



Workshops der wissenschaftlichen Konferenz
Kommunikation in Verteilten Systemen 2011
(WowKiVS 2011)

Neues Messsystem zur Beurteilung der Qualität des Videostroms
beim Dienst Video Telephony in IP-Umgebung

Tadeus Uhl, Christian Hoppe

12 Seiten

Neues Messsystem zur Beurteilung der Qualität des Videostroms beim Dienst Video Telephony in IP-Umgebung

Tadeus Uhl, Christian Hoppe

Fachhochschule Flensburg
Institut Kommunikationstechnologie

Abstract: Die Arbeit beschreibt ein Konzept für ein neues Messsystem zur Beurteilung der Qualität des Videostroms beim Dienst Video Telephony in IP-Umgebungen (VToIP). Das System basiert auf dem Prinzip einer aktiven Messung und verwendet den PEVQ-Algorithmus. Es ermöglicht sowohl die Bestimmung der QoS als auch der QoE. Die durchgeführten Untersuchungsreihen liefern wertvolle Hinweise für die Implementierung des Diensts VToIP in der Praxis.

Keywords: Triple Play Services, IP- Platform, VoIP, H.323, SIP, QoS, QoE

1 Einführung

In heutigen digitalen Netzen spielt der Begriff Quality of Service (QoS) eine sehr wichtige Rolle. Man findet den Begriff u.a. in der Definition von Next Generation Networks gemäß dem Standard ITU-T Y.2001 [1]. Im Jahre 2007 hat die Europäische Kommission Direktiven zur Bildung von Standards für Netze und elektronische Dienste veröffentlicht [2], in denen der Qualität der Dienste eine hohe Priorität zugeordnet wurde.

Die QoS sollte in den modernen Netzen ständig und am besten automatisch gemessen werden. Zu diesem Zweck sind spezialisierte Messsysteme und -methoden notwendig. Im Bereich der Videokommunikation (Video Telephony gehört dazu) stehen heutzutage kaum standardisierte QoS-Messmethoden zur Verfügung. Hier können zur Zeit nur zwei Standards benannt werden, ITU-T Rec. J.247 [3] und ITU-T G.1070 [4], die diesem Zweck dienen können. Eine weitere zur Zeit noch nicht standardisierte Messmethode bei Videodiensten stellt der PEVQ (Perceptual Evaluation of Video Quality)-Algorithmus dar [5]. Diese Messmethode gehört zu den signalbasierten QoS-Messtechniken. Laut Aussagen des deutschen Lizenzhalters für diesen Algorithmus, der Firma Opticom [6], entspricht er schon heute der Empfehlung J.247. Es lohnt sich daher, mit dieser QoS-Messmethode beim Dienst Video Telephony over IP (VToIP) als bevorzugte Messtechnik zu arbeiten. Um diese Methode in der Praxis einzusetzen zu können, muss ein aktives Messsystem vorhanden sein. Es gibt zur Zeit aber kaum solche aktive Systeme auf dem Telekommunikationsmarkt. Es lohnt sich also, ein Konzept für ein solches Messsystem zu entwickeln, zu implementieren, zu testen und letztendlich, das System für den Einsatz in der Praxis zur Verfügung zu stellen. In diese Richtung geht diese Arbeit.

Am Anfang der Arbeit werden Eigenschaften des Dienstes Video Telephony anhand von Messungen in einer realen IP-Umgebung kurz vorgestellt. Dann wird ein Konzept für ein neues Messsystem zur Beurteilung der Qualität des Videostroms beim Dienst VToIP beschrieben. Das folgende Kapitel beschreibt die Implementierung dieses Messtools, bevor der praktische Einsatz des neuen Messtools in mehreren Beispielen dargestellt wird. Die

durchgeführten Untersuchungsreihen liefern neue, interessante Erkenntnisse für die Praxis. Die Arbeit schießt mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick auf weitere Arbeiten.

2 Video Telephony Service in realer IP-Umgebung

Der Dienst VToIP ist seit mehreren Jahren gut bekannt und wird in der letzten Zeit sehr oft und gerne in der Praxis genutzt. Der Dienst basiert auf dem Standard ITU-T H.323 [7], die Signalisierung läuft daher nach den Protokollen H.255.0 und H.245 ab. Möglich ist allerdings auch eine Signalisierung auf andere Weise. Die Video- und Audiodaten werden in die RTP-Pakete verpackt und zwischen den Benutzern des Dienstes übertragen. Diese o.g. Signalisierungsprotokolle sind zwar im Umfang sehr groß und flexibel, sie beanspruchen jedoch bei der Implementierung und bei der Ausführung viel Zeit. Daraus resultiert, dass die Verbindungsaufbauzeit hier entsprechend lang ist. Dies wurde durch Messungen in realen IP-Umgebungen mehrfach nachgewiesen (siehe u.a. [8]) und hat Entwicklern den Anstoß dazu gegeben, in der Praxis nach einem anderen, „schlankeren“ Signalisierungsprotokoll zu suchen. Die Wahl fiel auf das SIP-Protokoll [9]. Es ist einfach und sichert dadurch kurze Verbindungsaufbauzeiten, weshalb sich immer mehr VoIP-Provider für das SIP-Protokoll bei der VoIP-Implementierung entscheiden.

Auch im „Triple Play Services“-Labor der Fachhochschule Flensburg ist die Wahl auf einen VoIP-Provider gefallen, der mit dem SIP-Protokoll arbeitet (SipGate [10]). Das in dem Labor aufgebautes VoIP-System stellt die Abb. 1 dar.

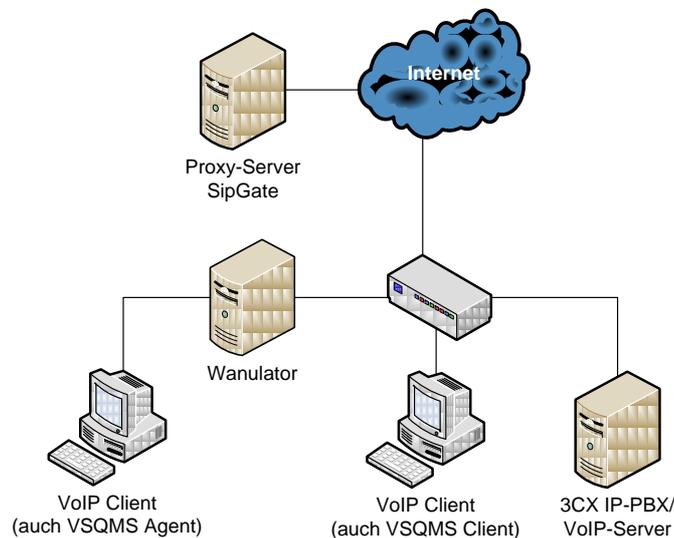


Abb. 1: Struktur des VoIP-Systems im Labor „Triple Play Services“

Die VoIP-Kommunikation (inklusive Video Telephony) wird durch den 3CX IP-PBX/VoIP-Server [11] unterstützt. Die Signalisierung erfolgt hier, nach der vorigen Anmeldung, durch einen Proxy-Server des VoIP-Providers. Die Video- und Audiodaten werden gemäß dem Redirect-Mode zwischen den beteiligten Stationen direkt ausgetauscht. Der Wanulator sorgt dafür, dass vom Messenden gewollte Beeinträchtigungen im Netz kontrolliert und reell

nachgebildet werden können. Zum Zweck der Protokollanalyse werden in dem Labor Traficlayser® Messsysteme der Firma Nextragen [12] (Kooperationspartner der Fachhochschule Flensburg) eingesetzt. In Abb. 2 ist in einem Beispiel der zeitliche Protokollablauf für den Verbindungsaufbau und –abbau im Fall des Dienstes Video Telephony dargestellt.

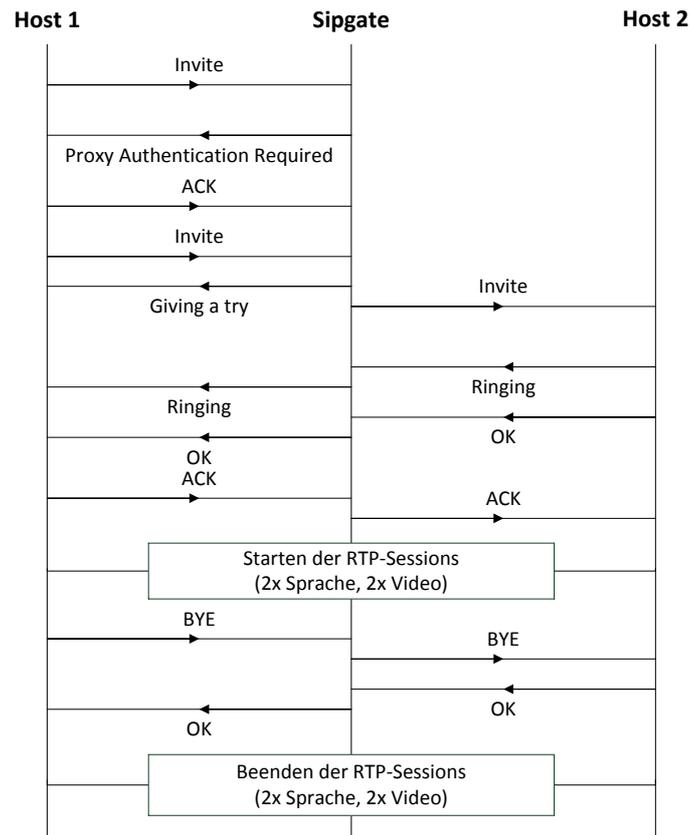


Abb.2: Verbindungsaufbau bei VToIP-Kommunikation

Die Abb. 2 verdeutlicht, dass der Verbindungsaufbau sehr übersichtlich und kurz ist. Man sieht, dass zwei Duplex RTP-Sessions eröffnet werden, eine für Video- und die zweite für Audioübertragung. In der Datenaustauschphase werden die Transportströme in Form von RTP-Paketen zwischen den beteiligten Stationen ausgetauscht. Die durchgeführten Protokollanalysen erlauben es, die Eigenschaften des Dienstes „Video Telephony“ festzustellen. Zu den wichtigsten gehören:

- a) Der VToIP-Dienst nutzt eine Unicast-Verbindung im Duplex-Mode.
- b) Der VToIP-Verkehr ist vom Typ CBR (Constant Bit Rate).
- c) Es werden vier logische Kanäle für die VToIP-Kommunikation aufgebaut und genutzt.
- d) Die Audioübertragung mit dem Codec G.711 beansprucht ca. 160 kbps der Bandbreite.

- e) Die Videübertragung mit dem Codec H.263 (CIF mit 25 Bilder/s) beansprucht ca. 200 kbps der Bandbreite.
- f) Bei Nutzung des Codec G.711 haben die Transportpakete für Audiosignale eine Größe von 214 Bytes, davon 160 Bytes für das Datenfeld (20 ms Sprachproben).
- g) Bei Nutzung des Codecs H.263 haben die Transportpakete für Videosignale eine Größe von ca. 1400 Bytes.
- h) Ein Jitter-Buffer beim Empfänger hat wesentlichen Einfluss auf die Dienstgüte und sollte daher entsprechend dimensioniert werden (Ein Ausgleich der Variationen in den Paketankunftszeiten bis ca. 500 ms ist hier wünschenswert.).

Diese Erkenntnisse werden entsprechend in dem Konzept für das neue Messsystem zur Beurteilung der Qualität des Dienstes VTtoIP berücksichtigt. Im nächsten Kapitel wird das Konzept detailliert vorgestellt.

3 Messsystem zur QoS-Beurteilung bei Video Telephony

Das Konzept für das Messsystem VSQMS (Video Stream Quality Measuring System) ist für eine aktive Messung ausgelegt. Dies bedeutet, dass das Tool mit zwei Signalen arbeitet, d.h. mit dem Referenzsignal und mit dem durch den Netzzustand veränderten Signal. Beide Signale werden anhand des Algorithmus PEVQ miteinander verglichen, woraus ein Qualitätsindex in der MOS-Skala resultiert. Das Tool besteht also aus mehreren Blöcken, die in der Abb. 3 schematisch dargestellt sind.

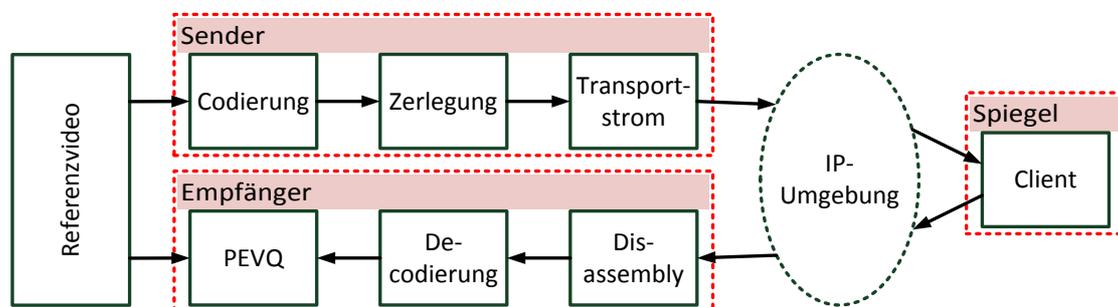


Abb. 3: Blockschaltbild des Tools VSQMS

Die einzelnen Blöcke beinhalten folgende Funktionalität:

- # Codierung: Hier wird eine nicht komprimierte Referenz Videodatei mit Hilfe von FFmpeg [13] zu einer AVI-Datei nach H.263 mit festgelegten Parametern (Codierungsrate, Auflösung, Bildfrequenz) codiert.
- # Zerlegung: Hier werden zuerst die einzelnen Bilder aus der codierten AVI-Datei extrahiert. Dazu sind die im AVI-Header enthaltenen Informationen von großer Bedeutung und müssen deswegen ausgewertet werden. Im nächsten Schritt werden die einzelnen Bilder auf Segmente der Länge von ca. 1400 Bytes aufgeteilt, damit die maximale Rahmengröße im Ethernet nicht überschritten wird.

- # Transportstrom: Hier wird den Bildsegmenten ein RTP-Payload-Header mit ausgewählten Informationen aus dem Bildheader vorangestellt. Dann wird ein RTP-Header mit Informationen zur Disassemblierung hinzugefügt. Die weitere Verkapselung und das Versenden der RTP Pakete (UDP, IP, Ethernet) übernehmen entsprechende Klassen des .Net Frameworks.
- # Client: Das System ist in der Lage, die empfangenen RTP-Pakete unverändert zurück an einen Empfänger zu spiegeln.
- # Disassembly: Hier werden zuerst die empfangen RTP-Pakete ausgepackt. Alle Segmente die zu einem Bild gehören (erkannt durch gleichen Zeitstempel im RTP-Header) werden in der richtigen Reihenfolge (erkannt durch entsprechenden Zähler im RTP-Header) zusammengestellt. Die auf diese Weise gewonnenen Bilder werden in einer AVI-Datei abgespeichert. Gleichzeitig werden Informationen aus den Payload-Headern ausgewertet. Aus diesen Informationen werden die für spätere Decodierung benötigten AVI- und Stream-Header erzeugt.
- # Decodierung: In dem Block wird mit Hilfe von FFmpeg die im Block Disassembly erstellte AVI-Datei decodiert. Als Ergebnis wird eine nicht komprimierte AVI-Datei geliefert.
- # PEVQ: Hier wird die Referenzvideodatei mit der decodierten Videodatei mit Hilfe des Algorithmus PEVQ verglichen. Daraus resultiert ein Qualitätsindex in der MOS-Skala (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: MOS-Skala [14]

MOS-Werte	Dienstgüte
5	ausgezeichnet
4	gut
3	ordentlich
2	mäßig
1	schlecht

3.1 PEVQ (Perceptual Evaluation of Video Quality)

Die Messung der Videoqualität nach PEVQ (stützt sich auf ITU-T J.247) bezeichnet man als „Full Reference (FR)“-Messung, da für die Bestimmung des Qualitätswertes sowohl das Original-Video als auch das empfangene, beeinträchtigte Video benötigt wird.

PEVQ basiert auf der Nachbildung des menschlichen Sehsystems, mit dem die Wahrnehmung der Abweichungen im Videosignal ermittelt und quantitativ bestimmt werden. Eine Übersicht der Funktion von PEVQ zeigt die Abb. 4 [6].

Der Algorithmus kann in vier separate Blöcke aufgeteilt werden:

- # Das Pre-Processing ist verantwortlich für den räumlichen und zeitlichen Abgleich des Original-Videos mit dem beeinträchtigten Video. Dieser Prozess ermöglicht, dass nur zueinander gehörende Bilder miteinander verglichen werden.

- # Der zweite Block errechnet die wahrgenommenen Unterschiede der beiden Signale. Es werden dabei wirklich nur die Unterschiede berücksichtigt, die vom menschlichen Zuschauer überhaupt bemerkt werden können. Außerdem liefert die Aktivität der Bewegung im Referenzsignal einen weiteren Wert, der die zeitlichen Informationen darstellt. Dieser Wert ist wichtig, weil er in Betracht zieht, dass bei einer Bilderserie mit geringer Aktivität die Wahrnehmung von Details sehr viel größer ist als in Bilderserien mit schnellen Bewegungen.
- # Der dritte Block stuft die vorher errechneten Werte ein und ermittelt bestimmte Arten von Verzerrungen. Schlussendlich werden im vierten Block alle entsprechenden Werte entsprechend der ermittelten Verzerrungen zusammengefasst, um das Ergebnis - einen MOS-Wert - zu bilden.

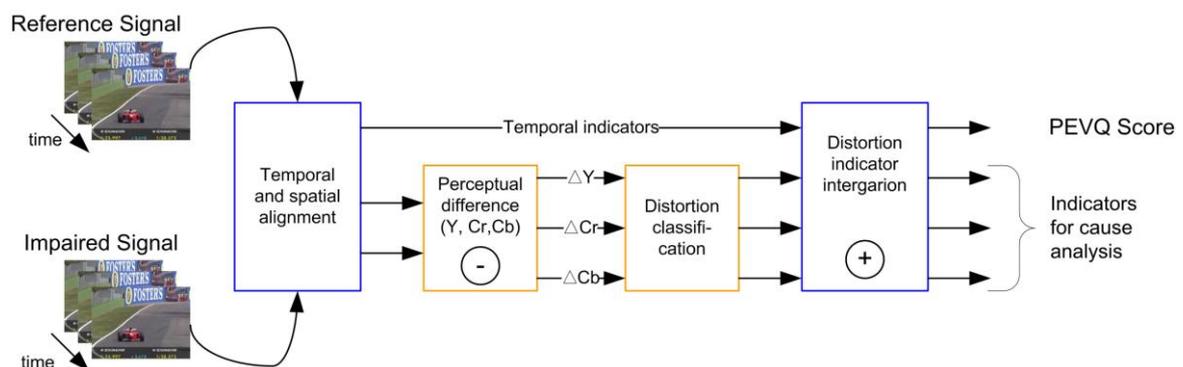


Abb. 4: Blockschaltbild von PEVQ [6]

Außer dem MOS-Wert als endgültiges Qualitätsmaß werden bei PEVQ weitere Indikatoren für spätere Auswertungen der Ursache für die Qualitätsbeeinträchtigungen zur Verfügung gestellt

- a) Verzerrung (Distortion),
- b) Verzögerung (Delay),
- c) Helligkeit (Luminance),
- d) Kontrast (Contrast),
- e) PSNR (Peak Signal to Noise Ratio),
- f) Ruckeln (Jerking),
- g) Unschärfe (Blurring),
- h) Blockbildung (Block Construction),
- i) Überspringen von Bildern und eingefrorene Bilder (Jumping and Frozen of Picture),
- j) Effektive Bildrate (Effective Picture Rate),
- k) Zeitliche und räumliche Aktivität (Time and Areal Activity).

Der PEVQ-Ansatz der Qualitätsbestimmung enthält sowohl die Auswirkungen aus dem Netzbereich, wie Paketverluste und Jitter, als auch auf das Videosignal bezogene Beeinträchtigungen, wie Blockartefakte, Ruckeln, Unschärfe und Verzerrungen, die vom Codec verursacht werden.

3.2 Referenzvideo

Für die Messungen der Videoqualität ist ein Referenzvideo sehr wichtig, um vergleichbare Messergebnisse zu erhalten. Das Referenzsignal muss mehreren Randbedingungen entsprechen. In dieser Untersuchung fiel die Auswahl auf das Referenzsignal der Firma „Opticom“, die Lizenzhabe für den PEVQ-Algorithmus ist. Das ausgewählte Video verdeutlicht die Abb. 5.



Abb. 5: Ausschnitt aus dem Referenzvideo [6]

Das Referenzvideo ist in CIF-Auflösung (352 x 288 Pixeln) und einer Datenrate von 59412 kbit/s unkomprimiert als AVI Datei gespeichert. Das Video läuft ca. 8 Sekunden bei 25 Bildern pro Sekunde und 200 Bilder insgesamt.

Das nächste Kapitel befasst sich mit der Umsetzung des Konzeptes in einem Softwaretool.

4 Implementierung und Tests des neuen Messsystems VSQMS

Die Implementierung des Messsystems VSQMS erfolgte unter Verwendung der Programmiersprache C# WPF (windows presentation framework) [15]. Das Tool wurde so implementiert, dass es in unterschiedlichen Modi (Transceiver, Receiver, Transmitter, Mirror) arbeiten kann. Diese werden durch die Bedienoberfläche angesteuert. Die Bedienoberfläche verdeutlicht die Abb. 6

Die Abb. 6 zeigt die Einstellung des Tools im Mode „Transceiver“, d.h. das Tool arbeitet als Sender und Empfänger. Man kann hier auch die Angaben zum Referenzvideosignal und zum codierten Signal (Codierungsart, Bildfrequenz, Auflösung) erkennen, die IP-Adressen der sendenden und der empfangenden Station, sowie die Portsnummern, die bei der Kommunikation verwendet werden.

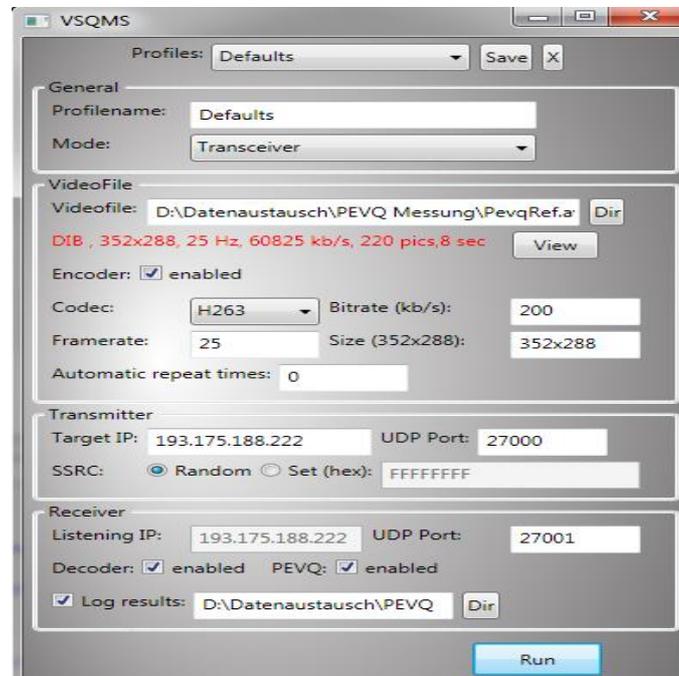


Abb. 6: Bedienoberfläche des Systems VSQMS

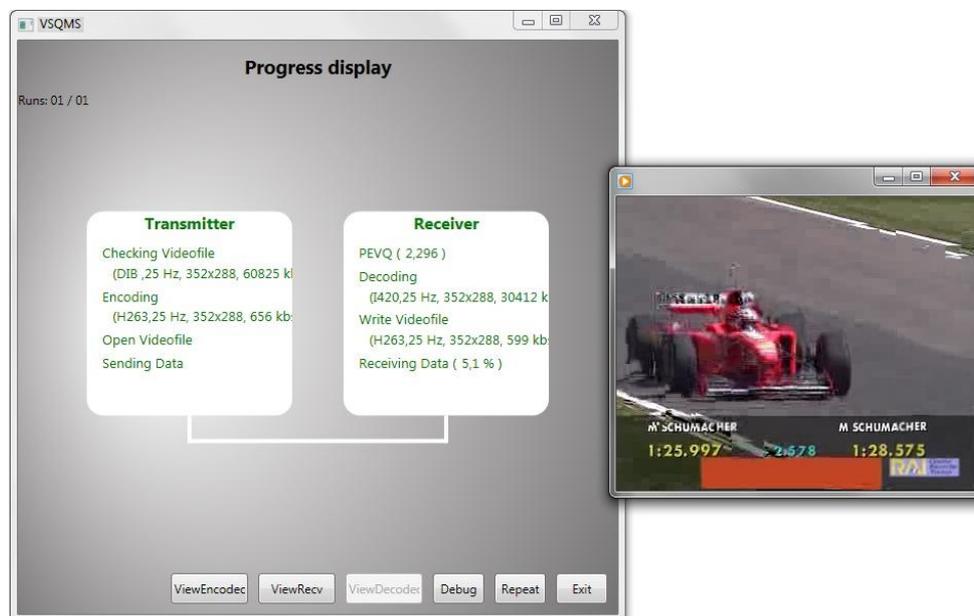


Abb. 7: Beispiel zur Auswertung des Qualitätsindex in einer realen Messung

Die Abb. 7 zeigt einen Report zu einer aktiven QoS-Messung in der IP-Umgebung aus der Abb. 1 (im Redirect Mode). In der letzten Zeile der Darstellung sieht man, dass in der IP-

Transportplattform Paketverluste im Umfang von 5,1% aufgetreten sind. Um eine Kontrolle über den Netzzustand zu haben, wurde in dem Wanulator aus der Abb. 1 für nicht deterministische Paketverluste der entsprechende Parameter auf 5% eingestellt. So große Paketverluste haben natürlich entsprechende Auswirkungen auf die Qualität des Dienstes VToIP. Die Darstellungen in der Abb. 7 verdeutlichen, dass der Qualitätsindex (vgl. Zeile PEVQ) den Wert von ca. 2,3 MOS aufweist. Man hat es hier also nur mit einer zufriedenstellenden Dienstgüte zu tun. Das verdeutlicht auch das ebenfalls in der Abb. 7 verankerte Bild mit dem empfangenen und decodierten Videosignal. Das Bild ist undeutlich, verschwommen, was auf schlechte Qualität der Übertragung hinweist. Man sieht, dass das Messsystem VSQMS nicht nur für objektive Analyse (QoS) sondern aber auch für die subjektive Analyse (QoE) eingesetzt werden kann. Das ist ein großer Vorteil für die Praxis.

Die oben dargestellten Ausführungen belegen, dass das Messtool richtig implementiert und seine Funktionalität bestätigt wurde. Damit ist das Tool in der Praxis einsetzbar. Dies wurde in der nächsten Untersuchungsreihe sofort ausgenutzt. Es handelt sich um die Untersuchung der Qualität des Videostroms beim Dienst VToIP als Funktion der Paketverluste im Netz (erzeugt durch den Wanulator aus der Abb.1). Bei dieser Untersuchung wurden zwei für VToIP gängigen Bildformate (CIF und QCIF) mit jeweils niedriger (363 kbps), mittlerer (1176 kbps) und hoher (2171 kbps) Codierungsrate untersucht. Die Ergebnisse sind in den Abb. 8 und 9 graphisch dargestellt. Die in der Untersuchungsreihe ermittelten Konfidenzintervalle waren kleiner als 10% der ermittelten Mittelwerte der Veränderlichen und der Leistungsgrößen (unter Annahme der Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%).

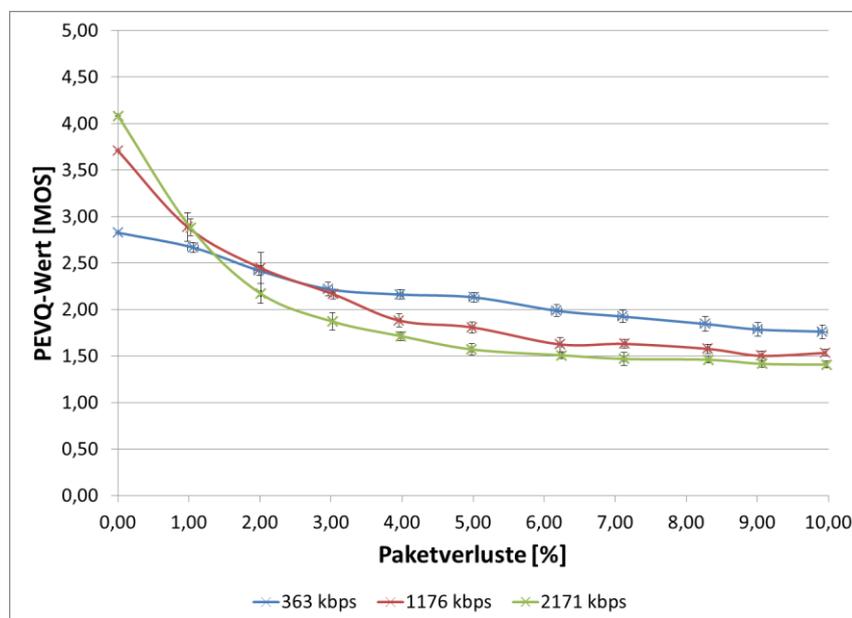


Abb. 8: *Qualitätsindex als Funktion der Paketverluste für das CIF-Format*

Alle QoS-Kurven aus der Abb. 8 haben einen exponentiellen, abklingenden Verlauf. Bei niedrigen Paketverlusten ist die Qualität entweder sehr gut (hohe Codierungsrate), gut (mittlere

Codierungsrate) oder zufriedenstellend (niedrige Codierungsrate). Ab ca. 3% der Paketverluste flachen die Kurven wesentlich ab. Man sieht auch, dass es sich ab ca. 3% der Paketverluste nicht lohnt, mit hohen Codierungsraten zu arbeiten. Hier sind Vorgänge mit niedrigen Codierungsraten vorteilhaft. Ein sehr wichtiger Hinweis für die Praxis!

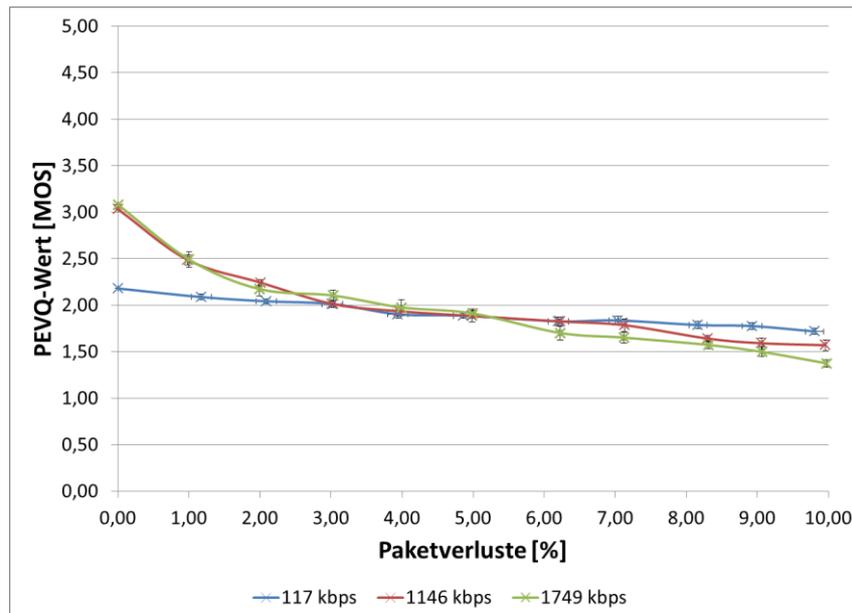


Abb. 9: Qualitätsindex als Funktion der Paketverluste für das QCIF-Format

Alle QoS-Kurven aus der Abb. 9 haben ebenfalls einen exponentiellen, abklingenden Verlauf, jedoch sind sie wesentlich flacher als im Fall des CIF-Formats. Außerdem kann die Qualität hier nur noch als gut (hohe und mittlere Codierungsrate) oder schlecht (niedrige Codierungsrate) bezeichnet werden. Man sieht auch, dass die Codierungsrate einen viel kleineren Einfluss auf die QoS-Werte hat, als das beim CIF-Format der Fall war. Man kann also feststellen, dass die mittlere Codierungsrate im Fall des QCIF-Formats völlig ausreichend ist. Das spart Bandbreite und verkürzt den Codierungsvorgang für Videodaten. Auch das ist ein wesentlicher Hinweis für die Praxis!

5 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Konzept für ein neues Messsystem zur Beurteilung der Qualität des Videostroms beim Dienst Video Telephony in IP-Umgebung (VToIP) vorgestellt. Das System basiert auf dem Prinzip einer aktiven Messung und verwendet zur Auswertung der vorliegenden Videosignale den PEVQ-Algorithmus. Das Tool kann zur Bestimmung sowohl der QoS als auch der QoE verwendet werden, was für die Praxis von besonderer Bedeutung ist. Solche Messsysteme sind zur Zeit auf dem Telekommunikationsmarkt sehr gefragt. Die durchgeführten Untersuchungsreihen liefern wertvolle Hinweise für die Implementierung des Dienstes VToIP.

Das hier vorgestellte Messsystem ermöglicht in einer aktiven Messung die Beurteilung der Qualität des Videosignals. Im Kapitel 2 wurde gezeigt, dass zur VToIP auch ein Audiosignal gehört. Es ist offensichtlich, dass eine komplette Beurteilung des Dienstes VToIP nur dann erfolgen kann, wenn beide Datenströme in diese Beurteilung einbezogen werden (vgl. das parametrisierte Modell aus der Empfehlung ITU-T G.1070). Dies bedeutet, dass parallel zur Bestimmung der QoS bei Videoströmen auch die Beurteilung der QoS bei Audioströmen erfolgen muss. Im Anschluss müssen die getrennt gewonnen Erkenntnisse über QoS auf geeignete Weise in einem Modell zusammengefasst werden. Aufgrund der Interaktivität des Dienstes VToIP wird es notwendig sein, in dem Modell Verzögerungsdifferenzen zwischen den Audio- und Videoströmen zu berücksichtigen. Die Firma „Nextragen“ GmbH aus Flensburg verfügt über ein QoS-Messsystem für VoIP (Trace_Sim_VoIP). Es bietet sich an, das in der Arbeit aufgebaute Messsystem in das Messsystem Trace_Sim_VoIP zu implementieren (Umschreiben auf die Sprache C++ ist hier erforderlich), und die dort ermittelten QoS-Werte bezüglich Video und Audio zu einem gemeinsamen QoS-Index zu bringen. In diese Richtung sind weitere Arbeiten geplant.

6 Quellen

- [1] Definition of the NGN, <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2001-200412-I>
- [2] Official registers of the EU No L 86/1: Directives for the creation of engineering standards in networks and electronic services, (March 2007)
- [3] ITU-T Recommendation J.247, <http://www.itu.int/rec/T-REC-J.247-200808-I>
- [4] ITU-T Recommendation G.1070, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.1080-200812-I>
- [5] PEVQ algorithm and tool, <http://www.opticom.de/download/PEVQ-WP-v07-A4.pdf>
- [6] The company Opticom, <http://www.opticom.de>
- [7] ITU-T H.323 protocol suite, <http://www.openh323.org/standards.html>
- [8] Christiansen, D., Uhl, T.: VoIP Kernqualifikationen. Christiani-Verlag, Konstanz 2006, 1. Auflage, ISBN 978-3-86522-242-8
- [9] IETF SIP protocol suite, <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>
- [10] The VoIP Provider SipGate, <http://www.sipgate.de>
- [11] 3CX IP-PBX/VoIP server, <http://www.3cx.de>
- [12] Trafficlyser® suite, <http://www.nextragen.de>
- [13] Tool FFmpeg, <http://www.ffmpeg.org/>
- [14] ITU-T Recommendation P.800, <http://www.itu.int/rec/T-REC-P.800-199608-I>
- [15] Framework WPF, http://de.wikipedia.org/wiki/Windows_Presentation_Foundation

Acknowledgment

Diese Arbeit wurde im Rahmen des durch die Innovationsstiftung Schleswig-Holstein finanzierten Drittmittelprojekts “NGN: QoS by Triple Play Services“ realisiert.