

Effiziente Medienstromverteilung in geschlossenen Peer-to-Peer-Videokonferenzsystemen

Daniel Rakel und Hartmut König

{dar, koenig}@informatik.tu-cottbus.de

Abstract: Bedingt durch das Fehlen einer arbeitsfähigen Sender-initiierten Multicast-Infrastruktur im Internet, müssen Teilnehmer geschlossener P2P-Videokonferenzen ihre Mediendaten bislang Punkt-zu-Punkt an die Partner senden. Dadurch wird ein hohes Datenaufkommen erzeugt, das oft die verfügbare Bandbreite übersteigt. Der Beitrag skizziert Lösungen für eine effiziente Verteilung von Medienströmen in geschlossenen P2P-Videokonferenzsystemen, die das Datenaufkommen reduzieren und die vorhandenen Netzressourcen besser zu nutzen versuchen. Die vorgestellten Lösungsansätze wurden in das Mehrteilnehmer-Videokonferenzsystem BRAVIS implementiert. Auf der Grundlage von Messwerten konnte eine Leistungssteigerung durch die umgesetzten Strategien nachgewiesen werden.

1 Einleitung

Verfügbarkeit, Flexibilität, Zuverlässigkeit und Qualität sind die Anforderungen an einen modernen Videokonferenzdienst im Internet. In zentralen Videokonferenzsystemen, z.B. basierend auf dem H.323-Standard, kommunizieren die Teilnehmer mit einem oder mehreren Konferenzservern. Konferenzen sind abhängig von teuren zentralen Komponenten, wie sie z.B. durch den Dienst *DFNVideoConference* [DFN] zur Verfügung gestellt werden. Die Endsysteme benötigen keine hohe Internetzugangsbandsbreite, die Server bilden jedoch den Flaschenhals und *Single Point Of Failure* in der Kommunikation. Dezentrale Videokonferenzsysteme arbeiten nach dem Peer-to-Peer-Prinzip. Sie sind skalierbarer, fehlertoleranter und erlauben spontan Konferenzen. Die Verteilung der Audio- und Videoströme mittels IP-Multicast, wie z.B. bei den Mbone-Tools [NG], reduziert die Übertragungsrate und die Netzbelastung. IP-Multicast ist jedoch nicht überall verfügbar. Geschlossene Gruppen ließen sich auf Grund des Empfänger-initiierten Ansatzes nur über eine aufwändige Verschlüsselung der Daten realisieren. Das hohe Datenaufkommen einer total vermaschten Topologie führt zu Staus, Verlusten und Verzögerungen der Datenpakete und damit zu einer Verschlechterung der Dienstgüte. Dieser Beitrag stellt Lösungen zur Effizienzsteigerung der Medienstromverteilung in geschlossenen P2P-Videokonferenzsystemen vor. Durch eine Reduzierung der übertragenen Daten und besserer Ausnutzung der verfügbaren Netzressourcen sollen sie helfen, die Dienstgüte der Medienströme zu sichern. Die Ansätze sind für das Videokonferenzsystem BRAVIS umgesetzt worden.

2 Das Videokonferenzsystem BRAVIS

BRAVIS (*Brandenburg Video conferencing System*) [BV] ist ein dezentrales Mehrteilnehmer-Desktop-Videokonferenzsystem für dynamische geschlossene Gruppen in IP-Netzen. Es dient der Diskussion vertraulicher Themen zwischen maximal 20 Teilnehmern. BRAVIS verwendet in der aktuellen Umsetzung Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zwischen den Teilnehmern der Konferenz. Durch die direkte Adressierung jedes einzelnen Teilnehmers und den Einsatz des Signalisierungsprotokolls GCP [ZK02] kann die Geschlossenheit der Gruppe gewährleistet werden. Eine Sicherheitsarchitektur, die einen umfassenden Schutz aller ausgetauschten Daten vorsieht, wird derzeit integriert. Die Audio- und Videoströme eines Teilnehmers werden an alle anderen Teilnehmer in der Konferenz übertragen. Eine *Silence Detection* reduziert die Audiodaten. Die Verwendung einer Intraframe-Kodierung erlaubt eine einfache dynamische Skalierung der Videoströme. Der aktuelle Sprecher wird mit einer höheren Bildauflösung übertragen. Für einen Teilnehmer ist abhängig von der Videoskalierung eine Internetzugangsbandbreite zwischen 1 und 15 Mbit/s für eine Konferenz mit maximaler Teilnehmerzahl erforderlich. Das gesamte Datenaufkommen in einer Videokonferenz kann sich damit auf über 100 Mbit/s belaufen. Trotz der stetig wachsenden Übertragungsraten im Internet sind diese noch nicht ausreichend, um für eine große Anzahl von Endsystemen eine gute Übertragungsqualität von multimedialen Echtzeitdaten zu sichern. Die vielen Paketduplikate bereits eines Teilnehmers erzeugen ein so hohes Datenaufkommen, das oft trotz der eingesetzten Maßnahmen zur Datenreduktion schon die Internetzugangsbandbreite übersteigt.

3 Ansätze zur effizienten Verteilung der Medienströme

Zur Effizienzsteigerung der Medienstromverteilung in geschlossenen P2P-Videokonferenzsystemen wurden die folgenden drei Ansätze im Rahmen einer Diplomarbeit [Rak04] erarbeitet und für das Videokonferenzsystem BRAVIS umgesetzt.

Clustering. Oft befinden sich mehrere Teilnehmer einer Konferenz am gleichen Standort, z.B. in einem LAN oder Campusnetz. Das Wissen darüber kann ausgenutzt werden, um einen Medienstrom nur jeweils einmal an die entfernten Standorte zu übertragen und lokal zu verteilen. Lokale Netze stellen meist hohe Bandbreiten mit nur geringen Verzögerungen und Jitter zur Verfügung. Beim Sender kann dafür die Ausgangsdatenrate in das Weitverkehrsnetz reduziert werden. Dazu werden alle Teilnehmer im gleichen Netz zu einem *Cluster* zusammengefasst. Jeder Teilnehmer versendet seine Medienströme nur an einen Teilnehmer, seinen *ausgewählten Empfänger*, je Cluster (siehe Abb. 1). Die Pakete aus anderen Clustern werden vom ausgewählten Empfänger dupliziert und an die anderen Clustermitglieder weitergeleitet. Innerhalb eines Clusters tauschen die Teilnehmer ihre Medienströme direkt miteinander aus. Abhängig vom Vertraulichkeitsgrad kann auf alternative Kommunikationsformen wie Broadcast oder IP-Multicast zurückgegriffen werden. Die hierarchische Medienstromverteilung zwischen Clustern kann den Internetzugang der Teilnehmer entlasten und den Datenverkehr der Videokonferenz im Internet verringern. Messungen mit unterschiedlichen Clusterkonstellationen zeigen, dass die Weiterleitung

von Paketen weder die Leistung der ausgewählten Empfänger noch die Ende-zu-Ende-Verzögerung der Medienströme wesentlich beeinflusst. Die zusätzliche Verzögerung lag im ungünstigsten Fall unter 3 ms. Im Gegenzug kann eine vorteilhafte Clustereinteilung der Gruppe das gesamte globale Datenaufkommen in der Konferenz um 90 % reduzieren.

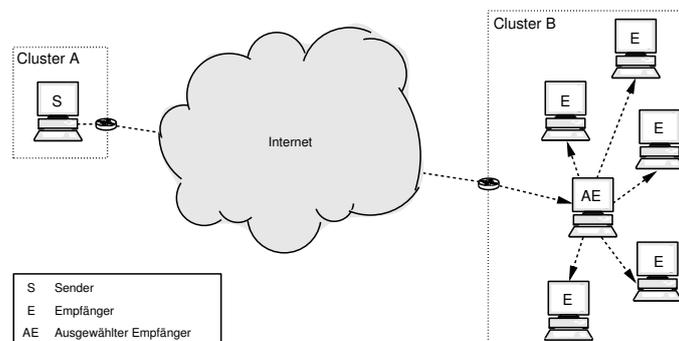


Abbildung 1: Medienstromverteilung mit Clusterbildung

Overlay Multicast. Befinden sich alle Teilnehmer an verschiedenen Standorten im Internet, besteht die Gruppe aus Clustern mit jeweils nur einem Teilnehmer. Eine Reduzierung der über das Internet übertragenen Datenmengen findet nicht statt. Aus diesem Grund wird gegenwärtig an einer alternativen Übertragungstopologie gearbeitet, die mit dem Clustering kombiniert werden kann. Dabei wird versucht, die Vorteile von IP-Multicast auf der Anwendungsebene weitgehend durch einen Overlay-Multicast-Ansatz ähnlich *End System Multicast (ESM)* [CRZ00, CRSZ01] nachzubilden. Entgegen ESM werden jedoch mehrere simultane Sender berücksichtigt. Die Mediendaten fließen über mittels eines angepassten *Shortest-Widest-Path-Algorithmus* [WC95] erstellte Verteilungsbäume, die über die Teilnehmer einer Konferenz aufgespannt sind. Die Endsysteme duplizieren die empfangenen Pakete und leiten sie an nachfolgende Teilnehmer im Baum weiter. Im Gegensatz zum statischen Clustering beruht die Multicast-Verteilung auf der dynamischen Anpassung an die aktuelle Netzsituation. Die Heterogenität des Internets wird ausgenutzt, um die Verteilung der Daten von schlechter angebundenen Teilnehmern auf besser angebundene zu verlagern. Dieser Aufwandsausgleich soll mit dem Konzept primär erreicht werden. Die höhere Anzahl der Unicast-Verbindungen auf dem Übertragungsweg zwischen Sender und Empfänger kann aber die Ende-zu-Ende-Verzögerung der Medienströme erhöhen.

Display Voting. Zusätzlich zu den beiden vorgestellten Übertragungstopologien wurde ein weiterer Ansatz integriert, um das Datenaufkommen und die Anzahl zu verarbeitender Medienströme zu verringern, indem unnötige Mediendaten nicht übertragen werden. Das Videobild unterstützt die Kommunikation durch Gestik und Mimik, ist aber für die Verständigung nicht zwingend notwendig. Die aktive Kommunikation beschränkt sich für einen bestimmten Zeitraum meist auf einige wenige Teilnehmer. Auf Grund des begrenzten Platzes auf dem Bildschirm wären nicht alle Teilnehmer gleichzeitig sichtbar. Empfänger sollten selbst entscheiden, welche Personen sie sehen wollen. Videoströme müssen so nur an interessierte Teilnehmer verteilt werden. Da jeder Teilnehmer selbst steuert, welche anderen Teilnehmer seine Pakete erhalten, müssen die Empfänger den Sendern Feedback

liefern. Dazu kann jeder Teilnehmer über eine interaktive Benutzerschnittstelle darüber abstimmen, welche der anderen Teilnehmer angezeigt werden sollen. Die Ergebnisse der Abstimmung werden den teilnehmenden Endsystemen bekannt gemacht. Diese entscheiden dann abhängig von den verfügbaren Ressourcen, an welche Teilnehmer sie ihre Videoströme versenden. Der aktuelle Sprecher wird immer an die ganze Gruppe übertragen. Die Teilnehmer müssen so nicht bei jedem Sprecherwechsel eine neue Abstimmung durchführen. Eine Vorabwahl schützt vor der Überladung des Bildschirms durch die Videoströme neuer Teilnehmer. Durch Vermeidung der Übertragung und der Anzeige unwesentlicher Videoströme wird die Dienstgüte der wichtigen Medienströme verbessert. Die Menge der erforderlichen Signalisierungsdaten zur Abwahl eines Videostroms liegt in der aktuellen Implementierung unter der Größe eines Videoframes.

4 Ausblick

Die Konzepte *Clustering* und *Display Voting* wurden in BRAVIS implementiert, das im Web unter [BV] heruntergeladen werden kann. Für die Integration des *Overlay Multicast* werden gegenwärtig Messungen durchgeführt, um die optimalen Parameter für eine effiziente Multicastverteilung in Videokonferenzen zu bestimmen. Da es gute Heuristiken für das Verwerfen und Hinzufügen von Overlay-Verbindungen bedarf, werden empirisch Schwellwerte ermittelt, welche die Intervalle für die Übermittlung des beobachteten Netzstatus und das Neuberechnen der Verteilungsbäume regulieren.

Literatur

- [BV] Brandenburger Videokonferenzsystem. <http://www.bravis.tu-cottbus.de>.
- [CRSZ01] Y. Chu, S. G. Rao, S. Seshan und H. Zhang. Enabling Conferencing Applications on the Internet using an Overlay Multicast Architecture. In *Proc. of ACM SIGCOMM*, 2001.
- [CRZ00] Y. Chu, S. G. Rao und H. Zhang. A Case for End System Multicast. In *Proc. of ACM Sigmetrics*, 2000.
- [DFN] DFN e.V. DFNVideoConference. <https://www.vc.dfn.de>.
- [NG] UCL Network und Multimedia Research Group. Mbone Conferencing Applications. <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software>.
- [Rak04] D. Rakel. Medienverteilung im Videokonferenzsystem BRAVIS. Diplomarbeit, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, 2004.
- [WC95] Z. Wang und J. Crowcroft. Bandwidth-delay Based Routing Algorithms. In *IEEE GlobalCom*, 1995.
- [ZK02] M. Zühlke und H. König. GCP – A Group Communication Protocol for Supporting Closed Groups in the Internet. In O. Martikainen, K. Raatikainen und J. Hyvärinen, Hrsg., *Smart Networks. IFIP TC6 WG6.7 7th Int. Conference, SMARTNET'2002*, 2002.