

# Verteiltes Video-basiertes mobiles Lernen <sup>‡</sup>

H.L.Cycon<sup>1</sup>, Th.Schmidt<sup>2</sup>, M.Wählisch<sup>2</sup>, M.Palkow, H.Regensburg

<sup>2</sup>Computer Center,

<sup>1</sup> FB Ingenieurwissenschaften I

Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

Treskowallee 8, 10318 Berlin, Germany

{hcycon,schmidt,mw,mpalkow,h.r}@fhtw-berlin.de

**Abstract:** In diesem Artikel berichten wir über ein Kommunikations- und Video-konferenzsystem, das auch für Funknetzanwendungen (WLAN) geeignet ist. Dies ist ein einfach benutzbares System, welches verteiltes Präsentieren, Aufzeichnen und Streaming ermöglicht. Darüber hinaus untersuchen wir einige grundlegende Eigenschaften, wie sie für mobile Konferenznutzer wichtig sind, insbesondere das zeitkritische Verhalten bei der Aufrechterhaltung von Konferenzszenarien bei mobilen Verbindungen innerhalb des MIPv6 Rahmens und seiner Optimierungspotentiale.

## 1. Einleitung

Mobile Nutzung des Internets innerhalb von Lehr- und Lernszenarien im Hochschulbereich gewinnt zunehmend an Bedeutung. Die WLAN Standards 802.11a/b und g stellen ausreichend Bandbreite zur Verfügung für datenintensive Anwendungen wie z.B. Videokonferenzen. Das neue Paradigma des „ubiquitären“ Rechnens und Kommunizierens wird daher in naher Zukunft auch Sprach- und Videoanwendungen über IP als Standardlösungen etablieren.

Im vorliegenden Artikel berichten wir über ein VCoIP-(Videokonferenz über IP) System mit verteilter Architektur und damit erzielten Lösungen für Lehrszenarien. Weiterhin stellen wir Konzepte und Untersuchungen zu IPv6-Mobilität vor. Einige dieser Szenarien wurden innerhalb des Notebook-University-Projekts an der FHTW Berlin [8] realisiert und getestet.

## 2. Das daViKo Videokonferenz System

Das digitale Audio-Video Konferenzsystem daViKo [2] das wir hier verwenden ist eine von den Autoren selbst entwickelte serverlose mehrpunktfähige Videokonferenzsoftware ohne zentrale Mehrfach-Konferenzeinheit (MCU). Es ist als Peer-to-Peer-Modell ent-

---

<sup>‡</sup> Diese Arbeit wurde teilweise unterstützt durch das EFRE Programm der European Commission und durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung.

worfen, und gedacht als Konferenzsystem das so leicht wie e-mail zu benutzen ist. Dies bedeutet allerdings, dass das System nicht zum H323 Standard [1] konform ist. Kernkomponente des Systems ist ein schneller, hoch effizienter wavelet-basierter Videocodec. Durch geeignete Steuerparameter kann die darum herum entwickelte Kommunikationssoftware im laufenden Betrieb auf Bandbreiten von 64 bis 4000 kBit/s eingestellt werden. Die Audiodaten werden mit einem MP3 Algorithmus komprimiert, mit Verzögerungszeiten unterhalb von 120 ms, abhängig von der gewählten Puffergröße. Audio und Videodaten können sowohl über unicast als auch multicast – Protokoll übertragen werden. Zusätzlich ist auch noch ein Applicationsharing Modul integriert, das gemeinsames Arbeiten und Teleteaching ermöglicht. Dieses System ist besonders geeignet für Intranet bzw. drahtlos verbundene Videokonferenzen, da die notwendige minimale Übertragungsbandbreite 64 Kbit/s beträgt und die Audio-/Videoqualität an die verfügbare Bandbreite angepasst werden kann. Für kleinere verfügbare Bandbreiten kann der Videostrom auch abgeschaltet werden.

## **2.1 Verteilte Lehr- und Lernszenarien**

Das oben beschriebene System kann zur Realisierung verschiedener Lehr- und Lernszenarien eingesetzt werden. Der Vortragende kann seinen Vortrag und seine PC-Anwendungen, einschließlich Zeigerbewegungen etc. über multicast- oder unicast-Protokoll an die PCs der Studierenden schicken. Die Studenten können die Vorlesungen per Realzeit-Video sehen und hören oder nur hören je nach verfügbarer Bandbreite. Sie können auch wahlweise aktiv über einen Video- und/oder Audio-Rückkanal teilnehmen. In anderen Szenarien können Studenten auch selbst in kleinen Gruppen per Videokonferenz zusammenarbeiten. Innerhalb eines peer to peer-Netzwerks kann jeder Student PC-Anwendungen senden und empfangen. Sie können auch gemeinsam an einer Anwendung arbeiten (Applicationsharing). In unseren Versuchen konnten bis zu 7 Laptops über 802.11g WLAN in einer peer to peer Videokonferenz kommunizieren. Es gibt auch die Möglichkeit eines asynchronen verteilten Lernszenarios. Jede teilnehmende Station kann die Sitzung aufzeichnen. Die Daten werden lokal in einem proprietären Format gespeichert. Dieses kann dann in ein Microsoft-streaming Format transkodiert werden und auf einem Streaming-Server bereitgestellt und jederzeit über Windows-kompatible Browser abgerufen werden.

Das System wird auch intensiv benutzt für so genanntes „Crossteaching“ zwischen verschiedenen Universitäten, wie z.B. der Universität Linz, der FH Hagenberg, der ODU in Virginia und der FHTW Berlin [7]. Dabei sind an beiden Orten Professoren und Studenten in einem Hörsaal. Die Videos inklusive dynamischer Anwendungen der jeweils anderen Seite werden auf eine Leinwand projiziert. Die Professoren können ihre Vorträge alternativ präsentieren oder innerhalb einer Diskussion einbringen. Auch die Studenten können per Funkmikrofon teilnehmen. Alle Sitzungen können an beiden Orten aufgezeichnet und in einem Streaming-Format gespeichert werden

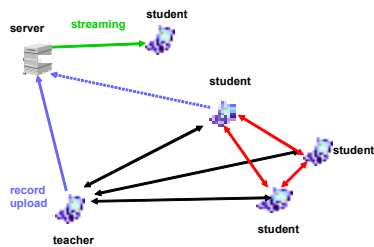


Abb 1: Lern-Szenarien

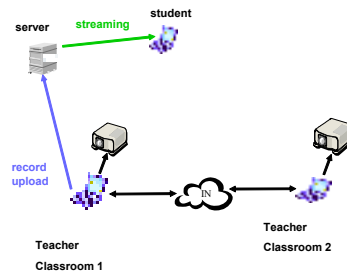


Abb 2: Crossteaching

### 3. Session Mobilität

#### 3.1 Wechsel des Netzwerks

Innerhalb des erwähnten Projekts “Notebook–Universität” an der FHTW wurden auch Szenarien und Lösungen ubiquitären Computings am Campus untersucht. Die hierbei entstehenden Mobilitätsszenarien erfordern für synchrone Kommunikationsdienste wie Videokonferenzen einerseits Lösungen zur dynamischen Lokalisierung und Adressierung „nomadischer“ Teilnehmer [11], andererseits auch die prinzipielle Funktionalität, Kommunikationssitzungen über IP Subnetzwechsel hinweg transparent zu führen. Wir stellen nachfolgend empirische Untersuchungen zu einer künftigen mobilitätstauglichen Internetinfrastruktur vor. Das zeitkritische Routingverhalten bei Subnetzwechseln bildet dabei sowohl für unicast- wie für multicast-basierte Kommunikationsszenarien einen Schwerpunkt der Projektarbeit.

Der grundlegende Ansatz für Internet-Mobilität wird im Mobile IPv6 (MIPv6) Draft [4] definiert. MIPv6 erlaubt die Readdressierung auf dem IP-Layer in applikationstransparen-ter Weise, indem es die ursprüngliche IP-Adresse beibehält und die wechselnden Routen dem Socket-Layer gegenüber verbirgt. Weitere Konzepte zur Unterstützung von Gerätemobilität finden sich auf den Transport- und Anwendungsschichten der Netzwerkprotokolle (vgl. [3]).

Wesentlich für den Einsatz von Videokommunikation in Gruppenszenarien ist die Verfügbarkeit von IP Multicasting, wobei typische Teilnehmer einer Konferenz gleichzeitig die Rolle von Sender und Empfänger einnehmen. MIPv6 konzipiert durch die Verwendung eines Tunnels zum Home Agent minimale Transparenz unter Multicast-Strömen. Trianguläres Routing jedoch und signifikante Handover-Latenzen erzeugen Verzögerungen in der Multicast-Paketvermittlung, welche einer Verwendung in Echtzeitszenarien entgegenstehen. Ein auch für synchrone Kommunikationsdienste und schnelle Netzwechsel geeignetes optimiertes Multicast-Mobilitätskonzept wird in [12] erläutert.

### 3.2 VCoIP over MIPv6

Echtzeitkommunikation stellt strenge Anforderungen an die unterliegende Netzwerkinfrastruktur. Netzstörungen von mehr als 300 ms im Bereich der Videoübertragung sind für den Benutzer deutlich störend. Hingegen können Ausfälle von bis zu 100 ms durch Jitterpuffer kompensiert werden und bleiben akzeptabel, da diese Größe als Zeiteinheit für eine gesprochene Silbe angesehen werden kann. Netzwerkkommunikationsstörungen, wie sie bei Adressübergängen unter Mobile IPv6 unvermeidlich sind, sollten in diesem Echtzeitszenarien innerhalb des Pufferzeitfensters ablaufen.

Das Zeitverhalten bei einem Netzwechsel wird durch zwei Aspekte bestimmt: Dominiert bei der Layer 2-Übernahme zwischen den einzelnen Funkzellen und der erfolgreichen Readressierung des Mobile Nodes (MN) das Laufzeitspektrum, wie es für eine lokale Netzwerktopologie typisch ist, so kommen beim Binding Update (BU) zum Home Agent (HA) bzw. Correspondent Node (CN) Verzögerungen auf der Basis der Entfernungen zwischen den Geräten zum Tragen. Im Falle großer Gerätedistanzen werden MIPv6 Handover-Latenzen zu langsam für einen alltagstauglichen Videokonferenzeinsatz. Optimierungen werden durch die Verwendung einer lokalen Proxyarchitektur, wie sie Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) [9] vorsieht, sowie Latenz verbergender Techniken, z.B. Fast Handover for MIPv6 [6], erreicht.

### 3.3 Experimenteller Aufbau

Da sich die Distanz zwischen den MIPv6 Komponenten durch die in HMIPv6 definierten Mobilen Anker Punkte (MAPs) überwinden lässt, haben wir unsere Experimente auf das Verhalten eines zwischen Heimat- und dichten Fremdnetz wechselnden MN fokussiert. Unsere Testumgebung besteht aus einem unter Debian Linux 2.4.19 (MIPL mobile IPv6 0.9.4 Stack) laufenden Home Agent und Mobile Node. Als Router kommt ein FreeBSD 4.6-Stable System mit rtadvd zum Einsatz. Der Correspondent Node wird auf einem Windows 2000 Client mit MSR (1.4) TCP-IPv6 driver 5.021955.1620 realisiert. Zum Aufbau des WLANs wurden Access Points und Netzwerkkarten der Firma Enterasys Networks verwendet.

Um eine höhere Rate beim Versenden der Router Advertisements zu erreichen und die optionale Duplicate Address Detection auf der Seite des MNs zu deaktivieren, wurden beide Stacks angepasst. Der MN sendet zwischen 10 und 20 ms nummerierte und zeitmarkierte UDP Pakete. Diese werden vom CN an den MN zurückgeschickt. Alle Ereignisse wurden durch einen Netzwerk-Sniffer aufgezeichnet.

### 3.4 Ergebnisse

Paketverluste, -laufzeiten und Jitter sind in Abbildung 3 dargestellt. Bei einem Router Advertisement Intervall (MinDelayBetweenRAs) von 50 ms weisen 90 % der Ereignisse eine Störung bis zu 100 ms auf. Markant beim Netzwechsel sind vor allem die Paketverluste. Diese werden insbesondere durch die Layer 2 Übernahme (40 – 50 ms) und die

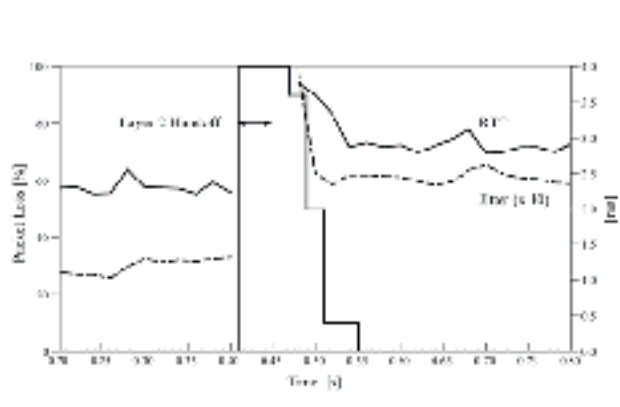


Abb 3: Empirisches Handover-Zeitverhalten

MIPv6-Adressaktualisierung (10-60 ms) hervorgerufen, wobei das Binding Update in unserer Umgebung nur ein paar Millisekunden benötigt. Die gemessenen Ausfälle verursacht durch den Verbindungslayer befinden sich in Übereinstimmung mit den Ergebnissen in [10]. Die link-lokale Readdressierung nahm eine Durchschnittszeit von 25 ms ein. Hervorzuheben ist, dass der Linux MIP Stack den Layer 3 Wechsel ausschließlich durch Router Advertisements erfährt, welche, konform zu [4], in unserem Szenario eine Grundlast von 0,5 % der 802.11b Netzwerkkapazität produzieren.

## Literaturverzeichnis

- [1] ITU-T Recommendation H.323: "Infrastructure of audio-visual services – Systems and terminal equipment for audio-visual services: Packet-based multimedia communications systems", Draft Version 4, 2000.
- [2] "The daViKo homepage", <http://www.daViKo.com>, 2002.
- [3] T.C. Schmidt, M. Wählisch, H.L. Cycon, M. Palkow: "Mobility Aspects in IPv6 Videoconferencing", in preparation.
- [4] D.B. Johnson et al: "Mobility Support in IPv6", IETF Internet Draft, Rel. 24, 02 Jul. 2003, work in progress.
- [5] H. Soliman et al.: "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management", IETF Internet Draft, Rel. 7, October 2002, work in progress.
- [6] R. Koodli (Ed.): "Fast Handovers for Mobile Ipv6", IETF Internet Draft, Rel. 6, 1 Mar. 2003, work in progress.
- [7] [http://newmedia.idv.edu/thema/crossteaching\\_2/fhtw\\_hagenberg\\_02.htm](http://newmedia.idv.edu/thema/crossteaching_2/fhtw_hagenberg_02.htm)
- [8] <http://musical.fhtw-berlin.de/>
- [9] C. Castelluccia, K. Malki, H. Soliman, L. Bellier: "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management (HMIPv6)", IETF Internet Draft, Rel. 8, 02 Jul. 2003, work in progress.
- [10] A. Mishra, M. Shin, W. Arbaugh: "An Empirical Analysis of the IEEE 802.11 MAC Layer Handoff Process", CS-TR-4395, University of Maryland Department of Computer Science, September 2002.
- [11] T.C. Schmidt, M. Wählisch, H.L. Cycon, M. Palkow: "Global Serverless Videoconferencing over IP", Future Generation Computer Systems 19, pp. 219 - 227, Amsterdam, 2003.
- [12] T.C. Schmidt, M. Waehlich: "Seamless Multicast Handover in a Hierarchical Mobile IPv6 Environment (M-HMIPv6)", Internet Draft in Submission, July 2003.