



**Leopold-Franzens-Universität
Innsbruck**

Institut für Informatik

***Analyse des Netzwerkverhaltens
von Echtzeit-Multimedia-Internetanwendungen
detaillierte Analyse von Videoconferencing***

Bakkalaureatsarbeit

eingereicht bei Dr.-Ing. Michael Welzl

Autor: Roland Wallnöfer

Innsbruck, 04.11.2004

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines.....	4
1.1	Einleitung	4
1.2	Aufgabenstellung	5
2	Grundlagen der Videokonferenz	5
2.1	Was ist eine Videokonferenz.....	5
2.2	Konferenztypen	5
2.2.1	Konferenz mit zwei Teilnehmern (Punkt zu Punkt Konferenz).....	5
2.2.2	Konferenz mit drei und mehr Teilnehmern (Multipoint Konferenz)	6
2.2.3	Videokonferenz Szenario	6
2.3	Netzwerkprotokolle	7
2.3.1	IP	7
2.3.2	TCP.....	8
2.3.3	UDP	8
2.3.4	H.323	8
2.3.5	H.320	9
2.3.6	T.120	9
2.3.7	G.722 und G.728	9
2.3.8	RTP.....	9
3	Teststrecke.....	10
3.1	Allgemeines.....	10
3.2	Aufbau der Teststrecke.....	10
3.3	Spezifikation der Teststrecke	11
3.3.1	Hardwarespezifikation	11
3.3.2	Softwarespezifikation.....	11
3.4	Verwendete Tools für die Durchführung der Tests.....	12
3.4.1	Netzwerkspezifische Tools	12
3.4.2	weitere Tools	13
3.5	Skripte	15
3.5.1	tc – Skripte	15
3.5.2	mgen – Skripte	15
3.5.3	Perl – Skripte	17
3.5.4	Gnuplot – Skripte	18
3.6	Beschreibung des Testablaufes	18
3.6.1	Ablaufbeschreibung	19
4	Diskussion der Testergebnisse	21
4.1	AOL Instant Messenger	21
4.1.1	Kein Hintergrundverkehr	21
4.1.2	Wenig Hintergrundverkehr	21
4.1.3	Mittlerer Hintergrundverkehr	22
4.1.4	Viel Hintergrundverkehr	22
4.1.5	Ruckartig auftretender Hintergrundverkehr	22
4.2	ICQ Instant Messenger.....	23
4.2.1	Kein Hintergrundverkehr	23
4.2.2	Wenig Hintergrundverkehr	23
4.2.3	Mittlerer Hintergrundverkehr	23
4.2.4	Viel Hintergrundverkehr	23
4.2.5	Ruckartig auftretender Hintergrundverkehr	24
4.3	iVisit.....	24
4.3.1	Kein Hintergrundverkehr	24

4.3.2	Wenig Hintergrundverkehr	24
4.3.3	Mittlerer Hintergrundverkehr	25
4.3.4	Viel Hintergrundverkehr	25
4.3.5	Ruckartig auftretender Hintergrundverkehr	25
4.4	Microsoft Netmeeting	26
4.4.1	Kein Hintergrundverkehr	26
4.4.2	Wenig Hintergrundverkehr	26
4.4.3	Mittlerer Hintergrundverkehr	26
4.4.4	Viel Hintergrundverkehr	26
4.4.5	Ruckartig auftretender Hintergrundverkehr	26
4.5	Datentransfer Tabelle	27
5	Zusammenfassung	28
5.1	AOL Instant Messenger	28
5.2	ICQ Instant Messenger	28
5.3	iVisit	29
5.4	Microsoft Netmeeting	29
5.5	Danksagung	29
5.6	Literaturverzeichnis	30

1 Allgemeines

1.1 Einleitung

Die Entwicklung der Videokonferenz begann bereits in den zwanziger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts parallel zur Entwicklung des Fernsehens; sie war jedoch am Markt bis zum Beginn der neunziger Jahre wenig erfolgreich. Dann führten verbesserte Kompressionsmöglichkeiten der nunmehr digitalen Daten, die Standardisierung der bis dato eigenen Verfahren, der Einzug des PC sowie die Verfügbarkeit von ISDN zu ersten Erfolgen. Mit der zunehmenden Umstellung auf IP-basierte Übertragungen profitiert die Videokonferenz heute immer stärker von der Verfügbarkeit breitbandiger Verbindungen - Experten sagen daher eine wachsende Verbreitung dieser Kommunikationstechnologie voraus.

Der Videokonferenzmarkt bietet heute eine Reihe von Anlagen- beziehungsweise Umsetzungsvarianten, deren Ausstattung im Wesentlichen vom Einsatzzweck abhängt.

Desktop-Systeme:

Bei Desktopsystemen handelt es sich um Videokommunikationslösungen, die in einen PC integriert sind. Es wird dafür neben einer externen Kamera (heute meist Webcam) auch ein Mikrofon beziehungsweise Headset benötigt. Man unterscheidet hardware-basierte (Codierung und Decodierung auf einer Steckkarte) und rein software-basierte Desktop-Systeme. Neben den relativ geringen Kosten bieten Desktopsysteme den Vorteil, dass der Anwender während der Videokonferenz vollen Zugriff auf seine Daten und die auf dem PC installierten Programme hat. Desktopsysteme eignen sich daher insbesondere dort, wo im Rahmen von Konferenzen auch eine gemeinsame Datenbearbeitung erfolgen soll, etwa mit Hilfe der Software NetMeeting.

Settop-Boxen / Rollabouts:

Diese Kompaktsysteme stellen voll integrierte Videokommunikationslösungen dar, zu deren Betrieb in der Regel lediglich noch ein Monitor und die entsprechenden Netzanschlüsse (ISDN und/oder LAN) benötigt werden. Aufgrund des geringen Gewichtes und der einfachen Installation eignen sich diese Geräte auch für den mobilen Einsatz.

Raumsysteme:

Raumsysteme sind modular aufgebaute, leistungsstarke Videokommunikationslösungen. Durch variable Ausstattungsmerkmale sind flexible Systemkonfigurationen für fast jede Anwendung möglich. Leistungsstarke Kameras, Ruummikrofone und große Monitore erlauben auch in großen Konferenzräumen die Integration dieser Systeme, die auch die Einbindung diverser Peripherieeinrichtungen wie zum Beispiel Dokumentenkameras ermöglichen.

Videokonferenzen haben einen hohen Ressourcenbedarf. Eine konstante Bereitstellung der geforderten Ressourcen ist schwierig, besonders dann, wenn auf den beteiligten Systemen noch andere Anwendungen laufen bzw. die Zusammensetzung der Konferenzgruppen sich dynamisch verändern kann. Die Absicherung einer ausreichenden Dienstqualität (Quality of

service, QoS) ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Dabei stellt sich die Frage, inwieweit die derzeit vorhandenen Anwendungen Quality of Service garantieren [1].

1.2 Aufgabenstellung

Ziel dieser Arbeit war die Installation und Evaluierung von verschiedenen Videokonferenz-Anwendungen auf zwei PCs und anschließendes Auswerten der erhaltenen Ergebnisse.

Im Speziellen konnte dabei auf folgende Punkte Bezug genommen werden:

- Verständnis der Grundprinzipien von Videokonferenz-Anwendungen
- Installation der verschiedenen Videokonferenz Anwendersoftware auf den zur Verfügung gestellten Rechnern
- Verständnis der Grundlagen für Netzwerke
- Analyse des auftretenden Netzwerkverkehrs
- Auswertung und graphische Darstellung der Testergebnisse
- Interpretation der Testergebnisse

2 Grundlagen der Videokonferenz

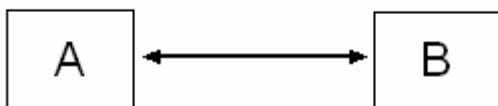
2.1 Was ist eine Videokonferenz

Eine Videokonferenz ist ein virtuelles Treffen von zwei oder mehreren räumlich getrennten Gesprächspartnern, die in Echtzeit über Audio und Video miteinander kommunizieren können. Gleichzeitig können sämtliche Daten (Audio, Video und Text) digitalisiert, untereinander ausgetauscht und gemeinsam bearbeitet werden.

2.2 Konferenztypen

2.2.1 Konferenz mit zwei Teilnehmern (Punkt zu Punkt Konferenz)

An einer Punkt zu Punkt Videokonferenz nehmen immer nur zwei Systeme teil. Das heißt aber nicht, dass bei dieser Art der Videokonferenz nur zwei Personen miteinander kommunizieren können. Es geht lediglich darum, dass aus Sicht des Transportnetzes nur zwei Endgeräte miteinander kommunizieren.



2.2.2 Konferenz mit drei und mehr Teilnehmern (Multipoint Konferenz)

An einer Multipoint Videokonferenz können drei oder mehr Systeme, die geographisch voneinander getrennt sind, teilnehmen.

Die verschiedenen Endgeräte werden durch eine Multipoint Control Unit (MCU) miteinander verbunden. Der prinzipielle Aufbau einer Multipoint Videokonferenz ist aus Abbildung 2.1 zu entnehmen. Die Endgeräte sind dabei so genannte „Kommerzielle Systeme“.

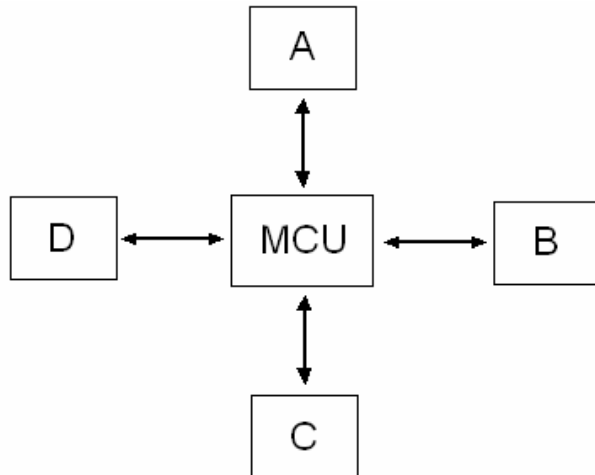


Abbildung 2.1: Multipoint Konferenz

2.2.3 Videokonferenz Szenario

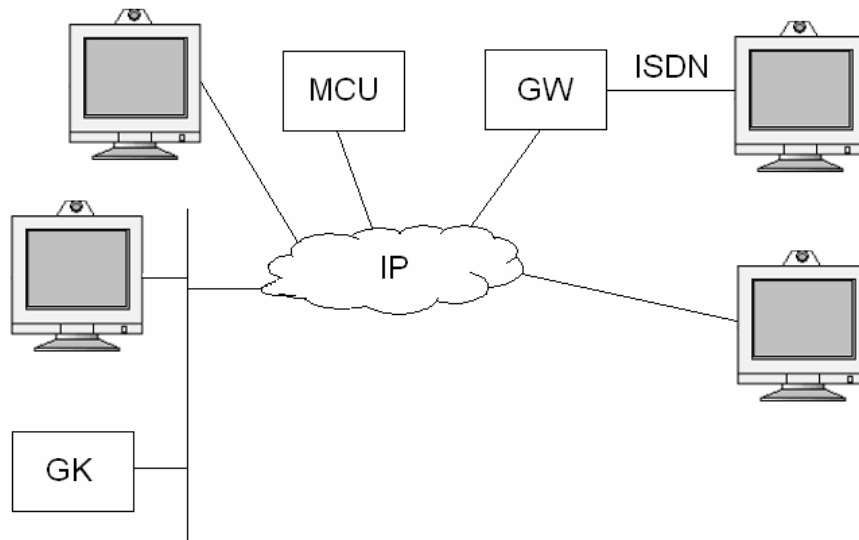


Abbildung 2.2: Videokonferenz Szenario

Multipoint Control Unit (MCU):

MCUs sind Sternverteiler für Gruppenkonferenzen. Sie sind immer dann notwendig, wenn mehr als zwei Teilnehmer an einer Konferenz teilnehmen wollen. Es handelt sich um Hard- und/oder Softwarelösungen, die eine oder mehrere Mehrpunktkonferenzen verwalten und steuern. Die MCU ist mit allen Teilnehmern verbunden. Sie verwaltet und regelt die ein- und ausgehenden Video- und Audiodatenströme.

Gatekeeper (GK):

Der Gatekeeper ist eine zentrale logische Komponente der Videokonferenz, die unter anderem den Verbindungsaufbau zwischen den Endgeräten und der MCU organisieren kann. Alle Geräte, welche einem Gatekeeper zugeordnet sind, befinden sich in der gleichen Zone (ähnlich den Vorwahlnummern beim Telefon).

Gateway (GW):

Ein Gateway verbindet unterschiedliche Netze miteinander und ist über die OSI-Schichten 4 bis 7 implementiert. Dabei konvertieren Gateways Protokolle ineinander, können aber auch die Kopplung von zwei Netzwerken übernehmen. Bei gemeinsamer Nutzung von ISDN- und TCP/IP-Endgeräten ist der Einsatz eines Gateways zwingend notwendig.

2.3 Netzwerkprotokolle

Ein Netzwerkprotokoll ist eine exakte Vereinbarung, nach der Daten über ein Computernetzwerk ausgetauscht werden. Mit Hilfe solcher Protokolle können Computer oder andere digitale Geräte zahlreiche Funktionen ausführen, z.B. Daten zu einem anderen Computer befördern, E-Mails verschicken, Web-Seiten laden, etc. Diese Funktionen bauen zum Teil aufeinander auf. Anschließend sollen nur die wichtigsten für diese Arbeit benötigten Protokolle kurz erläutert werden.

2.3.1 IP

Bei IP (Internet Protocol) handelt es sich um das wichtigste Protokoll in der Internetschicht des TCP/IP-Schichtenmodells. IP ist ein verbindungsloses Protokoll und für die Adressierung und Weiterleitung der Daten in einem Netzwerk verantwortlich.

IP adressiert die Datenpakete und sorgt in Kombination mit Protokollen wie RIP, OSPF, usw. dafür, dass der richtige Weg über diverse Router zum Ziel-Host gefunden wird (Routing). IP stellt fest, ob sich der Ziel-Host im lokalen Netzwerk befindet und das Paket direkt dorthin gesendet werden kann, oder ob das Paket über einen Router in ein entferntes Netzwerk versendet werden muss. Für diese Entscheidung spielt die Subnet-Mask die entscheidende Rolle.

2.3.2 TCP

Das TCP (Transmission Control Protocol) ist eines der zwei Wichtigsten Transport-Protokolle (das andere ist UDP) und befindet sich daher auch in der Transportschicht des TCP/IP-Schichtenmodells.

TCP ist ein verbindungsorientiertes Protokoll, d.h. dass zur Übertragung von Daten eine eigene Sitzung aufgebaut werden muss, über welche die Daten dann übertragen werden. Aufgrund dieses Konzeptes ist TCP ein zuverlässiges Transport-Protokoll. Die Daten werden in Segmenten übertragen, die mit Prüfsummen versehen werden. Zusätzlich wird jedem Segment eine fortlaufende Nummer hinzugefügt, wodurch zum einen der Verlust eines Segments bemerkt und zum anderen die Reihenfolge der Segmente kontrolliert werden kann. Die Prüfsumme sorgt dafür, dass Übertragungsfehler, d.h. beschädigte Segmente, entdeckt werden können.

Der Absender erwartet innerhalb einer vorgegebenen Zeit ein Bestätigungssignal, dass die Daten unbeschädigt angekommen sind. Wird innerhalb dieser Zeit die Bestätigung nicht empfangen, wird das Paket einfach erneut gesendet.

2.3.3 UDP

UDP (User Datagram Protocol) ist das zweite Protokoll in der Transportschicht des TCP/IP-Schichtenmodells. Es dient wie TCP auch dem Transport von Daten, im Gegensatz zu TCP handelt es sich bei UDP aber um ein verbindungsloses Protokoll. Das heißt, dass zur Übertragung keine Sitzung aufgebaut werden muss. Dadurch fehlen viele Sicherheitsextras, die das Protokoll unzuverlässig machen. Es wird weder kontrolliert, ob die Pakete tatsächlich am Ziel ankommen, noch ob die Reihenfolge der Pakete bei der Ankunft korrekt ist.

Aufgrund dieser Eigenschaft von UDP wird es für spezielle Anwendungen verwendet, die keine Bestätigung ihrer abgeschickten Pakete benötigen. Der Vorteil von UDP ist, dass die Übertragung der Daten unter Umständen schneller geht als bei TCP. Alle Sicherheitsfunktionen müssen in Form von zusätzlichen Bits dem Datenstrom hinzugefügt werden, was die zu übertragende Menge an Daten entsprechend erhöht; vieles davon kann man sich bei UDP sparen.

2.3.4 H.323

H.323 ist ein ITU-T-Standard (International Telecommunication Union) für Videokonferenzen über paketvermittelte Netzwerke, der das Zusammenspiel mehrerer spezifischer Protokolle beschreibt. Der Standard ist jedoch keine Qualitäts-Garantie für eine Videokonferenz-Anlage. Er sagt nur etwas über die Kompatibilität, bzw. die Interoperabilität einer Anlage aus. H.323 basiert auf H.320.

2.3.5 H.320

H.320 ist ein "Über-Standard" für Videokonferenzsysteme. H.320-kompatible Systeme verschiedener Hersteller müssen miteinander kommunizieren können. H.320 enthält H.261 als Video-Standard, G.722 und G.728 als Audio-Standards und T.120 als Definition für den Dokumentenaustausch.

2.3.6 T.120

Mit Hilfe des Protokolls T.120 werden Datenanwendungen innerhalb einer Videokonferenz realisiert. Es umfasst neun Richtlinien, welche den Verbindungsauf- und -abbau, die Flusskontrolle, die Zusammenarbeit mit MCUs, die Verwendung von Whiteboards, den Dateitransfer und das Application Sharing detailliert festlegen.

2.3.7 G.722 und G.728

Die Audiocodierungsstandards G.722 und G.728 werden von der ITU-T im Zusammenhang mit der Videokonferenz empfohlen. Ziel dieser Codierungsverfahren ist es, die menschliche Stimme, bei einer gegebenen Bandbreite, möglichst präzise zu übertragen. Der Standard G.722 beschreibt eine Audiocodierung für eine Bandbreite zwischen 48 kbit/s und 64 kbit/s, G.728 hingegen für eine Codierbandbreite von 16 kbit/s.

2.3.8 RTP

Das Realtime Transport Protocol ist ein durch den RFC 1889 als Internet-Standard festgelegtes Protokoll zum Transport von Echtzeitdaten über das Netz. Es stellt eine verbindungsorientierte Verbindung zwischen zwei oder mehr Rechnern her. Zum eigentlichen Transport der Daten verwendet RTP zumeist UDP, kann aber auch auf TCP oder ähnliche Protokolle aufsetzen. RTP erweitert das jeweilige Protokoll um die echtzeitspezifischen Erfordernisse.

Bei Videokonferenzen bietet es sich an, bei seiner Anwendung ein RTP konformes (darauf aufbauendes) Protokoll zu implementieren. RTP kümmert sich dabei darum, dass die Frames in der richtigen Reihenfolge (sequence number) und in der richtigen Zeit (timestamp) abgespielt werden [2].

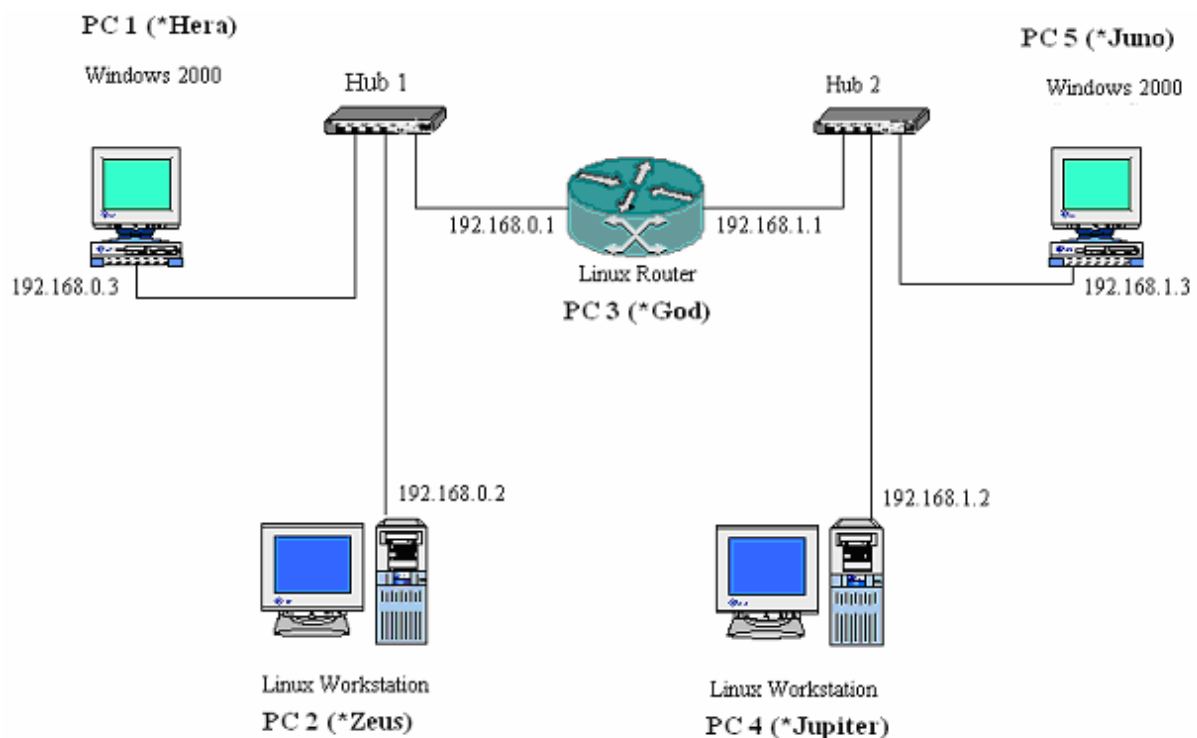
3 Teststrecke

3.1 Allgemeines

Die Teststrecke wurde vom Institut für Informatik zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe dieser Teststrecke konnten die Datenströme zwischen den einzelnen Rechnern genau gemessen und anschließend analysiert werden. Bei den Messungen der Datenströme wurde nach der Vorgabe des Betreuers dieser Arbeit vorgegangen. Grundsätzlich wird auf beiden Rechnern (PC 1 und PC 5) jeweils ein Videokonferenz Tool installiert bzw. gestartet und anschließend der Netzwerkverkehr zwischen den beiden PCs bestimmt. Die einzelnen Testszenarien werden später in diesem Kapitel noch detailliert beschrieben.

Der Teststreckenaufbau ist in Abbildung 3.1 zu sehen [6].

3.2 Aufbau der Teststrecke



* Namen der Computer in der verwendeten Teststrecke

Abbildung 3.1: Teststreckenaufbau

3.3 Spezifikation der Teststrecke

3.3.1 Hardwarespezifikation

Die Hardwarespezifikation ist für alle Rechner (PC 1 bis PC 5) dieselbe. Die entsprechenden Daten sind anschließend angegeben.

Prozessor: AMD Athlon XP 2200+
Mainboard: VIA Apollo VT8366/A
Graphikkarte: GeForce Ti 4400
Soundkarte: VIA-AC'97
Netzwerkkarte: Surecom EP320-R-100/10/M-PCI (100 MBit)
RAM: 512 MB DDR RAM

3.3.2 Softwarespezifikation

PC 1:

Betriebssystem: Windows 2000
Verwendungszweck: Rechner auf dem die zu testende Applikation läuft

PC 2:

Betriebssystem: Red Hat Linux 8.0 Kernel 2.4.18-24
Verwendungszweck: Aufzeichnen des Netzwerkverkehrs zwischen PC 1 und PC 3.

PC 3:

Betriebssystem: Red Hat Linux 8.0 Kernel 2.4.18-24
Verwendungszweck: Router

PC 4:

Betriebssystem: Red Hat Linux 8.0 Kernel 2.4.18-24
Verwendungszweck: Erzeugung von Hintergrundverkehr von PC 4 zu PC 2 sowie „ping“ auf PC 1 (für Staukontrolle)

PC 5:

Betriebssystem: Windows 2000
Verwendungszweck: Rechner auf dem die zu testende Applikation läuft

3.4 *Verwendete Tools für die Durchführung der Tests*

3.4.1 Netzwerkspezifische Tools

Name: tcpdump
Verwendungszweck: Protokollierung des Netzwerkverkehrs
Firma: Open Source
Version: 3.8
Quelle: <http://www.tcpdump.org/>
Beschreibung: tcpdump ist ein Programm, um den gesamten Netzwerkverkehr eines Interfaces mitzuschneiden und zu analysieren (sog. Sniffer). Dies kann in vielen Fällen sehr nützlich sein, um z.B. Fehler in Netzwerkverbindungen zu finden. Die mitprotokollierten Daten lassen sich anschließend mit Hilfe von tcpdump sehr gut analysieren [3].

Name: ping
Verwendungszweck: um auftretende Verzögerungen zu beobachten
Firma: Betriebssystemtool
Version: -
Quelle: auf jedem Rechner
Beschreibung: Ping (Packet InterNet Groper) bezeichnet ein Programm, das mittels ICMP-Protokoll die Übertragungszeiten zwischen zwei verschiedenen Rechnern im Internet ermittelt. Dabei wird ein bestimmtes Paket (ICMP ECHO_REQUEST) vom absendenden Rechner an den Zielrechner versandt. Der Zielrechner schickt dieses Paket wieder zurück (daher "Echo"_Request). Aus Ankunftszeit - Absendezeit errechnet PING dann die Laufzeit.

Name: mgen
Verwendungszweck: Erzeugen eines definierten Hintergrundverkehrs
Firma: Naval Research Laboratory
Version: 4.1
Quelle: <http://mgen.pf.itd.nrl.navy.mil/mgen.html>
Beschreibung: Multi-Generator (MGEN) ist ein Open Source Tool und wurde von der Naval Research Laboratory Gruppe entwickelt. Mit dem Tool mgen kann ein definierter UDP Netzwerkverkehr erzeugt werden. Dabei ist es möglich die Anzahl der UDP-Pakete und den Zeitraum, in welchem diese Pakete an einen bestimmten Zielrechner gesendet werden sollen, anzugeben. Durch dieses Tool konnte bei jedem Testablauf ein definierter Netzwerkverkehr generiert werden [4].

Name: tc
Verwendungszweck: Beschränkung der Bandbreite
Firma: Linux eigenes Programm
Version: -.
Quelle: <http://lartc.org/lartc.html>
Beschreibung: Das Programm tc [5] (Traffic Control) wird benötigt, um Queuing Disciplines, Verkehrsklassen und Trafficfilter im Linux Kernel zu managen. Es wurde in dieser Arbeit verwendet, um die vorhandene Bandbreite auf 512kbit zu reduzieren. Durch diese Maßnahme konnten vernünftige Messergebnisse erreicht werden.

3.4.2 weitere Tools

Die anschließend erwähnten Tools dienen im Wesentlichen der graphischen Darstellung der Testergebnisse und der Dokumentation der Arbeit und werden daher nicht genauer erläutert.

Gnuplot:

Wurde zur graphischen Darstellung der Testergebnisse verwendet.

Active Perl:

Mit diesem Programm wurden die Perlskripte ausgeführt.

Real One Player:

Abspielen des Matrix Testvideos auf PC 5.

Microsoft Word:

Wurde zur schriftlichen Dokumentation dieser Arbeit verwendet.

Adobe Acrobat:

Konvertierung der Arbeit in das pdf Format.

AOL Instant Messenger, ICQ Instant Messenger, iVisit, Microsoft NetMeeting:

Tools für das Durchführen von Videokonferenzen

Bei den Voruntersuchungen, welche Tools für die Analyse des Netzwerkverhaltens geeignet sind, wurden zusätzlich die Programme Yahoo Messenger, MSN Messenger und ICU2 in Betracht gezogen. Diese waren für die Untersuchung in dieser Arbeit aber nicht geeignet, da entweder die Videodaten oder/und die Audiodaten mit diesen Programmen mittels TCP übertragen wurden. Für die Untersuchungen in dieser Arbeit, sollte die Übertragung der jeweiligen Daten mittels UDP erfolgen (siehe Tabelle 1). Weiters sollten die jeweiligen Daten direkt vom Sender zum Empfänger PC geschickt werden.

Tool	Videodaten	Audiodaten
AOL Messenger	UDP	UDP
ICQ Messenger	UDP	UDP
iVisit	UDP	UDP
NetMeeting	UDP	UDP
Yahoo Messenger	TCP	UDP
MSN Messenger	TCP	UDP
ICU2	TCP	TCP

Tabelle 1: Übertragungsart der Video- und Audiodaten

3.5 Skripte

Bei dieser Arbeit wurden mgen-, tc-, Perl- und Gnuplot-Skripte [6] verwendet. Der Verwendungszweck der einzelnen Skripte soll anschließend kurz erklärt werden.

- mgen – Skripte: um einen zuvor genau definierten Hintergrundverkehr zu erzeugen
- tc – Skripte: um die Bandbreite zu beschränken
- Perl – Skripte: um die erhaltenen Messergebnisse auszuwerten
- Gnuplot – Skripte: um die aufbereiteten Messergebnisse graphisch darzustellen

3.5.1 tc – Skripte

```
tc qdisc add dev eth1 root handle 1: cbq avpkt 1000 bandwidth 100mbit
tc class add dev eth1 parent 1: classid 1:1 cbq rate 512kbit allot 1500
prio 5 bounded isolated
tc filter add dev eth1 parent 1: protocol ip prio 16 u32 match u32 0 0 at 0
flowid 1:1
```

tc-set.sh

Als erstes wird für device eth1 (zu behandelnde Netzwerkkarte) eine Queuing Strategie festgelegt, in diesem Fall cbq (Class Based Queueing), mit **tc qdisc**.

Dann kann mit **tc class** eine Klasse angelegt, und die dazugehörige Bandbreite eingestellt werden, in diesem Fall 512kbit.

Schließlich können noch Paketfilter, welche die einzelnen Pakete ihren Klassen zuweisen mit **tc filter** gesetzt werden.

Mit "tc qdisc del dev eth1 root" kann die erstellte Konfiguration wieder entfernt werden.

3.5.2 mgen – Skripte

Mgen wurde in den Versuchszwecken sowohl als Staugenerator als auch für das Setzen von timestamps verwendet. Mithilfe von ping wurde als erstes der Staubereich (Pakete pro Zeiteinheit) durch Variieren des mit mgen erzeugten Hintergrundverkehrs herausgefunden. Nach Ermittlung der Daten, konnten die vorliegenden Skripte umgeschrieben werden.

Hier zur Verdeutlichung das „hightraffic.mgen“ Script:

```
0.0 ON 10 UDP SRC 5001 DST 192.168.0.2/5000 PERIODIC [1 100]
30.0 ON 11 UDP SRC 5001 DST 192.168.0.2/5000 PERIODIC [1 100]
90.0 ON 12 UDP SRC 5001 DST 192.168.0.2/5000 PERIODIC [1 100]
120.0 ON 13 UDP SRC 5001 DST 192.168.0.2/5000 PERIODIC [1 100]

30.0 ON 1 UDP SRC 5000 DST 192.168.0.2/5000 PERIODIC [100 972]

0.1 OFF 10
30.1 OFF 11
90.0 OFF 1
90.1 OFF 12
120.1 OFF 13
```

Als erstes werden je fünf Transmission Events (Übertragungsereignisse) mit den FlowId's 10, 11, 12, 13 und 1 definiert. Dabei sind die ersten vier Events jene, die 100 Byte Markierungspakete schicken. Das fünfte Event, das ab der 30. Sekunde eintrifft, schickt dann in der Sekunde 100 Pakete mit jeweils 972 Byte Nutzlast (d.h. 1000Byte inklusive UDP – und IP – Header).

Folgende Scripts wurden für mgen erzeugt:

- **nottraffic.mgen**
Kein Hintergrundverkehr, es werden nur die Markierungspakete (timestamps) gesendet.
- **lowtraffic.mgen**
Es werden jeweils ab der 30. Sekunde 70 Pakete pro Sekunde mit je 972 Byte pro Paket gesendet.
- **middletraffic.mgen**
Es werden jeweils ab der 30. Sekunde 78 Pakete pro Sekunde mit je 972 Byte pro Paket gesendet.
- **hightraffic.mgen**
Es werden jeweils ab der 30. Sekunde 100 Pakete pro Sekunde mit je 972 Byte pro Paket gesendet.
- **burst.mgen**
Ein Burstverkehr in der 60. Sekunde (720ms lang) mit jeweils 200 Paketen (972 Byte pro Paket) wird generiert.

3.5.3 Perl – Skripte

Um die mit tcpdump erzeugten Outputfiles zu parsen, wurden Perlscripts eingesetzt. Das Ziel war dabei die Outputfiles so zu parsen, dass diese von Gnuplot visualisiert werden konnten.

Folgende Perlscripts wurden verwendet:

- **divideproto.pl**

Dem Script wird als Argument das zu parsende tcpdump outputfile übergeben. Dieses wird dann nach verschiedenen Kriterien geparkt und in sieben Files geschrieben:

UDP100

Hier werden alle UDP Pakete gespeichert, die der Server zum Client schickt.

UDP250

Hier werden alle mgen Pakete gespeichert.

UDPRest

Hier werden alle anderen UDP Pakete gespeichert

RTT

Hier werden die ping Pakete gespeichert, berechnet als RTT.

Die weiteren drei Files TCP100, TCP250 und TCPRest waren nicht von Bedeutung, da kein TCP Verkehr beobachtet wurde.

- **parseTraffic.pl**

Die von divideproto.pl erzeugten Files, außer RTT, können dann gnuplotgerecht weiter geparkt werden. Dem Script werden je zwei Argumente übergeben: das zu parsende File und der Name des zu erstellenden Files. So wird ein File im folgenden Format erstellt:

1.Spalte	Zeit in Sekunden
2.Spalte	Durchsatz in KByte/s
3.Spalte	Anzahl Pakete pro Sekunde

3.5.4 Gnuplot – Skripte

- throughput.plt

Visualisiert den Durchsatz der UDP – Pakete, die vom Sender gesendet werden und derer, die beim Empfänger ankommen. Dabei werden 2 Kurven (server send und client receive) übereinander gelegt. So kann visualisiert werden, wie die Anwendungen reagieren und wie viele Pakete verloren gehen.

- ping.plt

Visualisiert die Round Trip Time die mit ping gemessen wurde.

- packetInSec.plt

Visualisiert die in der Sekunde gesendeten UDP – Pakete vom Sender.

- mgentraffic.plt

Visualisiert den Durchsatz der mgen UDP – Pakete, die vom Sender gesendet werden und derer, die beim Empfänger ankommen. Dabei werden 2 Kurven (mgen send und mgen receive) übereinander gelegt.

- avPacketLenght.plt

Visualisiert die durchschnittliche UDP – Paketgröße, die in der Sekunde vom Sender übermittelt wird.

3.6 Beschreibung des Testablaufes

Um eine Videokonferenz zu simulieren, musste jeweils auf den Rechnern PC 1 und PC 5 das gleiche Videokonferenz Tool gestartet werden. Um immer den gleichen Netzwerkverkehr (Reproduzierbarkeit) bei jedem Tool zur Verfügung zu haben, wurde auf PC 5 mittels Real One Player das File „test_stream_max512.rm“, welches ein aus einem Zusammenschritt mehrerer schneller Szenen des Matrix Reloadet Trailers bestehendes Videofile darstellt, abgespielt. Dieses Videofile wurde aus der Arbeit „Analyse des Netzwerkverhaltens von Videostreaming im Internet“ [6] entnommen. Um die graphischen Daten auf PC 1 zu übertragen, wurde der gesamte Bildschirm von PC 5 mittels einer Web-Cam gefilmt. Dadurch konnten die bewegten Bilder einer Videokonferenz simuliert werden. Der Ton einer Videokonferenz konnte ebenfalls mit Hilfe des Files „test_stream_max512.rm“ auf PC 1 übertragen werden. Dies erfolgte in der Weise, dass die Daten vom Audioausgang des PC 5 auf dessen Mikrophoneingang umgelenkt und somit auf PC 1 übertragen wurden. Das heißt, die graphischen Daten werden mittels einer Web-Cam und die Audiodaten werden direkt vom Mikrophoneingang des PC 5 auf PC 1 übertragen. Für die einzelnen Testfälle waren immer nur die ersten 120 Sekunden des Videofiles von Bedeutung.

Abbildung 3.2: Testablauf und Datenflussrichtung“ zeigt eine prinzipielle Struktur [6] des Testverfahrens und des Verkehrsflusses.

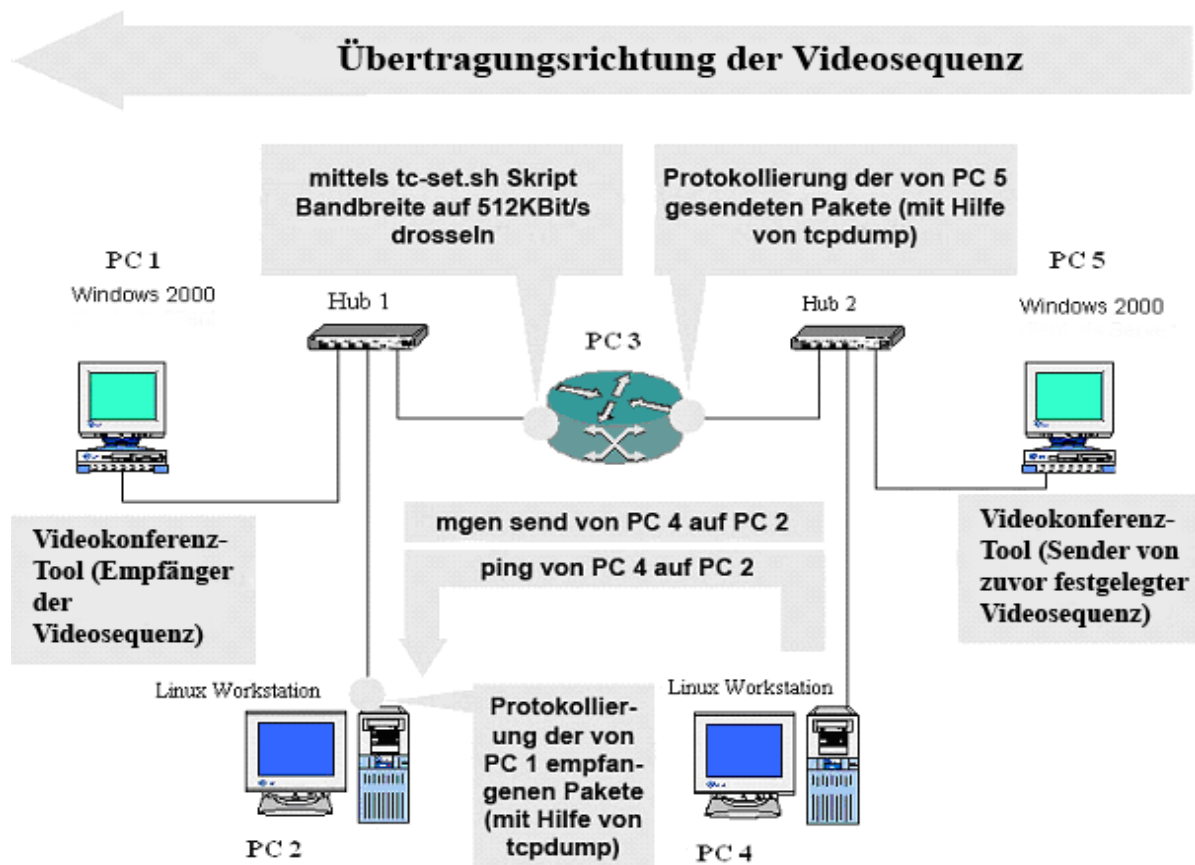


Abbildung 3.2: Testablauf und Datenflussrichtung

3.6.1 Ablaufbeschreibung

1. Auf beiden Windows 2000 Rechnern muss die zu testende Videokonferenz Anwendung gestartet und eine Verbindung zwischen PC 1 und PC 5 in der jeweiligen Anwendung aufgebaut werden.
2. tcpdump auf PC 2 mit dem Aufruf `tcpdump -i eth0 -vtttnn > tcpout.txt` in der shell starten.
3. tcpdump auf PC 3 mit dem Aufruf `tcpdump -i eth2 -vtttnn > tcpin.txt` in der shell starten;
4. tc auf PC 3 mit dem Script Aufruf `./tc-set.sh` setzen
5. Das File „test_stream_max512.rm“ auf PC 5 abspielen und mittels einer Web-Cam den gesamten Bildschirm filmen. Zusätzlich mit einem Koaxialkabel die analogen Audiodaten vom Audioausgang auf den Mikrophoneingang von PC 5 umlenken.
6. ping von PC 4 auf PC 2 starten: mit dem Aufruf `ping 192.168.0.2` in der shell starten

7. mgen auf PC 4 mit dem Script Aufruf `mgen input <mgenscript.mgen>` in der shell starten
8. Nach 120 Sekunden beendet mgen auf PC 4 die Aktion. Danach können alle Anwendungen gestoppt bzw. beendet werden.

Die beiden tcpdump Outputfiles tcpin.txt und tcpout.txt stehen auf PC 3 und PC 2 zur Verfügung. Dabei sind in tcpin.txt die vom Sender der festgelegten Videosequenz (PC 5) gesendeten Pakete und in tcpout.txt die nach der Staustelle (PC 3) vorhandenen Pakete protokolliert. Diese beiden Files können entsprechend geparkt und dann mit dem Programm Gnuplot dementsprechend visualisiert werden. Die entsprechenden Gnuplot Skriptfiles wurden bereits unter Punkt 3.5.4 näher erläutert.

4 Diskussion der Testergebnisse

Anschließend sollen die graphischen Testergebnisse genauer diskutiert werden. Im Folgenden sind die Programme

- AOL Instant Messenger (V. 5.5.3572)
- ICQ Instant Messenger (V. 2003b)
- iVisit (V.3.1.5)
- Microsoft Netmeeting (V. 3.01)

getestet worden. Es wurde bei jedem Programm jeweils mit mgen ein Hintergrundverkehr erzeugt und dabei die Videosequenz von PC 5 auf PC 1 übertragen.

Testläufe mit dem folgenden Hintergrundverkehr wurden durchgeführt:

1. Kein Hintergrundverkehr
2. Wenig Hintergrundverkehr
3. Mittlerer Hintergrundverkehr
4. Viel Hintergrundverkehr
5. Ruckartig auftretender Hintergrundverkehr

Die graphische Ausarbeitung der gewonnenen Testergebnisse für alle Programme und Szenarien befindet sich im Anhang dieser Arbeit.

4.1 AOL Instant Messenger

4.1.1 Kein Hintergrundverkehr

Bei diesem Videokonferenz Tool ist besonders auffällig, dass beim Start der Aufzeichnung der Durchsatz relativ groß ist (ca. 48 kByte/s) (Diagr. A.N.1). Daraus ergibt sich, dass am Anfang der Aufzeichnung die Round Trip Time (RTT) kurz ansteigt (Diagr. A.N.2). Mit der Zeit sinkt die Rate aber auf ein Maximum von ca. 5 kByte/s ab (Diagr. A.N.1). Weiters ist beim Durchsatz zu erkennen, dass dieser sehr stark variiert. Ab der 30. Sekunde bewegt sich dieser von ca. 5 kByte/s auf beinahe 0 kByte/s hin und her. Dieses Verhalten spiegelt sich auch in den Paketen pro Sekunde wieder (Diagr. A.N.3). Diese variieren ebenfalls sehr stark. Im Diagramm der durchschnittlichen Paketlänge pro Sekunde ist dies ebenfalls zu erkennen. Die durchschnittliche Paketlänge pro Sekunde schwankt sehr stark (Diagr. A.N.4). Es ist aber ersichtlich, dass alle gesendeten Daten von PC 5 auch von PC 1 empfangen werden (Diagr. A.N.1 server send und client receive).

4.1.2 Wenig Hintergrundverkehr

Bei diesem Testfall konnte nach Starten des von mgen generierten Hintergrundverkehrs (von der 30. bis zur 90. Sekunde Diagramm A.L.5) ein deutlicher Anstieg der Round Trip Time (RTT) (Diagr. A.L.2) bemerkt werden. Wobei auffallend ist, dass die RTT von der 30. Sekunde bis ca. der 40. Sekunde stetig ansteigt und anschließend wieder abnimmt. Ab der ca. 50. Sekunde ist die RTT beinahe wieder Null.

Das bedeutet, das Tool stellt sich nach einer gewissen Zeit besser auf den erzeugten Hintergrundverkehr ein.

Weiters auffallend ist, dass die Rate beim Start der Aufzeichnung wiederum sehr hoch ist, aber anschließend schnell abnimmt. Wie im vorigen Test schwankt die Rate sehr stark hin und her. Es ist auch zu erkennen, dass vor der 30. bis zur 90. Sekunde die empfangenen Daten bei PC 1 teilweise verzögert ankommen (Diagr. A.L.1 server send, client receive). In Diagramm A.L.3 ist deutlich zu sehen, dass ab der 30. Sekunde die Pakete pro Sekunde nach einer gewissen Zeit von ca. 40 Paketen auf beinahe 0 Pakete absinkt. Anschließend steigen die Pakete wieder auf ca. 40 an und werden wiederum auf beinahe 0 gesenkt. In Diagramm A.L.4 ist zu erkennen, dass in dem Zeitbereich, in dem die Anzahl der Pakete sehr klein ist, die durchschnittliche Paketlänge pro Sekunde von diesem Tool erhöht wird.

In Diagramm A.L.5 ist ersichtlich, dass der von mgen erzeugte Hintergrundverkehr von PC 4 zu PC 2 nicht mehr zur Gänze von PC 2 empfangen werden kann.

4.1.3 Mittlerer Hintergrundverkehr

Die Round Trip Time nimmt hier ab der 30. Sekunde bis ca. zur 50. Sekunde linear zu (Diagr. A.M.2). Ab der ca. 50. Sekunde scheint diese zwischen 1,3 Sekunden und 0,2 Sekunden hin und her zu pendeln. In Diagramm A.M.1 ist deutlich zu sehen, dass von der 30. bis zur 90. Sekunde nicht mehr alle gesendeten Pakete empfangen werden können. Weiters ist in diesem Diagramm zu erkennen, dass beim Start der Aufzeichnung die Rate (ca. 25 kByte/s) wesentlich niedriger als bei den vorigen beiden Testfällen ausfällt. Bei den Diagrammen „Pakete pro Sekunde“ und „durchschnittliche Paketlänge pro Sekunde“ zeigt sich in etwa das gleiche Bild wie beim Testfall „kein Hintergrundverkehr“. In Diagramm A.M.5 ist ein deutlicher Unterschied von ca. 5 kByte/s zwischen dem gesendeten Hintergrundverkehr von PC 4 und den empfangenen Daten von PC 2 zu erkennen.

4.1.4 Viel Hintergrundverkehr

Dieser Testfall ist in etwa mit dem zuvor besprochenen Testfall „mittlerer Hintergrundverkehr“ zu vergleichen. Die grundsätzlichen Verhaltensweisen bleiben die gleichen. Der einzige Unterschied zeigt sich im Anstieg der Round Trip Time auf ca. 1,4 Sekunden (Diagr. A.H.2). Der Unterschied zwischen den von mgen gesendeten und den empfangenen Daten von PC 2 (Diagr. A.H.5) ist hier um einiges höher (ca. 30 kByte/s). Daraus resultiert auch, dass sich der Unterschied der gesendeten und der empfangenen Daten von PC 5 auf PC 1 (Diagr. A.H.1) erhöht.

4.1.5 Ruckartig auftretender Hintergrundverkehr

Vergleicht man die Pakete pro Sekunde (A.B.3) und die durchschnittliche Paketlänge pro Sekunde (Diagr. A.B.4) bei diesem Testfall mit dem Testfall „kein Hintergrundverkehr“ lassen sich im Wesentlichen keine Änderungen feststellen. Das heißt, der ruckartige Hintergrundverkehr scheint bei AOL diese beiden Parameter nicht zu beeinflussen.

In Diagramm A.B.2 ist deutlich zu erkennen, dass bei Auftreten des ruckartigen Hintergrundverkehrs die Round Trip Time sprunghaft auf ca. 1,4 Sekunden ansteigt, aber anschließend auch wieder sofort absinkt.

Direkt nach dem Burst lässt sich aus Diagramm A.B.1 erkennen, dass mehr Pakete von AOL gesendet wurden, als empfangen wurden. Im Vergleich zum Testfall „kein

Hintergrundverkehr“ scheint es, dass die gesendeten Daten von AOL laut Diagramm A.B.1 zwar gesendet, aber mit einer kurzen Zeitverzögerung von PC 1 empfangen werden.

4.2 ICQ Instant Messenger

4.2.1 Kein Hintergrundverkehr

Bei diesem Testfall sind außer der schwankenden Rate (Diagr. I.N.1) und der variierenden Anzahl an Paketen pro Sekunde (Diagr. I.N.3) keine Besonderheiten zu entdecken. Die Round Trip Time (Diagr. I.N.2) bleibt bis auf einzelne Ausreißer auch beinahe auf 0.

4.2.2 Wenig Hintergrundverkehr

In Diagramm I.L.2 ist ersichtlich, dass die Round Trip Time bei ICQ ab der 30. Sekunde nicht so stark ansteigt wie beim vorher getesteten Tool AOL. Hier erhöht sich die Round Trip Time zwischen der 30. und 90. Sekunde nur minimal und scheint zwischen 0,1 und 0 Sekunden zu pendeln. In Diagramm I.L.1 zeigt sich ein ähnliches Verhalten wie beim Tool AOL. Am Anfang der Aufzeichnung ist die Rate relativ hoch, nimmt aber dann schell ab und pendelt zwischen ca. 5 kByte/s und 0 kByte/s hin und her. Weiters ist ersichtlich, dass bei diesem Testfall, bis auf einzelne Ausnahmen die gesamten gesendeten Pakete von PC 5 von PC 1 empfangen werden. Im Diagramm I.L.3 (Pakete pro Sekunde) und Diagramm I.L.4 (durchschnittliche Paketlänge pro Sekunde) zeigen sich keine Besonderheiten. Im Diagramm I.L.5 ist zu erkennen, dass der von mgen gesendete Hintergrundverkehr von PC 2 teilweise erst verzögert empfangen wird.

4.2.3 Mittlerer Hintergrundverkehr

Vergleicht man diesen Testverlauf mit dem Tool AOL ergeben sich beinahe die gleichen Verhaltensweisen. Ein Unterschied der auffällt ist, dass die Round Trip Time (Diagr. I.M.2) bei 30 Sekunden zwar auch linear ansteigt, aber ihr Maximum schon bei ca. 1,1 Sekunden erreicht, was im Gegensatz zu AOL etwas niedriger ausfällt. Ansonsten lassen sich keine Besonderheiten zum vorher getesteten Tool feststellen. In Diagramm I.M.1 ist ebenfalls zu erkennen, dass die Rate am Beginn der Aufzeichnung etwas höher ist, aber anschließend wieder abnimmt. Weiters ist zu erkennen, dass mehr Daten von ICQ gesendet werden als von PC 1 empfangen werden. Dieser Umstand spiegelt sich auch in dem von mgen erzeugten Hintergrundverkehr wieder. In Diagramm I.M.5 weisen die gesendeten und die empfangenen Daten einen Unterschied von ca. 5 kByte/s auf.

4.2.4 Viel Hintergrundverkehr

Hier lässt sich im Wesentlichen kein Unterschied zum Tool AOL feststellen. Auch die Round Trip Time (Diagr. I.H.2) steigt ab 30 Sekunden sprunghaft auf ca. 1,4 Sekunden an. Die RTT pendelt von der 30. Sekunde bis zur 90. Sekunde von ca. 1,4 und 0,3 Sekunden hin und her. Auch ist der Unterschied der Rate zwischen den gesendeten und empfangenen Daten in Diagramm I.H.1 deutlich zu erkennen. Ebenfalls besteht eine Differenz zwischen mgen send und mgen receive (Diagr. I.H.5) von ca. 30 kByte/s.

4.2.5 Ruckartig auftretender Hintergrundverkehr

Bei diesem Testfall ergeben sich bei den einzelnen Diagrammen Durchsatz, Pakete pro Sekunde und durchschnittliche Paketlänge pro Sekunde keine wesentlichen Unterschiede zu den beiden vorher getesteten Tools. Das bedeutet, dass ICQ bei Auftreten eines Bursts nicht merklich auf diesen zu reagieren scheint.

In der 60. Sekunde ist das Auftreten des Bursts durch ein kurzes Ansteigen der Round Trip Time (Diagr. I.B.2) zu erkennen. Auch werden deutlich mehr Daten von mgen generiert als am Empfänger PC ankommen (Diagr.I.B.5).

4.3 iVisit

4.3.1 Kein Hintergrundverkehr

Bei iVisit ist im Gegensatz zu den anderen drei Tools die Rate (Diagr. iV.N.1) um einiges größer (max. ca. 38 kByte/s). Im Unterschied zu den anderen getesteten Tools ist die Rate nicht nur am Anfang der Aufzeichnung relativ groß, sondern bewegt sich während der gesamten Aufzeichnungsphase in einem höheren Bereich. Dies ist auch bei den Paketen pro Sekunde (Diagr. iV.N.3) und der durchschnittlichen Paketlänge pro Sekunde (Diagr. iV.N.4) zu beobachten. Im Gegensatz zu den anderen getesteten Tools bleiben die Pakete pro Sekunde konstanter. Das bedeutet, es wird während der Übertragung beinahe eine konstante Anzahl von Paketen pro Sekunde gesendet. Auch auffallend ist, dass die durchschnittliche Paketlänge pro Sekunde (Diagr. iV.N.4) wesentlich höher als bei den anderen getesteten Tools (AOL, ICQ, und NetMeeting) liegt. Diese Abweichungen von iVisit machen sich auch im rein subjektiven Vergleich der Übertragungsqualität von Audio- und Videoqualität bemerkbar (siehe Abschnitt 5.3). In Diagramm iV.N.2 (RTT) sind keine Auffälligkeiten zu entdecken, auch bei iVisit ist bei diesem Testszenario die Round Trip Time während des gesamten Aufzeichnungszeitraums auf 0.

4.3.2 Wenig Hintergrundverkehr

Auch bei diesem Testfall fällt iVisit etwas aus der Reihe. Aufgrund der höheren Rate steigt die Round Trip Time (Diagr. iV.L.2) ab der 30. Sekunde sehr stark an (max. ca. 1,2 Sekunden) und pendelt anschließend bis zur 90. Sekunde von ca. 1 Sekunde auf 0,1 Sekunden hin und her. Auch in Diagramm iV.L.1 ist deutlich zu sehen, dass ab der 30. Sekunde mehr Daten von PC 5 gesendet werden als von PC 1 empfangen werden. Dabei ist zu erkennen, dass iVisit auf den von mgen generierten Hintergrundverkehr zu reagieren scheint und die Datenrate verringert. Dies ist auch in Diagramm iV.L.3 zu erkennen. Dort werden ab der ca. 55. Sekunde die Pakete pro Sekunde reduziert. Auch die durchschnittliche Paketlänge pro Sekunde (Diagr. iV.L.4) wird ab der ca. 55. Sekunde reduziert. In Diagramm iV.L.4 wird zusätzlich deutlich, dass ab der 30. Sekunde der von mgen generierte Hintergrundverkehr nicht vollkommen von PC 2 empfangen werden kann. Nach einiger Zeit (ab ca. der 55. Sekunde) stellt sich iVisit aber besser auf den Hintergrundverkehr ein und es kann beinahe der gesamte Hintergrundverkehr von PC 2 empfangen werden.

4.3.3 Mittlerer Hintergrundverkehr

Auch bei diesem Testszenario steigt die Round Trip Time (Diagr. iV.M.2) ab der 30. Sekunde sehr stark an (max. ca. 1,4 Sekunden). Dies unterscheidet sich nicht von den anderen getesteten Tools im Testfall „mittlerer Hintergrundverkehr. Auffällig hingegen ist, dass in Diagramm iV.M.1 die Rate ab der 30. Sekunde kontinuierlich abnimmt und ab der 90. Sekunde (wo kein Hintergrundverkehr mehr vorhanden ist) wieder linear ansteigt. Dass iVisit auf den erzeugten Hintergrundverkehr reagiert ist auch in Diagramm iV.M.3 (Pakete pro Sekunde) und Diagramm iV.M.4 (durchschnittliche Paketlänge pro Sekunde) zu erkennen.

4.3.4 Viel Hintergrundverkehr

Die Round Trip Time aus Diagramm iV.H.2 bleibt bis auf einen schnelleren Anstieg ab der 30. Sekunde und etwas höheren Werten eine ähnliche wie im Szenario mit mittleren Hintergrundverkehr. Auch der Throughput (Diagr. iV.H.1) verhält sich ähnlich nur mit dem Unterschied, dass noch weniger gesendete Daten den Empfänger erreichen und die Reaktion des Tools auf den Hintergrundverkehr deutlicher ausgeprägt ist.

4.3.5 Ruckartig auftretender Hintergrundverkehr

Der ruckartige Hintergrundverkehr bewirkt ab der 60. Sekunde einen kurzzeitigen Anstieg der Round Trip Time (Diagr. iV.B.2) auf ca. 1 Sekunde. Dass iVisit auf diesen ruckartigen Hintergrundverkehr sofort reagiert, ist deutlich in Diagramm iV.B.3 zu sehen. Ab der 60. Sekunde sinken die Pakete pro Sekunde auf ca. 5 Pakete pro Sekunde ab. Bei der durchschnittlichen Paketlänge pro Sekunde (Diagr. iV.B.4) ist keine Aussage zu treffen, ob jetzt die Paketlänge wegen des Bursts gesenkt wurde, da die Paketlänge im Allgemeinen sehr stark schwankt.

4.4 Microsoft Netmeeting

4.4.1 Kein Hintergrundverkehr

Netmeeting verhält sich ähnlich den zwei getesteten Tools (AOL und ICQ). Die Round Trip Time (Diagr. NM.N.2) bleibt bis auf einzelne Ausreißer während des gesamten Zeitraums auf 0. Beim Durchsatz (Diagr. NM.N.1) ist wiederum auffallend, dass dieser zu Beginn der Aufzeichnung relativ hoch ist (ca. 52 kByte/s), sich aber nach wenigen Sekunden wieder absenkt. Die Pakete pro Sekunde (Diagr. NM.N.3) und die durchschnittliche Paketlänge pro Sekunde (NM.N.4) schwanken wiederum sehr stark.

4.4.2 Wenig Hintergrundverkehr

Auch bei diesem Testszenario steigt die Round Trip Time (Diagr. NM.L.2) von der 30. bis zur 90. Sekunde nur minimal an. Im Diagramm NM.L.5 ist zu erkennen, dass die von mgen generierten Daten teilweise verzögert vom Empfänger empfangen werden, aber es scheinen bei diesem Testfall noch alle gesendeten Daten beim Empfänger anzukommen. Der Durchsatz und die weiteren Diagramme zeigen keine Besonderheiten.

4.4.3 Mittlerer Hintergrundverkehr

Bei diesem Testfall steigt die Round Trip Time (Diagr. NM.M2) ab der 30. Sekunde linear an. Ab der ca. 50. Sekunde pendelt die RTT zwischen ca. 1,3 Sekunden und 0,2 Sekunden hin und her. In Diagramm NM.M.1 (Throughput) ist deutlich zu erkennen, dass ab der 30. bis zur 90. Sekunde mehr Daten gesendet werden als vom Empfänger empfangen werden können. Dieser Umstand spiegelt sich auch in Diagramm NM.M.5 (mgen generierte Daten) wieder.

4.4.4 Viel Hintergrundverkehr

Hier lassen sich keine wesentlichen Unterschiede zum vorigen Testfall feststellen. Aufgrund des höheren Hintergrundverkehrs steigt die Round Trip Time etwas schneller an. Auch ist in Diagramm NM.H.1 (Throughput) und NM.H.5 (mgen Traffic) zu erkennen, dass wesentlich weniger Daten beim Empfänger eingehen als beim vorigen Testfall.

4.4.5 Ruckartig auftretender Hintergrundverkehr

Bei diesem Testszenario steigt die Round Trip Time (Diagr. NM.B.2) auf ca. 0,7 Sekunden. Das ist von allen Tools, die im Testfall „ruckartig auftretender Hintergrundverkehr“ verglichen wurden, der niedrigste Wert. Beim Durchsatz (Diagr. NM.B.1) ist beim Auftreten des Bursts ein zeitverzögerter Empfang der gesendeten Daten zu erkennen. Auch bei dem von mgen generierten Hintergrundverkehr (Diagr. NM.B.5) ist zu bemerken, dass nur ca. 50% der erzeugten Daten von mgen beim Empfänger ankommen.

4.5 Datentransfer Tabelle

Anwendung	gesendet [Kbyte]	empfangen [Kbyte]	Verlust [Kbyte]	Anteil [%]
FTP Download [6]*				
Kein Verkehr	13977,92	13977,92	0,00	0,00
Wenig Verkehr	10433,03	10433,03	0,00	0,00
Mittlerer Verkehr	8069,77	8069,77	0,00	0,00
Viel Verkehr	6314,65	6303,77	10,88	0,17
Ruckartiger Verkehr	13833,83	13833,83	0,00	0,00
			gesamt	0,17
AOL Messenger				
Kein Verkehr	557,60	557,60	0,00	0,00
Wenig Verkehr	456,88	456,88	0,00	0,00
Mittlerer Verkehr	359,45	307,98	51,47	14,32
Viel Verkehr	480,27	368,42	111,85	23,29
Ruckartiger Verkehr	506,55	504,22	2,33	0,46
			gesamt	38,07
ICQ Messenger				
Kein Verkehr	418,11	418,11	0,00	0,00
Wenig Verkehr	488,55	488,55	0,00	0,00
Mittlerer Verkehr	523,49	470,84	52,65	10,06
Viel Verkehr	479,30	376,18	103,12	21,51
Ruckartiger Verkehr	223,90	223,90	0,00	0,00
			gesamt	31,57
iVisit				
Kein Verkehr	2798,54	2798,20	0,34	0,01
Wenig Verkehr	2055,00	1905,02	149,98	7,30
Mittlerer Verkehr	708,50	607,26	101,24	14,29
Viel Verkehr	584,05	474,22	109,83	18,80
Ruckartiger Verkehr	1374,66	1372,14	2,52	0,18
			gesamt	40,58
Netmeeting				
Kein Verkehr	478,46	478,46	0,00	0,00
Wenig Verkehr	541,91	541,91	0,00	0,00
Mittlerer Verkehr	432,63	378,00	54,63	12,63
Viel Verkehr	451,58	333,82	117,76	26,08
Ruckartiger Verkehr	436,54	436,54	0,00	0,00
			gesamt	38,71

*Achtung! Die gemessenen Werte der einzelnen Szenarien des FTP Downloads beziehen sich auf eine andere Bandbreitenbeschränkung sowie anderen Hintergrundverkehr. Wichtig ist nur die letzte Spalte mit dem Verlustanteil in Prozent, der möglichst nahe bei Null liegen sollte.

5 Zusammenfassung

Mit der vorliegenden Arbeit sollte das grundsätzliche Netzwerkverhalten von Videokonferencing Tools bezogen auf bestimmte Testfälle analysiert werden. Mit Hilfe der graphischen Darstellung aus speziellen Testfällen von Durchsatz, Round Trip Time, Pakete pro Sekunde und der durchschnittlichen Paketlänge pro Sekunde sollte das jeweilige Verhalten der Tools AOL, ICQ, iVisit und Netmeeting miteinander verglichen werden. Zusätzlich sollte mit dieser Arbeit ein allgemeines Verständnis für die Grundlagen von Netzwerken erreicht werden.

Im Anschluss folgt eine Zusammenfassung der Ergebnisse.

5.1 AOL Instant Messenger

Bezogen auf den prozentuellen Verlust der Daten belegte AOL im Durchschnitt über alle Testfälle den zweiten Platz. Im Vergleich zu den Tools ICQ und Netmeeting konnten hingegen aufgrund der graphischen Auswertungen keine wesentlichen Unterschiede festgestellt werden. Am ehesten ist eine Reaktion des Tools auf den erzeugten Hintergrundverkehr im Testfall „wenig Hintergrundverkehr“ zu erkennen. Hier steigt zu Beginn des Verkehrs die Round Trip Time kurz an, sinkt aber anschließend wieder stetig ab. Zu erwähnen ist noch, dass mit dem Tool AOL bei dem Testfall „mittlerer Hintergrundverkehr“ während der 30. und der 90. Sekunde am PC 1 nur mehr einzelne Bilder der Videodatei sehr zeitverzögert am Bildschirm wahrgenommen werden konnten. Beim Testfall „viel Hintergrundverkehr“ entstand zwischen der 30. und der 90. Sekunde auf dem Bildschirm von PC 1 der Eindruck eines Standbildes. Die Sprache war während des Zeitraums des Hintergrundverkehrs bei diesen beiden Testfällen nicht mehr zu verstehen.

5.2 ICQ Instant Messenger

Das Tool ICQ hat im Vergleich zu allen getesteten Videoconferencing Programmen im Schnitt über alle Testfälle den geringsten prozentuellen Verlust an Daten (31,57%). Im Vergleich zu den Tools AOL und Netmeeting weisen die graphischen Auswertungen der einzelnen Testfälle jedoch keine Besonderheiten auf. Auf den generierten Hintergrundverkehr scheint ICQ aber nicht merklich zu reagieren.

Wie auch beim Tool AOL wurden im Testfall „mittlerer Hintergrundverkehr“ während der 30. und der 90. Sekunde nur einzelne Bilder an PC 1 geschickt. Auch im Testfall „viel Hintergrundverkehr“ konnte während des Zeitraums des von mgen generierten Hintergrundverkehrs nur ein Standbild wahrgenommen werden. Ebenfalls war die Sprache bei diesen beiden Testfällen während der 30. und der 90. Sekunde nicht mehr zu verstehen.

5.3 iVisit

Unter allen getesteten Tools weist iVisit im Durchschnitt zwar den höchsten prozentuellen Verlust an Daten (40,58%) auf, aber dieses Tool scheint laut den graphischen Auswertungen am ehesten auf den jeweils generierten Hintergrundverkehr zu reagieren. Weiters hat iVisit in der Übertragungsqualität der Audio- und Videodaten im Vergleich zu den anderen Tools in den Testfällen „kein Hintergrundverkehr“ und „wenig Hintergrundverkehr“ rein subjektiv betrachtet am besten abgeschnitten. Bei iVisit war im Gegensatz zu den anderen Tools beim Testfall „kein Hintergrundverkehr“ die Rate während des gesamten Aufzeichnungszeitraums relativ groß. Bei den anderen Testfällen war bei einer Erhöhung des Hintergrundverkehrs bei iVisit pro Sekunde ein deutlicher Rückgang der Pakete sowie der durchschnittlichen Paketlänge zu beobachten.

Beim den Testfällen „mittlerer Hintergrundverkehr“ und „viel Hintergrundverkehr“ konnte bei iVisit während der 30. und der 90. Sekunde auf PC 1 nur mehr ein Standbild wahrgenommen werden. Die Sprache war während dieser 60 Sekunden auf PC 1 nicht mehr zu verstehen.

5.4 Microsoft Netmeeting

Netmeeting belegte im Ranking um den Datenverlust im Schnitt über alle Testfälle den dritten und vorletzten Platz. Im direkten Vergleich zu den Tools AOL und ICQ lassen sich bei den graphischen Auswertungen der Testfälle keine Auffälligkeiten entdecken. Auch scheint das Tool kaum auf den von mgen generierten Hintergrundverkehr zu reagieren. Netmeeting reagierte bei den Testfällen „mittlerer Hintergrundverkehr“ und „viel Hintergrundverkehr“ aus visueller und akustischer Sicht ähnlich wie die Programme AOL und ICQ.

5.5 Danksagung

Für die Betreuung und Unterstützung bei dieser Arbeit möchte ich mich besonders bei Herrn Dr.-Ing. Michal Welzl bedanken. Weiters danke ich dem Institut für Informatik der Universität Innsbruck für die Bereitstellung der Teststrecke. Mein Dank gilt auch den Studenten Muhlis Akdag, Marcus Fischer, Andreas Radinger und Thomas Rammer deren Arbeiten und Skripte mir eine große Hilfe beim Durchführen der Testabläufe waren.

5.6 Literaturverzeichnis

- [1] Produktgruppen Videokonferenzsystemen 14.11.2002
<http://vcc.urz.tu-dresden.de/vc-systeme/gruppen.html>
- [2] Enzyklopädie verwendet für Protokollerläuterungen
<http://de.wikipedia.org/wiki/Hauptseite>
- [3] Dokumentation von tcpdump
Programm zur Protokollierung des Netzwerkverkehrs (letztes Update 22.06.2004)
<http://www.tcpdump.org/>
- [4] Dokumentation von mgen
Tool zum Erzeugen von zuvor definiertem Hintergrundverkehr
<http://mgen.pf.itd.nrl.navy.mil/mgen.html>
- [5] Linux Advanced Routing and Traffic Control (Programm tc)
Bert Hubert, Thomas Graf, Gregory Maxwell, Remco van Mook, Martijn van Oosterhout, Paul B Schroeder, Jasper Spaans, Pedro Larroy – 31.03.2004
<http://lartc.org/howto/>
- [6] Teststreckenaufbau und Vergleichswerte
Akdag Muhlis – 29.04.2004
<http://www.welzl.at/teaching/baks/akdagmuhlis/BakArbeitAkdagMuhlis.pdf>