nicht vorsieht. Daher sinkt die Performance jedes einzelnen angeschlossenen Gerätes im Netz, wenn immer mehr Benutzer über das Netz arbeiten. Jedes angeschlossene Gerät reduziert die verfügbare Bandbreite. Dies wirkt sich in einer steigenden Antwortzeit für alle angeschlossenen Geräte aus.
Deshalb wird empfohlen auf Switche und Router zurückzugreifen, anstatt auf HUBs.

4.2.2 Switch vs. HUB

Durch L2-Switches (Netzwerkkomponenten die auf der OSI-Schicht 2 arbeiten) werden die Netzkomponenten bereits auf der OSI-Schicht 2 entkoppelt. Jedem Netzwerksegment steht somit die maximale Bandbreite (des jeweiligen Segments) zur Verfügung. Eine Zunahme der aktiven Nutzer im Netz hat somit nur noch bedingt Auswirkungen auf die Netzwerkperformance.

Zu Paketverlusten durch Kollisionen kommt es auch wenn die Ethernetschnittstelle des Gerätes nicht im Full Duplex Mode (gleichzeitiges Senden und Empfangen) betrieben wird. HUBs ermöglichen prinzipbedingt keinen Full Duplex Betrieb.

4.2.3 Verbindungseinstellung (autonegotiation)

Die Aushandlung der Verbindungsparameter zwischen den jeweiligen Netzwerkgeräten kann automatisch, mittels Autonegotiation oder manuell erfolgen. Wichtig ist, dass auch diese Aushandlung der Verbindungsparameter synchron (entweder automatisch oder fest eingestellt, auf beiden Endgeräten, an beiden Seiten des jeweiligen Netzwerkverbindungskabels) erfolgt. Es kommt sonst zu sogenannten Duplex Mismatches was wiederum zu Paketverlusten führt.
Die Verbindungseinstellung ist zwar trivial aber wichtig!

4.3 Die im Netz installierten Netzwerkkomponenten (Router / Switches) müssen QoS (Quality of Service) unterstützen.

Es müssen die QoS Standards, nach IEEE 802.1p oder DiffServ (RFC 2474), zur Priorisierung von VoIP, Video over IP und Daten unterstützt werden.
QoS ermöglicht die erforderliche Einhaltung der genannten Kennwerte (Jitter, Paketverlust und Gesamtverzögerung) für die Übertragung aller VoIP und Video over IP - Ströme. Dabei werden VoIP Pakete bevorzugt transportiert, was allerdings zu Lasten niedriger priorisierter Pakete geschieht.
Lastspitzen (Bursts) sorgen in vielen Unternehmensnetzen immer wieder für erhebliche Verzögerungen beim Pakettransport. Dabei kann es je nach Aus- und Überlastung zu teils erheblichen Datenverlusten kommen. Aber auch andere übertragungstechnische Parameter wie Latency oder Jitter können, wenn sie gewisse Toleranzwerte überschreiten, zu Störungen einzelner Services oder auch der gesamten Kommunikation führen. Zur Sicherung der Dienstgüte auf dem MAC-Layer definiert die IEEE den Standard 802.1p.

	Video	**Audio**	**Signaling**
Gemeinsame QoS Richtlinie für Sprache / Video und Signalsierung	Cos: 5 EF DSCP 46 (ToS dezimal 184)		
Router-Fragmentierung	max. 10 ms		
Separate QoS für Sprache / Video und Signalisierung	Cos: 4 AF41 DSCP 34 (ToS dezimal 136)	Cos: 5 EF DSCP 46 (ToS dezimal 184)	Cos: 3 CS3 (DSCP 24) oder AF31 (DSCP 26) oder AF41 (DSCP 34)

Tabelle: IEEE 802.1p

Wie in der Tabelle dargestellt, sollten Video-Daten separat von VoIP und Daten priorisiert und bedingt dadurch auch in separate, von VoIP getrennte Queues platziert werden.
Die entsprechenden Queue-Größen sind abhängig von den zu führenden Video-Calls und den jeweils zu verwendenden Auflösungen (und somit an die verwendeten Bandbreiten anzupassen).

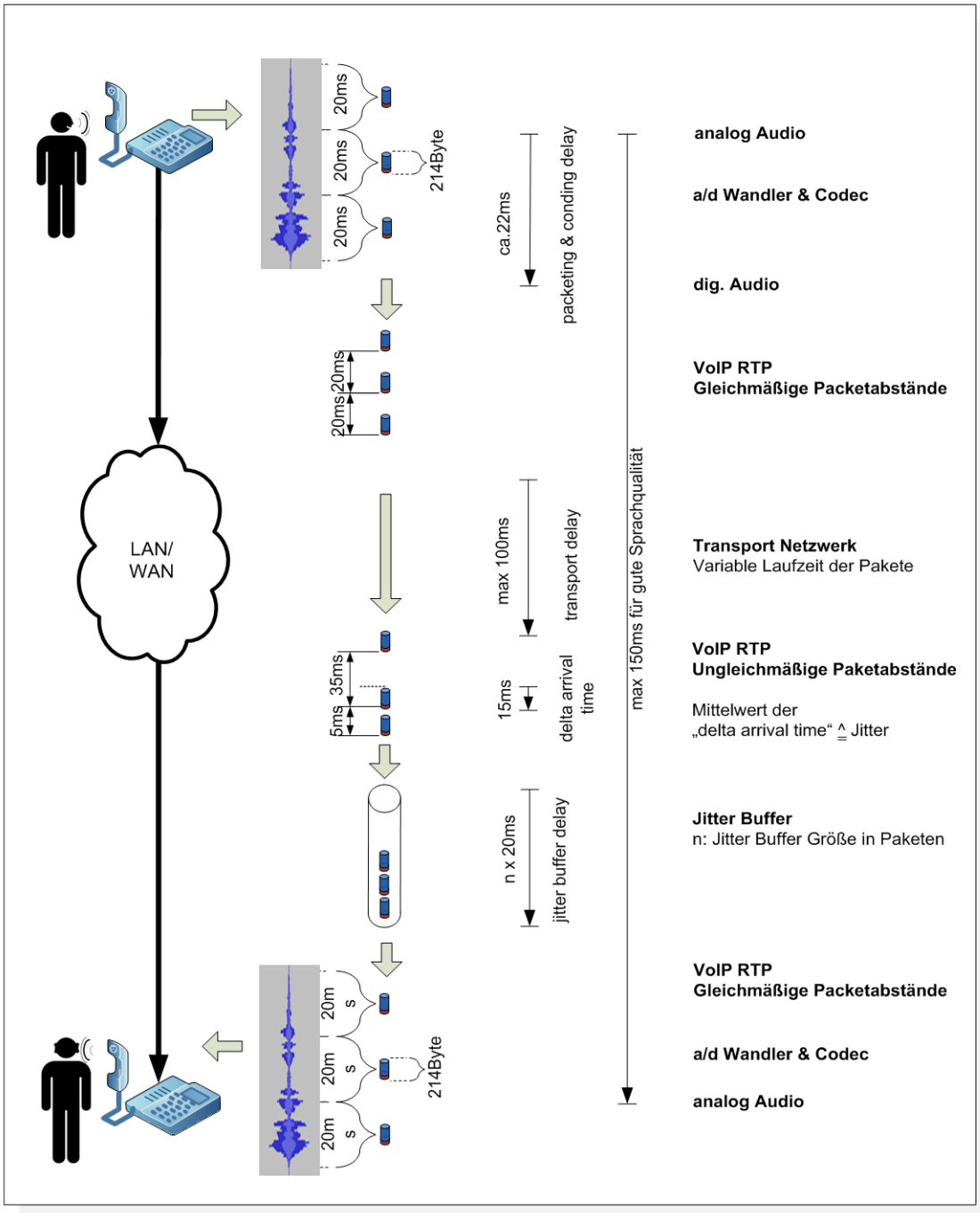
4.4 Die Netzwerklast darf im Mittel höchstens 50 % der jeweiligen Bandbreitenkapazität aufweisen.

Dies ermöglicht, dass auch zu Spitzenlastzeiten, die VoIP und Video over IP zu Grunde liegenden Kennwerten (Jitter, Paketverlust und Gesamtverzögerung) für den Transport aller VoIP- und Video over IP - Ströme eingehalten werden können.
Die von Datenapplikationen verursachten Netzwerklasten treten in der Regel stoßweise, auch Bursts genannt, auf.

4.4.1 Verzögerung (Delay) – Höchstens 150 ms

Die Verzögerung bezeichnet die Zeitdifferenz zwischen Senden und Empfangen einer Information („Ende-zu-Ende“, für VoIP „Mund-zu-Ohr“). Die Gesamtverzögerung sollte 150 ms nicht überschreiten. Wobei ca. 40 bis 60 ms bereits für die Codierung / Decodierung und von den IP-Stacks (IP-Paket framing) benötigt wird. Damit bleiben etwa 100 ms für den Transport der Information (IP-Pakete) über den gesamten Netzwerkpfad, Ende-zu-Ende.

Grafik: Beispiel einer VoIP-Kommunikation bei 20ms Paketgröße mit Delay und Jitter



4.4.2 Packet interarrival delay (Jitter) - Höchstens 20 ms Jitter

Die Sprachqualität wird durch die schwankenden Laufzeiten der Sprachdatenpakete auf deren Transportweg beeinflusst. Diese Verzögerungsschwankungen auf dem gesamten Transportweg (Ende-zu-Ende) bezeichnet man als Jitter.

Durch einen Jitterbuffer können diese Laufzeitschwankungen, in gewissen Grenzen, ausgeglichen werden. Ein Jitterbuffer sammelt dazu beim Empfänger, eine bestimmte Anzahl von Paketen, typisch 3 bis 10 Pakete. Ein Jitterbuffer erhöht aber die Ende-zu-Ende Laufzeit eines Sprachpaketes durch das puffern.
Dieser Jitterbuffer kann leerlaufen, wenn keine Pakete mehr ankommen, oder überlaufen, wenn z.B. zuerst die Pakete verzögert wurden und dann Burstartig (sehr kurz nacheinander, fast gleichzeitig) beim Empfänger ankommen. Beides hat Paketverluste zur Folge.

Hinweis: Gemessene oder von VoIP-Geräten berechnete Jitterwerte (laut RFC) geben die Summe der Paketabstandszeit der letzten 16 RTP-Pakete wieder und können daher den tatsächlichen Paketabstand nicht korrekt darstellen. Daher ist es wichtig, zusätzlich zum Jitter Wert, auch noch den min. und max. Jittter auszuwerten.

4.4.3 Paketverlustrate - Höchstens 3 % Paketverlust

Die Paketverlustrate gibt den prozentualen Anteil an verloren gegangenen Datenpaketen auf einer Übertragungsstrecke wieder. Im Bezug auf VoIP entspricht das der prozentualen Anzahl der verlorenen VoIP-Datenpakete. Der gesamte Paketverlust setzt sich aus den Verlusten der verschiedenen Abschnitte wie LAN und WAN zusammen. Jitterbufferverluste kommen noch additiv zu den Verlusten auf den Transportstrecken hinzu. Es gibt vielfältige Ursachen für Paketverluste. So können z.B. überlastete Router, überlastete Ethernet Leitungen, Duplex Mismatch oder Jitterbuffer Overruns zu Paketverlusten führen. Die Paketverluste im Jitterbuffer können durch die Verringerung des Packet-Interarrival-delays auf den Transportstrecken reduziert werden .

Zur Vermeidung von Paketverlusten sind Priorisierungsmechanismen auf dem Netzwerkpfad zu implementieren. Paketverlustraten bis zu 1 % sind bei zeitlich gleichmäßig verteilten Paketverlusten und nicht komprimierenden Codecs kaum störend wahrzunehmen. Übersteigen die Verluste 3 % der übermittelten Pakete, verschlechtert sich die Sprachqualität signifikant.

4.4.4 E-Modell

Die für den Transport von (Sprache) über ein paketorientiertes Netzwerk erforderlichen Netzwerkparameter (delay, jitter und packet loss), werden im E-Modell der ITU berechnet.
Um nicht signifikante Gesprächsqualitätseinbußen zu erleiden, müssen die Netzwerkparameter des E-Modells in bestimmten Verhältnissen zu einander stehen. Die jeweiligen Maximalwerte sind in der nachfolgenden Tabelle angegeben.

Netzwerkparameter:	**erreichbare VoIP Qualität:**	
(Angabe der maximalen Werte)	**sehr gut**	**gut**
Delay – Verzögerung (Ende zu Ende) in ms:	< 80 ms	80 bis 150 ms
Jitter (interarrival packet delay) in ms:	< 20 ms	< 20 ms
Packet loss – Paketverluste in %:	< 1 %	1 % bis 3 %
Priorisierung (L2/L3 – 802.1q / DifServ) für Media-Daten	Empfohlen für Media- und Signalisierungsdaten	
Separates VoIP oder Video over IP vLAN	dringend empfohlen max. 512 IP-devices pro vLAN	

4.5 Trennung von VoIP- / Video over IP vom Datenverkehr

Neben dem Einsatz von geswitchten Netzwerken ist es sinnvoll, die VoIP (und Video over IP) Daten vom restlichen Ethernetverkehr zu trennen. Durch die Verwendung eines eigenen vLAN für VoIP (und Video over IP) Daten kann dies sehr einfach erreicht werden. Es ist daher nicht notwendig weitere Netzwerkkomponenten (Hardware) zur Trennung der Applikationslasten (VoIP, Video und Daten) zu installieren.
Ferner wird durch die Trennung in spezifische vLANs oder Broadcastdomänen (VoIP/Video-vLAN und Daten-vLAN) die Broadcastausbreitung eingegrenzt. Das reduziert die Gefahr von Broadcast Stürmen erheblich. Pro VoIP/Video-Broadcastdomäne sollten nicht mehr als 512 Endgeräte betrieben werden. Darüber hinaus können die in separate vLANs getrennten Applikationsdaten (VoIP/Video und „normale“ Daten) sehr einfach und gezielt priorisiert werden.

4.6 wLAN

Bei der Einrichtung von wLAN für die VoIP- oder Video over IP-Kommunikation, sind zusätzlich zu den bereits oben dargelegten Punkten die folgenden Sachverhalte zu berücksichtigen.
Diese sind hier nur kurz in Stichpunkten erwähnt.

4.6.1 wLAN Infrastruktur

Funkfeldplanung / -Messung
Störsender / Störungen von Schwerlastmaschinen ermitteln (HF-Spectrum Analyse)
Frequenzwahl und Frequenzbelegung (802.11 a/b/g/n)
Kanalbelegung / freie vs. bereits verwendete wLAN-Kanäle
Verfügbare Bandbreiten auf dem „shared-Medium“ (Luftschnittstelle) beachten
Sendeleistung (100% oder darunter)
Antennen zur Richtungsbestimmung der HF-Signalabstrahlung
Separates VoIP-vLAN innerhalb der wLAN Infrastruktur
Priorisierung der VoIP-Sprach- und Signalisierungspakete innerhalb der wLAN Infrastruktur
Roaming und Handover innerhalb des wLANs (freie Kanäle)
Fremdgelände nicht mit wLAN Infrastruktur ausleuchten

4.6.2 Security

Umgang mit / Identifikation von „Rough-Access Points”
Verschlüsselung der Sprachkommunikation im wLAN
802.1x Port security (in der LAN Infrastruktur)
Permanente Überwachung der wLAN Infrastrukturen

5 Zusätzliche Umgebungsbedingungen im WAN (DSL, Richtfunk- und Laserlinkstrecken)

Wenn VoIP über WANs gekoppelt werden soll, gelten die folgende Mindestanforderungen:

5.1 Die Verbindungen zwischen den verschiedenen Standorten müssen permanent und priorisiert zur Verfügung stehen.

Die Telefonbenutzer erwarten einen Rufton, wenn sie den Telefonhörer abnehmen. Eine Verfügbarkeit von 99,999 % entspricht einer Ausfallzeit von insgesamt nur fünf Minuten pro Jahr.
Da Telefonie in der Regel eine geschäftskritische Applikation ist, müssen die für VoIP verwendeten WAN-Strecken hoch verfügbar ausgebildet sein. Für den möglichst störungsfreien Betrieb von VoIP ist daher ein Fehlerredundanzmechanismus notwendig, der beim Ausfall der WAN-Verbindung eine möglichst geringe Umschaltzeit garantiert. Aus- oder Umschaltzeiten von mehr als 20 bis 50 ms resultieren in einer wahrnehmbaren Qualitätsverschlechterung der jeweiligen VoIP Verbindung.

5.1.1 Provider Service Level Agreements (SLA), Verfügbarkeit und Qualität.

Die mit den WAN-Providern abgeschlossenen SLAs müssen die Wichtigkeit der WAN-Strecken abbilden.

5.1.2 WAN Monitoring zur SLA Überprüfung

Diese WAN Anschlüsse sollten gemonitored werden um Ausfälle und zeitlich begrenzte Störungen zu erkennen.

5.1.3 QoS durch Priorisierung

Es sollte mindestens eine transparente und mit dem Provider abgestimmte VoIP-Priorisierung, für die VoIP-Daten, auf den WAN Strecken verwendet werden. Sprach- und Signalisierungsdaten, sowie Keepalives müssen durchgängig (Ende zu Ende) priorisiert werden können.

5.1.4 Paketverluste durch Lastspitzen

Lastspitzen können in WANs zu Überlastungen und zu erheblichen Datenverlusten führen. Diesen ist, wie bereits im LAN beschrieben, mit einer entsprechenden Priorisierung zu begegnen.

Siehe dazu auch das Kapitel 4.3, QoS im LAN

Alternativ und/oder zusätzlich zur WAN-Anbindung können in den Außenstandorten (oder Niederlassungen) lokale Gateways mit Amtsanbindung eingesetzt werden.

5.2 Die erforderliche Bandbreite für Video over IP und VoIP-Gespräche und die -Signalisierung muss jederzeit, sowohl im Up- als auch Downstream zur Verfügung stehen.

In der Regel stehen meist nur aus dem Datennetz detaillierte Informationen als Grundlage für eine Lastkalkulation zur Verfügung. Klassische Telefonanlagen stellen leider nur geringe bzw. keine Detailstatistiken über das interne Gesprächsvolumen bzw. das spezifische Lastverhalten einzelner Endgeräte/Endgerätegruppen zur Verfügung. Eine grobe Abschätzung dieser Informationen ist jedoch für die Dimensionierung und Abschätzung der benötigten Bandbreiten für die VoIP-Telefonie (im LAN als auch WAN) unerlässlich. Einen Hinweis auf den externen Telefonverkehr (Last bzw. Volumen) geben die vorhandenen S2M-Verbindungen in das öffentliche Netz.
In den folgenden Tabellen sind die beiden meist verwendeten VoIP-Codecs, mit den üblicherweise verwendeten Paketierungsgrößen und dem jeweils benötigten Bandbreitenbedarf (incl. IP/UDP-Header) als auch der Bandbreitenbedarf für Video over IP, dargestellt.

5.2.1 Bandbreitenbedarf

Minimaler Bandbreitenbedarf pro Videokanal, ohne Signalisierung, ohne Keepalives und ohne Sprach-Codec:

Video Codec	**Qualität**	**HD Auflösung**	**Netzlast pro Video-call, pro Richtung, (ohne Sprache; zzgl. Sprach-Codec)**
H.264	Superior HD		max. 4 Mbps
H.264		**HD1080p** @30fps *	2,0 bis 1,8 Mbps (**ADVD default**)*
H.264		**HD720p** (1280*720) @ 60fps	
H.264	Adequate HD	**HD720p** (1280*720) @ 30fps	1.000 bis 900 kbps
H.264		**Q720p** (640*360) @ 30fps	<900 kbps & >300 kbps
H.263	CIF	352*288 @ 30fps (ADVD nur bis 24fps)	<300 kbps bis 200 kbps
H.264		1280*720 @ 30fps	**768 kbps**

* „default“ Einstellung

Bei entsprechender Einschränkung der Videoqualität (und Einstellungen im CM & SM) kann die benötigte Video-Bandbreite beim ADVD (bei Ende-zu-Ende Verbindungen) auf bis zu 200kbps, zzgl. Sprach-Codec, reduziert werden. Die Video-Qualität verschlechtert sich hierbei drastisch von HD bis auf CIF.

Minimaler Bandbreitenbedarf pro IP-Terminal / Sprachkanal im LAN, ohne Signalisierung, ohne Keepalives (mit 66 Byte overhead für Packet Framing)

Codec	Bit Rate	Payload	Netzlast pro IP-Phone	als VPN
G.711	64 kbit/s	10 ms	117 kbit/s	140 kbit/s
G.711	64 kbit/s	20 ms*	90 kbit/s	108 kbit/s
G.711	64 kbit/s	30 ms	82 kbit/s	98 kbit/s
G.729	8 kbit/s	10 ms	61 kbit/s	73 kbit/s
G.729	8 kbit/s	20 ms	34 kbit/s	41 kbit/s
G.729	8 kbit/s	30 ms	26 kbit/s	31 kbit/s

* empfohlene Einstellung

Minimaler Bandbreitenbedarf pro IP-Terminal / Sprachkanal im WAN (bei PPP Vernetzung), ohne Signalisierung, ohne Keepalives (mit 47 Byte overhead für Packet Framing)

Codec	Bit Rate	Payload	WAN-Last (PPP) pro IP-Phone	als VPN
G.711	64 kbit/s	10 ms	102 kbit/s	122 kbit/s
G.711	64 kbit/s	20 ms*	83 kbit/s	99 kbit/s
G.711	64 kbit/s	30 ms	77 kbit/s	92 kbit/s
G.729	8 kbit/s	10 ms	46 kbit/s	55 kbit/s
G.729	8 kbit/s	20 ms	27 kbit/s	32 kbit/s
G.729	8 kbit/s	30 ms	21 kbit/s	25 kbit/s

* empfohlene Einstellung

5.2.2 Synchrone und asynchrone WAN-Anbindung

Vorsicht bei asynchroner WAN-Anbindung!
In der Regel werden DSL-Anbindungen als asynchrone Verbindungen angeboten. Bei asynchronen Verbindungen unterscheidet sich die Sendendatenrate (Upload) von der Empfangsdatenrate (Download) erheblich. Bei synchronen Verbindungen sind die Sende- und Empfangsdatenraten identisch. Aus diesen Grund sind synchrone WAN-Verbindungen den asynchronen WAN-Verbindungen vorzuziehen.
Bei WAN-Verbindungen ist zu berücksichtigen, dass die veranschlagte Bandbreite für den Up- als auch Downstream der VoIP und Video over IP Daten (also synchron) benötigt wird.

5.2.3 VPN

Wie viele Anwender oder Außenstellen über ein VPN angeschlossen werden können, hängt davon ab, wieviele parallele Tunnelverbindungen das VPN-Gateway aufbauen und bearbeiten kann. Deshalb sind die Setup-Rate und Tunnelkapazität wichtige Indikatoren für ein gut funktionierendes VPN.
Jede Art von Verschlüsselung (hierzu zählen auch VPN-Verbindungen) erhöht den zusätzlichen Bandbreitenbedarf (Tabellen unter 5.2.1.).
Zudem belastet das Ver- und Entschlüsseln die Rechnerkapazität von VPN-Gateways, was sich durch einen geringeren Durchsatz und mögliche Verzögerungen (delay) bis hin zum Jitter bemerkbar machen kann.

5.3 Die Firewalls müssen eine transparente Übermittlung der VoIP-Ströme, ohne Verzögerungen ermöglichen (Voice over IP-fähige Firewalls)

An den Außengrenzen schützen in der Regel die Firewalls die Unternehmensnetze. Beim Einsatz von Firewalls im Übermittlungsstrang von Sprachströmen müssen die folgenden Punkte beachtet werden:

5.3.1 Echtzeitverhalten der VoIP- Services

Auf Grund des Echtzeitverhaltens der VoIP-Services, dürfen diese beim Durchgang durch die Firewall nicht verzögert werden. Jede noch so geringe Verzögerung resultiert in einer Verschlechterung der Sprachqualität (durch die Beeinflussung von Delay und Jitter und somit des MOS-Werts).

5.3.2 VoIP-fähige Firewall

Bei vielen Firewalls werden die Probleme erst bei steigendem Daten- / Sprachdatenvolumen sichtbar. Mit steigender Anzahl an Sprachströmen, kann bereits die, von der Firewall erzeugte Verzögerung, über die

Grenze von 20 oder gar 50 Millisekunden (ms) steigen. Diese negative Beeinflussung der Verzögerung führt automatisch zur Verschlechterung der Sprachqualität. Die Paketgröße hat natürlich auch eine direkte Auswirkung auf die Firewallperformance. Sämtliche Netzkomponenten benötigen für die Übermittlung (der gleichen Information) mit kleinen Paketen, wesentlich mehr interne Ressourcen als für die Übertragung der identischen Information, mit größeren Paketen. Der typische VoIP-Verkehr weist Paketgrößen zwischen 80 bis 250 Byte auf. Aktuelle Firewalls haben in der Regel mehrere performante Ein- und Ausgangsinterfaces, aber die Leistungsressourcen der Firewall werden in der Regel bei einer großen Anzahl an kleinen Paketen relativ schnell in die Sättigungsbereiche kommen, es sei denn, die Firewall ist für diese Art von Datenverkehr optimiert (VoIP-fähige Firewall).

5.3.3 ALG (Application Layer Gateways)

ALG (Application Layer Gateways) kontrollieren den Dateninhalt und erkennen Protokollverletzungen. Der VoIP-Verkehr erfordert eine tiefere Inspektion der H.323- und SIP-Pakete durch das ALG. Die auf bestimmte Kommunikationsprotokolle spezialisierten ALG's können z. B. SIP oder H.323 zusammenhängend analysieren, Anfragen filtern und bei Bedarf beliebige Anpassungen vornehmen. In der Verbindung mit Firewalls entscheiden die ALGs, ob und in welcher Form die Kommunikation ermöglicht und weitergereicht wird. ALGs können, wie auch Firewalls den VoIP-Verkehr durch Verzögerungen und Jitter negativ beeinflussen.

5.3.4 VPN

Übernimmt die Firewall auch noch die VPN-Gateway-Funktion muss sichergestellt werden, dass diese beim Tunneln und Verschlüsseln/Entschlüsseln keine zusätzlichen Verzögerungen verursacht. Eine Alternative besteht im Einsatz von Voice Proxies, die auf den Umgang mit Multimedia-Verkehr spezialisiert sind. Diese Komponenten signalisieren der Firewall welche Ports geöffnet werden sollen und wie zusätzliche Aufgaben, wie das Network Adress Translation (NAT) umgesetzt werden sollen. Auch hier sind die durch die Proxies verursachte Verzögerungen zu beachten.

5.3.5 SBC

Session Border Controller übernehmen vermehrt die Aufgaben von Firewall und ALG an den Aussengrenzen der Netzwerke (zum WAN) für SIP-basierte Anwendungen, wie VoIP. Diese, spezifisch für SIP-Sessions spezialisierten Geräte ermöglichen die Filterung und Beeinflussung von SIP-Sessions sowie dessen Inhalt, sind aber nicht für den „normalen" Datenverkehr geeignet, bzw. blockieren diesen.

6 Sonstige Anforderungen

6.1 Keepalive

Gleiche Netzwerkanforderungen (siehe Umgebungsanforderungen im LAN und WAN) gelten für die „keepalive" Meldungen der TK-Systeme und IP-Telefone.

6.2 DHCP Bereitstellen und Anpassen

Zum Betrieb eines IP Telefons in einem LAN ist zusätzlich ein DHCP-Server erforderlich.
Die jeweilige Konfiguration der vendor-spezifischen Optionen des DHCP-Servers ist abhängig von der gewählten IP Kommunikationslösung und den eingesetzten IP-Endgeräten / Telefonen.

6.3 TFTP und HTTP/TLS Server Bereitstellen und Anpassen

Zum Betrieb der IP Telefone in einem LAN ist ein HTTP-, HTTP/TLS- oder FTP/TFTP- Server notwendig. Der Server wird von dem Betreiber des LAN zur Verfügung gestellt. Von diesen Servern fordern die IP-Telefone bei deren Inbetriebnahme ihre Konfiguration und ggf. ein Firmwareupdate an.

HINWEIS

Weitere allgemeine sowie produktspezifische Dokumente erhalten Sie von Ihrem Avaya Ansprechpartner.

7 Haftungsbegrenzung & rechtliche Hinweise

Hinweis
Die Informationen des vorliegenden Dokuments wurden mit der größtmöglichen Sorgfalt erstellt. Avaya haftet allerdings nicht für die Richtigkeit, Aktualität und Vollständigkeit der gemachten Angaben. Avaya behält sich vor in zukünftigen Fassungen dieses Dokuments Änderungen sowie Verbesserungen vorzunehmen.

Haftungsausschluss & Freistellung
Avaya haftet nicht für Änderungen, Erweiterungen oder Löschungen bezüglich des vorliegenden Dokuments, es sei denn, Avaya ist Urheber der genannten Änderungen. Der Kunde und / oder Endnutzer des Dokuments stimmt zu, Avaya, deren Vertreter, Angestellte und Mitarbeiter von jeglichen Ansprüchen und Rechtsstreitigkeiten, Forderungen und Urteilen die sich aus oder im Zusammenhang mit späteren Änderungen, Erweiterungen oder Streichungen in dieser Dokumentation, soweit diese durch den Kunden oder Endbenutzer geltend gemacht werden, freizustellen.

Copyright
Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, Vervielfältigung und Veröffentlichung nicht gestattet.