

als eine der kommenden Standardapplikationen große Verbreitung zu finden. Verschiedene Anlaufprojekte versuchen dem Trend entsprechend, Videokonferenzdienste zu etablieren [11], [16], [2].

Ogleich breitbandige Anschlußtechniken wie xDSL oder Kabelmodems in der Fläche verfügbar sind, greift die Dynamik des Internet auf Videokonferenzdienste gegenwärtig dennoch nicht über; die Popularität der Internetkommunikation teilen sich weiterhin Email, Chat und Messagingsysteme. Die Gründe für die mehr zögerliche Verbreitung von VCoIP mögen vielfältig sein, zwei Charakteristika stechen hierunter jedoch hervor:

- Systeme unter Verbreitung orientieren sich vornehmlich an einer ISDN-kompatiblen Architektur, dem ITU-Standard H.323 [6] und bedingen eine schwergewichtige Vermittlungsinfrastruktur.
- Das mit H.323 und lokalen Teilnehmerverzeichnissen propagierte Kommunikationsparadigma entspricht im Regelfall nicht den tatsächlichen Erwartungen der Internetnutzer.

Eine alltagstaugliche Videokonferenzanwendung sollte ihren Dienst unserem Verständnis nach personenorientiert anbieten: Ausgerichtet auf die ggf. global verstreuten Kommunikationspartner und unter Unterstützung von Vertraulichkeitsanforderungen benötigen anwendungsreife Lösungen unauffällige Mechanismen zur Adressierung und Vermittlung in einem natürlich handhabbaren, 'internetartigen' Stil. Manuelle Partnerlokalisierung durch den Endanwender genauso wie das Anwählen von Geräten oder speziellen Verzeichnissen verhindern die VCoIP-Verbreitung genauso wie der Bedarf an schwerfälligen Infrastrukturveränderungen.

In der vorliegenden Publikation widmen wir uns dem Problem einer globalen, dezentralen Nutzeradressierung und Kommunikationsvermittlung unter Vermeidung jeder Änderungsanforderung an die Internetinfrastruktur. Diese Darstellung gliedert sich wie folgt: In Abschnitt zwei diskutieren wir Nutzungsaspekte von VCoIP sowie den gegenwärtigen Stand der Entwicklung. Abschnitt drei stellt die vorgeschlagene Kommunikationsstrategie dar, worauf im vierten Abschnitt die Präsentation unseres Videokonferenzsystems daViCo folgt. Schließlich werden Einsatzszenarien der Lösung in unserem Hause und ein Entwicklungsausblick in den Schlußkapiteln fünf und sechs betrachtet.

## 2 Videokonferenzen auf dem Weg zum Standardinternetdienst

### 2.1 Das Kommunikationsparadigma

Die 'Killerapplikation' in der Internetkommunikation besteht heute wie vor zwanzig Jahren in Email. VCoIP befindet sich in dem Erwartungsstadium, einmal eine populäre Standardanwendung zu werden. Genauso wie Videoconferencing fällt Email in die Kategorie eines Kommunikationsdienstes, den Computernetze nahezu exklusiv anbieten: Ein weiterer asynchroner Nachrichtendienst, welcher binnen Sekunden zustellt, wurde mit SMS erst kürzlich etabliert. VCoIP Basistechnologie reift gegenwärtig zur zuverlässigen Einsatzfähigkeit heran, so daß wir von der Verbreitungsgeschichte der Emailkommunikation als Indikator auf eine möglichen Etablierung von VCoIP schließen mögen.

Wie Email ist VCoIP ein personenorientierter Dienst: Ein Konferenzanwender möchte den gewünschten Partner (im Gegensatz zu Geräten oder Vermittlungsservern) ansprechen bzw. adressieren. Darüber hinaus aber werden gravierende Abgrenzungen zum globalen Emailsysteem deutlich: VCoIP ist ein synchroner, d.h. sessionbehafteter Dienst. Heutige Standardlösungen gehen hiermit nur mühevoll um. Sie sind weder einfach und kostenfrei, noch ortsunabhängig zugänglich, noch existiert eine internetweite Infrastrukturunterstützung für VCoIP.

Eine erfolgreiche Verbreitung von Videokonferenzdiensten im Internet für Endanwender erfordert unserer Überzeugung nach eine grundlegende Änderung der letztgenannten Eigenschaften. Der Zugang zu dem personen- und sitzungsorientierten Dienst erfordert eine einfache, mühelos handhabbare Lösung, deren Kernbestandteil eine automatische Partnerlokalisierung ist. Hierin einzuschließen sind insbesondere die Anforderungen, welche sich aus der Mobilität der Internetnutzer ergeben. Gruppenunterstützung sind genauso wie der Bedarf nach privaten Kommunikationsbeziehungen zu berücksichtigen. Als personenorientierter Dienst mit Authentifizierungsbedarf können erfolgreiche, globale Vermittlungskonzepte nur auf verteilten, dezentralen Ansätzen basieren. Schließlich räumen wir einer VCoIP Lösung nur dann Erfolgchancen ein, wenn sie preisgünstig und infrastrukturneutral bleibt und sich in die im Internet etablierten Aspekte nahtlos eingliedert.

## 2.2 Der gegenwärtige Stand

Die traditionelle, ISDN-kompatible Architektur von VCoIP ist definiert in dem ITU-T Standard H.323 [6]. Die zentralen Komponenten dieses Modells bestehen in einer Multipoint Control Unit zur Erzeugung der Videoströme in Mehrpunktkonferenzen, einem Gatekeeper, welcher die Verbindungskontrolle und die Adressvermittlung zur Aufgabe hat, und einem Gateway für den Übergang in öffentliche Telefonnetze. Der Hauptvorteil des serverbasierten MCU-Ansatzes von H.323 liegt in der Fähigkeit der MCU, unterschiedlich kodierte Audio/Video-Ströme zwischen den Teilnehmern zu transformieren. Der grundlegende Nachteil freilich liegt in den schwergewichtigen und teuren Infrastrukturanforderungen, welche inhärente Skalierungsprobleme bergen und zu signifikanten Latenzzeiterhöhungen führen [16].

Die H.323 Architektur operiert lokal in dem Sinne, daß alle Konferenzteilnehmer sich explizit auf gemeinsame Infrastrukturserver, MCU und Gatekeeper, einigen müssen. Teilnehmeradressen werden zunächst zentral auf dem lokalen Gatekeeper administriert. Neben Telefonnummern, die von den Gateways sowie dem Q.931-kompatiblen Signalisierungsprotokoll H.225.0 verarbeitet werden, ist kein globaler Adressraum definiert. H.323 läßt globale Adressierungs- und Vermittlungsansätze vermissen, da die Konzepte auf der Idee basieren, Weitverkehrskonnektivität über das öffentliche Telefonnetz zu erreichen – eine Idee, welche sich an der einfachen Beobachtung überholt zeigt, daß der ISDN-basierte Videokonferenzeinsatz nicht zunimmt. Dementsprechend unternimmt die H.323 Welt, z. B. die Video Development Initiative [17] Anstrengungen, die lokale Fokussierung durch die Bereitstellung von Meta-Verzeichnisservern zu überwinden.

H.323 Terminals können für bilaterale Konferenzen ohne Serverinfrastruktur eingesetzt werden. MS-Netmeeting u.a. arbeiten so. Serverfreie Erweiterungen auf Multipunktkon-

ferenzen werden unter IP effizient via Multicasts durchgeführt, wobei die Konferenzsoftware gleichzeitig die Rolle von Klient und Server einnimmt. Der Einsatz von Multicast geht mit dem Nachteil einher, daß Kommunikationsbeziehungen vollständig öffentlich bleiben. Multicast-Konferenzkommunikation ist nicht H.323-konform und wurde implementiert von den Mbone-Tools [10], Vcon [15], Ivisit [7].

Die Lösungen zur Teilnehmerlokalisierung in den verfügbaren Konferenzwerkzeugen bleiben rudimentär: Neben der direkten Adressierung händisch entdeckter Geräte (IP-Adressen), können sich einige Systeme mit einem Verzeichnisserver verbinden und Sessioninformationen dynamisch eintragen. Ein prominentes Beispiel hierfür bildet Netmeeting und der MS Internet Location Server [11]. Auf Basis dieser Lösungen können Konferenzanwender mögliche Online-Partner aus dem Verzeichnis des zuvor eingestellten Servers wählen – ein Kommunikationsschema, wie es das SDR Mbone-Tool dem Anwender als Ergebnis multicastannoncierter Teilnehmerdaten ebenfalls präsentiert.

Die Aufgabe, die mit dem Ziel einer einfachen, personenorientierten Kommunikationslösung zu bewältigen bleibt, liegt in einer weltweit verfügbaren Adressierung und Kontaktierung von Partnern, unabhängig von deren aktuellem Aufenthaltsort. Einen sehr allgemeinen Lösungsansatz hierfür verfolgt das Session Initiation Protocol (SIP) [5]. Grob umrissen verfolgt SIP ein globales Adressierungsschema der Form <user>@<SIP-Server>, wobei der SIP-Server ein Namensabbildungsverzeichnis der registrierten Konferenzsessions bereithält. SIP schlägt entweder eine signifikante, selbstlernende Infrastruktur aus untereinander verbundenen SIP-Servern vor, oder einzelne, isolierte Verzeichnisserver, deren Lokalisierungsstrategie im Netz vage und ggf. erfolglos bleibt.

### 3 Ein verteilter, globaler Kommunikationsansatz

#### 3.1 Einfachheit als Grundidee

Teilnehmer eines globalen Videokonferenz-Tagesdienstes wollen i.d. Regel einen oder mehrere Partner im Netz kontaktieren. Es erscheint unnötig, hierzu mehr als ein einfaches Adressmerkmal anzugeben. Alle Techniken zur Vermittlung des zugrundeliegenden Kommunikationsaufbaus sind für den Anwender nicht hilfreich und sollten somit im Verborgenen ablaufen.

In der gegenwärtigen Internetinfrastruktur existiert ein populärer Mechanismus zur global eindeutigen, transparenten Nutzeradressierung für die Benutzung von Email. Email Adressen und ihre Verwendung sind weithin bekannt, ihre Verarbeitung zum Zwecke der Vermittlung und Zustellung sind Bestandteil der wohletablierten DNS Infrastruktur.

Diesem Vorbild folgend basiert unser Ansatz auf dem Einsatz von Emailadressen zur Auswahl von Konferenzpartnern. Um einen gewünschten Gesprächspartner im Netz 'anzurufen', so unsere nachfolgend dargestellte Lösung, soll es genügen, daß der Rufende die Email Adresse des Gerufenen angibt. Weitere Vermittlungsinformationen werden lediglich im Hintergrund verarbeitet, so daß keinerlei dediziertes Vorwissen über die Teilnehmer, ihren Aufenthaltsort oder ihre Server vorausgesetzt werden muß. Die Kommunikationsarchitektur soll eine Videokonferenzkommunikation so einfach wie das Emails erlauben.

### 3.2 User Session Location

Die synchrone Videokommunikation erfordert die Online-Präsenz aller Beteiligten. Ein potentieller Konferenzteilnehmer muß an *einem* Rechner im Netz Empfangsbereitschaft signalisieren. Um die Informationen über empfangsbereite Anwender bereitzustellen und die erforderlichen temporären Verknüpfungen zwischen Personen und genutzten Endgeräten niederzulegen, bildet das Führen eines dynamischen Sitzungsverzeichnis' eine erprobte Lösung. In unserem System legen wir die benötigten Daten in einem LDAP Verzeichnisschema nieder und bezeichnen den Informationsservice als User Session Locator (USL).

Die Konferenzklienten erneuern ihre Informationen über bestehende Sitzungen regelmäßig und automatisch, so daß Nutzerveränderungen zeitnah mitgeführt und veraltete Einträge über ihre Zeitmarken identifiziert werden können. Der USL Server bleibt als lokaler Verzeichnisserver der Domain des Anwenders angehörig und kann in eine vorhandene Verzeichnisinfrastruktur integriert werden. In dieser Weise bleibt nicht nur die Skalierbarkeit des Informationssystems auch bei sehr vielen Konferenzteilnehmern gewährleistet, sondern auch vor Ort vorhandene Identifikations- und Authentifizierungsmethoden können zur Anwendung gelangen. Die Wichtigkeit einer authentifizierten Sitzungsprotokollierung soll hier betont und daran deutlich gemacht werden, daß ein ungeschützter Zugriff auf Sitzungsdaten das Umlenken persönlicher Kommunikationsströme ungehindert ermöglichen würde.

Eine lokale Videokommunikationsvermittlung wird nun einfach möglich, indem der USL Server vor Ort nach den Adressen der gewünschten Kommunikationspartner durchsucht wird und die notwendige Abbildung auf Geräteadressen vollzogen wird (vgl. Abbildung 1). Emailadressen sind jedoch – wie von verschiedenen Herstellern erkannt – nicht nur global eindeutig, geräteunabhängig und wohlbekannt. Das Mailsystem verfügt darüber hinaus über einen Mechanismus zur globalen Lokalisierung der dem Teilnehmer zugeordneten Mailserver mittels des bekannten MX-Records im Domain Name System. Dieses Konzept auf sessionbasierte Konferenzdienste zu übertragen hiesse, im DNS geeignete Service Records zu verankern, welche auf die USL Verzeichnisdienste der jeweiligen Teilnehmerdomänen verwiesen. Die Erweiterung des DNS um SRV Einträge wurde in [4] vorgeschlagen und in [5] aufgegriffen. Solche Service Records sind gegenwärtig jedoch nicht Bestandteil der globalen Informationsstruktur des DNS, eine Kommunikationsvermittlung auf dieser Grundlage erforderte eine Veränderung der Informationsinfrastruktur des Internet.

Unsere Eingangsanforderung an die Gestaltung eines globalen, verteilten und verbreitungsfähigen Videokommunikationsdienstes bestand in rigoroser Infrastrukturneutralität. Diesem Ziel verhaftet verfolgen wir bei der globalen Nutzerlokalisierung eine einfachere Strategie: Die weltweit verfügbaren MX Records des DNS verweisen für alle Internetnutzer auf Domänen, in welchen sie persönlich identifizierbar sind und Methoden zur Authentifizierung bereitstehen. Der Mailexchange Record ist deshalb geeignet, um die Domainlokalisierung für USL Services anzugeben. Innerhalb dieser Domänen können wir mittels einer üblichen Namenskonvention, i.e. `usl.<mailexchanger-domain>`, den spezifischen Verzeichnisserver identifizieren.

Entsprechend vollzieht sich das globale Auffinden von Videokonferenzpartnern in zwei Schritten. Ausgehend von der Mailadresse des Zielteilnehmers wird zunächst der MX Re-

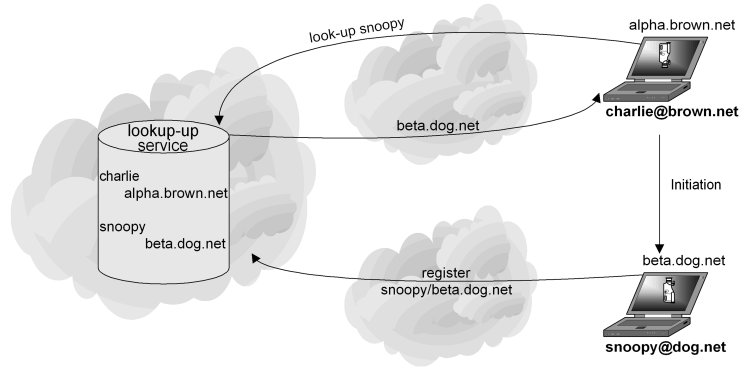


Abbildung 1: Zentralisierter Sitzungsverzeichnisdienst

cord der Zieldomain aus dem DNS ermittelt, und daraufhin der Name des USL Verzeichnisservers gebildet (vgl. Abbildung 2). Obgleich sehr einfach arbeitet diese personenorientierte Informationsarchitektur für Konferenzsitzungen ohne jede Infrastrukturänderung und ohne dediziertes Wissen auf der Anwenderseite. Die benötigten Verzeichnisstrukturen können ohne Anpassungsaufwendungen in lokale Verzeichnisdienste integriert werden und ermöglichen einen komfortablen Kommunikationsablauf, der Videokonferenzdienste künftig in eine populäre, verbreitete Internetanwendung zu überführen helfen mag.

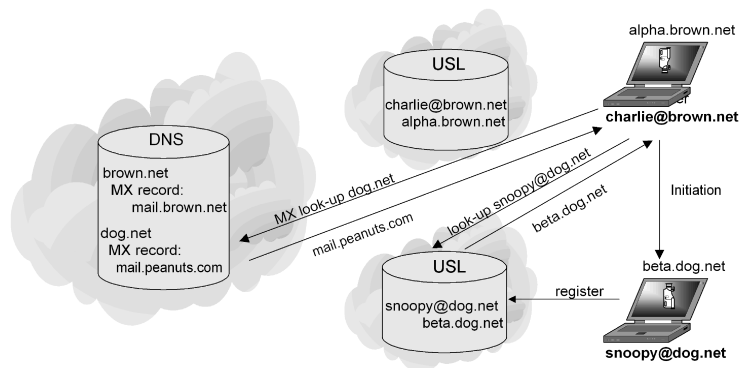


Abbildung 2: Globaler, verteilter Sitzungsverzeichnisdienst

### 3.3 Ein LDAP Verzeichnisschema für Sessiondaten

Bei der Implementierung und Definition eines adäquaten Directory-Schemas für Konferenzdienste [14] kommen folgende Kernpunkte zum Tragen:

1. Integration in eine globale Namensstruktur für eine weltweite Nutzerverfolgung
2. Integration in lokale Directory-Strukturen
3. Skalierbarkeit
4. Bereitstellung der aktuellen Sitzungsdaten

Die im vorhergehenden Abschnitt beschriebene Lookup-Strategie impliziert die Lösung der Punkte eins und drei. Ferner benötigt unser Lookup-Mechanismus kein globales Verzeichnisschema und profitiert somit von den Vorzügen eines lokalen Verzeichnisses: geringe Größe und annehmbare Komplexität. Für einen VCoIP-Dienst sieht das LDAP-Schema wie folgt aus:

```

DN:
dn: mail=charly@brown.net,dc=application
Attributes:
objectclass (< OID > NAME 'VCoIP' SUP top AUXILIARY

DESC 'Video Conferencing over IP Session Information'
MUST ( VCoIPipHostNumber $ VCoIPipServicePort $
      VCoIPServiceProtocol $ VCoIPTimeStamp $ mail $ cn )
MAY (VCoIPMcastGroup $ VCoIPAppID $ VCoIPAppVer
     $ VCoIPAppProtocol $ VCoIPMimeType $
     VCoIPPrivateipHostNumber $ VCoIPPrivateipServicePort
     $ VCoIPStatusFlag)
)

```

Eine Integration in bestehende LDAP-Strukturen wird durch Server Referrals gewährleistet. Für eine Diskussion geeigneter Überbrückungen von NAT-Gateways sei auf [12] verwiesen.

## 4 Das daViCo Konferenzsystem

### 4.1 Überblick

Das digitale audiovisuelle Konferenzsystem daViCo [1] besteht in einer serverfreien Videokonferenzsoftware (vgl. Abbildung 3). daViCo unterstützt Mehrpunktkonferenzen sowohl via Unicast als auch mittels Multicast und wurde als ein einfach handhabbares, leichtgewichtiges peer-to-peer Werkzeug konzipiert. Insbesondere letztgenannte Prinzipien sind der Grund dafür, daß daViCo den Forderungen widerstand, H.323 Klient-Funktionalitäten zu implementieren.

Stattdessen verfügt das System in seinem Kern über einen schnellen, hocheffizienten Video-Kodek, welcher auf einem Wavelet Algorithmus basiert. Unter Ausnutzung der spezifischen Eigenschaften des Kodierungsschemas erlaubt die Software eine Bandbreitenskalierung zwischen 64 und 4000 kbit/s. Die Audiodaten werden mithilfe eines MP3 Algorithmus' komprimiert und derart vermittelt, daß Pufferlatenzen bei etwa 100 ms beschränkt bleiben. Das System erlaubt auch Application Sharing, d.h. beliebige Anwendungen auf einem PC können nach Freigabe auf den Rechnern der anderen Konferenzteilnehmer gesehen und gemeinsam benutzt werden.

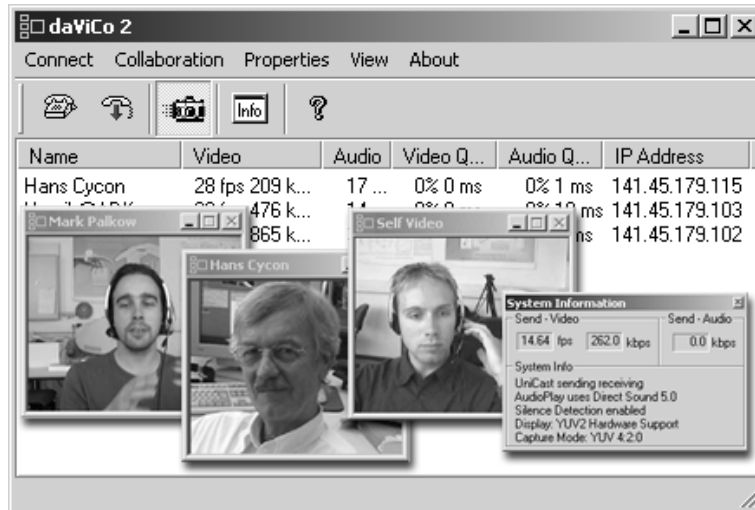


Abbildung 3: Das daViCo Konferenzsystem

Unter Ausnutzung der geringen Bandbreitenanforderungen ist daViCo für den Einsatz in Weitverkehrskonferenzen wohlgeeignet. Um seine globale, einfache Nutzbarkeit zu erhöhen, implementiert daViCo die oben beschriebene Teilnehmeradressierung und das Lokalisierungsschema.

## 4.2 Waveletbasierte Echtzeit Videokodierung

### Transformation und Quantisierer

Der Echtzeit-Videokodek ist ein hybrider Transformationskodek basierend auf einer schnellen Wavelettransformation von geringer Komplexität. Solche Transformationskodierungen bestehen üblicherweise aus drei Modulen: Einer verlustlosen Transformation, welche das Signal dekorreliert, einem Quantisierer, der visuell irrelevante Daten entfernt, und einem verlustlosen Entropiekodierer, welcher redundante Daten zusammenfasst (s. Abbildung 4). Die von uns verwendete Wavelettransformation setzt immer ganze Bilder um, so daß Blockartefakte vermieden werden.

Die Implementierung der Wavelettransformation erfolgte mit einem schnellen 5/3-Koeffizienten Waveletfilterpaar und einer dreistufigen Zerlegung. Der Quantisierer ist ein einfacher, gleichmäßiger skalarer Algorithmus mit vergrößertem Nullbereich ('Dead Zone'). Das dritte Modul besteht in einem hocheffizienten, schnellen Entropie-Kodierschema, zusammengesetzt aus einer Precoder (PC)-Stufe und einer Reihe von Golomb Rice (look-up table-) Kodeks. Aus Geschwindigkeitsgründen benutzen wir zur zeitlichen Redundanzreduktion eine DPCM-Prädiktionskodierung, die nach einem vollen (Intra-)Frame nur Differenzen zwischen den folgenden Frames kodiert.

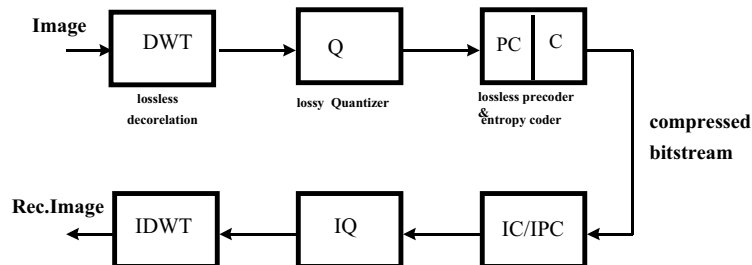


Abbildung 4: Stufen der Transformationskodierung

Die Kodierung folgt den konzeptionellen Ideen aus [8]. Für eine detailliertere Diskussion sei auf [8] und [9] verwiesen.

### Ergebnisse

Der Video Kodek kodiert und dekodiert bei maschinenspezifischer Implementierung 25 CIF Frames (352 x 288 Pixel) pro Sekunde gleichzeitig in Echtzeit auf einem 500 MHz Pentium PC. Alternativ können auch 5 PAL Frames (720 x 576 Pixel) pro Sekunde kodiert und dekodiert werden. Die Bildqualität bei fester Bitrate und Kodiergeschwindigkeit ist besser oder vergleichbar zu MPEG 4 / H.263 Kodierungen. Bei moderater Bewegungskomplexität produziert unser Waveletkodek bei der o.g. Framerate eine Netzlast von ca. 200 kbit/s und behält dabei eine sehr gute Bildqualität.

Der Kodek wurde als Bestandteil eines Web Streamingsystems [3] auch nach JAVA portiert. In einem Applet war eine Dekodierung von 5 CIF oder 25 QCIF Frames in Echtzeit möglich.

## 5 Einsatzszenarien an der FHTW

Der flächig verfügbare Einsatz von Videokommunikationsmöglichkeiten für alle Hochschulmitglieder wird in unserem Hause unter verschiedenen Gesichtspunkten als strategisch betrachtet. Einerseits ist die FHTW über die Flächenstadt Berlin mit verschiedenen Standorten verstreut, so daß hochwertige, distanzüberwindende Kommunikationsformen auch im Alltag des Hauses bedeutsam werden.

Andererseits betrachten wir es als 'Angewandte Hochschule' mit technischem Schwerpunkt für wesentlich, daß unsere Studenten Zugang zu neuen Technologien erhalten und zukünftige Alltagsformen zu erproben lernen. Vor diesem Hintergrund wurden verschiedene studentenöffentliche Computerräume mit videokonferenzfähigen Plätzen ausgestattet (vgl. Abbildung 5). Hierbei ist zu betonen, daß solcherlei flächige Verbreitung für uns dadurch finanziell bewältigbar wird, daß benötigte dedizierte Hardware allein in einer Standardwebcam besteht.





Abbildung 5: Öffentlicher Videokonferenzeinsatz im Studentenpool

Weiterhin nutzen wir die Konferenzsoftware innerhalb der Hochschule, um die audiovisuelle Infrastruktur unserer Hörsäle netztransparent zu verknüpfen [18]. Schließlich bildet das Anwendungsfeld der Hochschule ein aspektreiches Experimentier- und Testumfeld für das daViCo Videokonferenzsystem und seine Fortentwicklung.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Videokommunikation über IP eröffnet Möglichkeiten jenseits der wohlbekannten Dienste wie synchrone Telefonie und asynchrone Email, so daß wir ein beachtliches Potential für diese Anwendung darin sehen, ein regulärer Standarddienst im Internet zu werden. Die Verbreitung von VCoIP bleibt gegenwärtig jedoch durch ihre umfangreichen Anpassungsanforderungen an die Internetinfrastruktur gebremst.

In der Intention, diese Hindernisse zu überwinden, stellten wir einerseits ein anwenderorientiertes Kommunikationsschema, andererseits eine leichtgewichtige Konferenzsoftware vor. Die jungen Einsatzerfahrungen in unserem Hause bestätigen bisher unsere These einer verstärkten Akzeptanz infolge von einfacher Handhabbarkeit.

In zukünftigen Entwicklungen des Systems werden wir eine Annäherung an kommende Standards anstreben. Eine Weiterentwicklung unseres Videokodeks ist geplant, d.h. der Waveletkodek wird ersetzt durch einen H.264 bzw. 'Advanced Video Codec' (AVC)-<sup>1</sup>kompatiblen leistungsfähigeren Kodek [13]. Sobald sich der DNS Servicerecord [4] etabliert hat, werden wir den 'User Session Locator' dorthinein verlagern.

<sup>1</sup> H.264 ist der künftige, extrem leistungsfähige ITU-T Videokompressionsstandard, technisch gleich zum Nachfolger von MPEG4, dem zukünftigen ISO Standard AVC.

## Danksagung

Herrn Stefan Zech fühlen wir uns zu vielfältigem Dank verpflichtet: Er hat nicht nur mit vielen fruchtbaren und freudvollen Diskussionen unser Projekt begleitet. Erst seine 'Tricks' haben vielmehr manches Windows netzwerkfähig werden lassen.

## Literatur

- [1] *Die daViCo Homepage*. <http://www.daViCo-gmbh.de>. 2002
- [2] *DFN Videokonferenzportal*. <http://www.vc.shuttle.de>. 2001
- [3] FEUSTEL, B. ; SCHMIDT, T. C.: Media Objects in Time - A Multimedia Streaming System. In: *Computer Networks* 37 (2001), November, Nr. 6, S. 727–735
- [4] GULBRANDSEN, A. ; VIXIE, P. ; ESIBOV, L. : A DNS RR for specifying the location of services (DNS SRV) / Internet Engineering Task Force. 2000 ( 2782). – RFC
- [5] HANDLEY, M. ; SCHULZRINNE, H. ; SCHOOLER, E. ; ROSENBERG, J. : SIP: Session Initiation Protocol / Internet Engineering Task Force. 1999 ( 2543). – RFC
- [6] ITU-T RECOMMENDATION H.323: Infrastructure of audio-visual services - Systems and terminal equipment for audio-visual services: Packet-based multimedia communications systems. 2000. – Forschungsbericht. Draft Version 4
- [7] *Die iVisit Homepage*. <http://www.ivist.com>. 2001
- [8] MARPE, D. ; CYCON, H. L.: Efficient Pre-Coding Techniques for Wavelet-Based Image Compression. In: *Proc. PCS '97*, 1999, S. 45–50
- [9] MARPE, D. ; CYCON, H. L.: Very Low Bit-Rate Video Coding Using Wavelet-Based Techniques. In: *IEEE Trans. on Circ. and Sys. for Video Techn.*, 1999, S. 85–94
- [10] *Mbone tool download*. <ftp://ftp.ee.lbl.gov/conferencing>. 2001
- [11] *NetMeeting Resource Kit - Finding People*. <http://www.microsoft.com/windows/netmeeting/Corp/ResKit/Chapter3/default.asp>. 2001. – Aktualisierungsdatum: 15.12.1999
- [12] SCHMIDT, T. C. ; WÄHLISCH, M. ; CYCON, H. L. ; PALKOW, M. : Global Serverless Video Conferencing over IP. In: *Proceedings of the TERENA Networking Conference*, 2002, S. <http://www.terena.nl/conferences/tnc2002/proceedings.html>
- [13] SCHWARZ, H. ; WIEGAND, T. : The Emerging JVT/H.26L Video Codec Standard. In: *Proceedings of IBC 2002*. Amsterdam : <http://bs.hhi.de/~wiegand/JVT.html>, 2002
- [14] SEARS, A. : A Scalable Directory Schema in LDAP for Integrated Conferencing Services. In: *Proceedings of Inet97*, <http://www.isoc.org/inet97/proceedings>, 1997
- [15] *Die VCON Homepage*. <http://www.vcon.com>. 2001
- [16] VERHAREN, E. : Development of a European Videoconferencing Service. In: *Proceedings of TERENA 2001 Networking Conference*, <http://www.terena.nl/conf/tnc2001/proceedings>, 2001
- [17] *Video Development Initiative Homepage*. <http://www.vidi.net>. 2002
- [18] ZECH, S. ; SCHMIDT, T. C. *The Distributed Lecture Hall*. Poster at ICL2001, Villach. 2001