

Automatische Kamerasteuerung in Interaktiven Vorlesungen

Stephan Kopf, Thomas King, Fleming Lampi, Wolfgang Effelsberg

Lehrstuhl für Praktische Informatik IV
Universität Mannheim, 68131 Mannheim
{kopf,king,lampi,effelsberg}@informatik.uni-mannheim.de

Abstract: In diesem Beitrag wird das Konzept der *Interaktiven Vorlesung* vorgestellt, das den Studierenden in Tele-Vorlesungen die Möglichkeit bietet, Fragen zu stellen oder Feedback zu geben. Neben dem Video des Dozenten, das zum entfernten Hörsaal übertragen wird, übermittelt das System in Rückrichtung das Bild des entfernten Hörsaals mit allen anwesenden Teilnehmern. Insbesondere bei Fragen ist es wünschenswert, neben dem Ton auch ein Bild des fragenden Studenten zu sehen. Durch die Aufnahme des gesamten Hörsaals kann dieser jedoch häufig nicht erkannt werden. Als Lösungsmöglichkeit wird ein automatisches Verfahren zur Steuerung einer Kamera vorgestellt. Das System bestimmt die Position einer Person im Hörsaal automatisch und passt die Richtung und den Zoom der Kamera ohne Benutzerinteraktion an.

1 Einleitung

Viele technologische Verfahren wurden in den letzten Jahren entwickelt, um die Qualität und Effizienz der universitären Lehre zu verbessern. Die Übertragung einer Vorlesung an eine andere Universität (*Tele-Vorlesung*) ist heute ohne größeren technischen Aufwand möglich, führt jedoch durch den *Mangel an Interaktivität* zu deutlichen Akzeptanzproblemen bei den Studierenden. Der Dozent präsentiert neues Wissen ohne den Lernprozess individuell zu beeinflussen oder auf Fragen oder Kommentare der entfernten Hörer einzugehen.

Eine Verbesserungsmöglichkeit für Tele-Vorlesungen besteht darin, die Interaktivität durch den Einsatz von mobilen Geräten zu erhöhen. Mehrere Projekte wie beispielsweise *Wireless Interactive Learning (WIL/MA)*, *ClassInHand* oder *ConcertStudeo* haben sich in den letzten Jahren das Ziel gesetzt, mit Hilfe von mobilen Geräten den Lehr- und Lernprozess zu unterstützen. An der Universität Mannheim haben zwei Lehrstühle aus den Bereichen Informatik und Erziehungswissenschaften in den letzten Jahren das Konzept der *Interaktiven Vorlesung* entwickelt [Sch04]. Dabei wurde die *Wireless-Interactive-Learning*-Software entwickelt, die interaktive Dienste speziell für Vorlesungen zur Verfügung stellt. Studierende nutzen diese Dienste seit mehreren Jahren auf mobilen, per Wireless LAN angebundenen Geräten (z.B. PDA's oder Notebooks) und erhalten so die Möglichkeit der bidirektionalen synchronen Kommunikation mit dem Dozenten. In bisherigen Evaluationen haben sich folgende Dienste als besonders geeignet erwiesen: 'Virtuelle Wortmeldung', 'Feedback zur Vorlesung' und 'Quizrunden' [SWE⁺05].

Durch das Konzept der *Interaktiven Vorlesung* ist es auch in Tele-Vorlesungen möglich, Feedback zu geben oder Fragen zu stellen. Dennoch wird die Eingabe von Fragen auf PDA's als umständlich empfunden. Hier setzt die neue Idee unseres Verfahrens an: Der Student im entfernten Vorlesungssaal übermittelt seinen Fragewunsch mit dem PDA und stellt seine Frage nach Aufforderung durch den Dozenten per Mikrophon. Standardmäßig wird das Video des Dozenten zum entfernten Hörsaal übertragen. Ein zweites Video liefert einen Blick auf die Tele-Studenten, wobei es sich in früheren Ansätzen um eine statische Kamera handelt, die den gesamten Hörsaal mit allen Studierenden zeigt. Bei Fragen können die einzelnen Sprecher wegen der geringen Größe häufig nicht erkannt werden.

Als Lösungsmöglichkeit wird im Folgenden ein automatisches Kamerasystem vorgestellt, bei dem sich die Kamera im entfernten Hörsaal selbstständig auf den fragenden Studenten ausrichtet. Neben dem Kameraschwenk erfolgt ein passender Zoom, um möglichst viele Details darzustellen. Zwei Probleme müssen gelöst werden, um die automatische Kameraführung im entfernten Hörsaal zu ermöglichen: Die *Position des Fragestellers* muss automatisch identifiziert und die *Kamera passend ausgerichtet* werden. Im folgenden Abschnitt werden beide Verfahren erläutert. Abschließend folgen experimentelle Ergebnisse zur automatischen Kameraführung.

2 Automatische Kamerasteuerung

Abbildung 1 verdeutlicht den Einsatz der automatischen Kamerasteuerung in einer Vorlesung. Zwei Szenarien, die Kamerasteuerung im Hörsaal vor Ort und die Steuerung im Rahmen einer Tele-Vorlesung, werden durch das System abgedeckt. Die *Interaktiven Dienste* stehen dem Dozenten als Modul zur Verfügung und ermöglichen die Kommunikation zwischen den Studierenden und dem Dozenten. Beispielsweise besteht für die Teilnehmer einer Vorlesung die Möglichkeit sich 'elektronisch zu melden', um Fragen während der Vorlesung zu stellen. Der Eingang einer Frage wird dem Dozenten visuell angezeigt, so dass dieser die Frage zum geeigneten Zeitpunkt zulassen kann. Mit dem elektronischen Melden wird der genaue Ort des mobilen Gerätes des Fragestellers automatisch ermittelt, so dass die Kamera passend ausgerichtet werden kann und Studenten bei Fragen immer in Großaufnahme zu sehen sind.

2.1 Bestimmung der Position der Teilnehmer

In den vergangenen Jahren sind neben dem weltweit verfügbaren *Global Positioning System* (GPS) eine Vielzahl von Positionierungssystemen entwickelt worden. Dies ist im Wesentlichen auf die Beschränkungen von GPS zurückzuführen: Die maximale Genauigkeit von GPS beträgt ungefähr fünf Meter. Weiterhin funktioniert GPS nicht innerhalb von Gebäuden, da die Radiosignale nicht stark genug sind, um Wände zu durchdringen. Alternativ ist eine genaue Positionsbestimmung mittels Infrarot möglich [AM03], erfordert jedoch die Anschaffung und Installation zusätzlicher Hardware. Des Weiteren haben sich Wireless-LAN-basierte Verfahren hervor getan, da diese auf die oftmals vorhandene

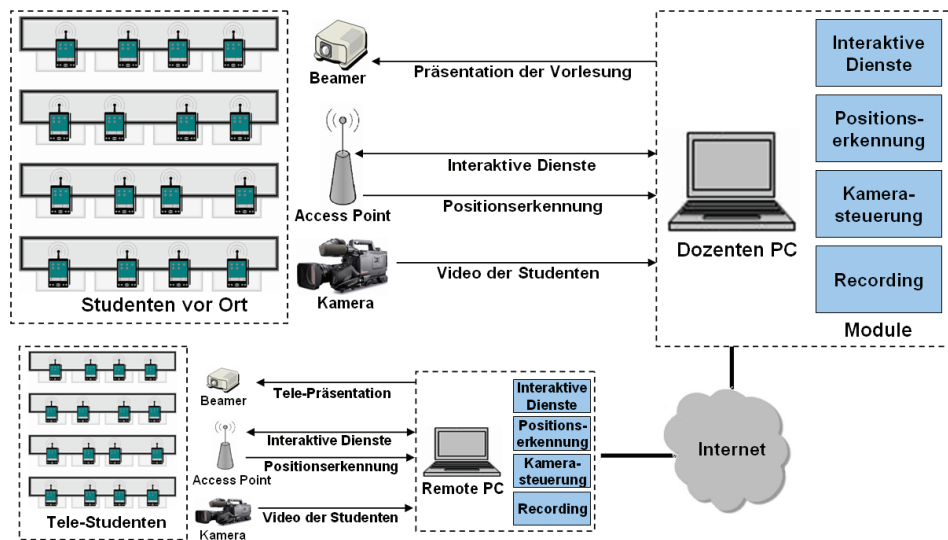


Abbildung 1: Automatische Kamerasteuerung in Tele-Vorlesungen

Hardware-Infrastruktur zurückgreifen und deshalb kostengünstig aufgebaut werden können. Zudem bieten diese Verfahren unabhängig von der Größe eines Raumes eine durchschnittliche Positionierungsgenauigkeit von bis zu 1,5 Metern [KHKE06].

Zur Positionsbestimmung werden in einem zweistufigen Verfahren *Karten mit Radio-Fingerabdrücken* verwendet. In der ersten Phase (*Trainingsphase*) werden einmalig elektromagnetische Eigenschaften an zuvor definierten Messpunkten gesammelt und in einer Datenbank mit den tatsächlichen Positionen (physikalische Koordinaten) gespeichert. Die Messpunkte bilden üblicherweise ein Gitter und decken das Operationsgebiet komplett ab. Dabei können die Messpunkte gleich verteilt sein oder sich in Bereichen häufen, in denen eine höhere Genauigkeit erforderlich ist. Die elektromagnetischen Eigenschaften an jedem Messpunkt werden als *Radio-Fingerabdruck* bezeichnet, da sie diesen Messpunkt meist eindeutig identifizieren. In der *Positionierungsphase*, also während die Vorlesung läuft und Studierende, die Fragen stellen, aufgenommen werden sollen, führt jedes einzelne mobile Gerät regelmäßig Messungen durch und berechnet seine Position. Die Verteilung der Messwerte wird mit den Fingerprints der Datenbank verglichen, indem ein *Chi-Quadrat-Anpassungstest* durchgeführt wird. Der Referenzpunkt mit dem höchsten Wert wird als aktuelle Position angenommen.

2.2 Ansteuerung der Kamera

Nach der Berechnung der Position eines Teilnehmers wird die Kamera auf diesen ausgerichtet. Die Parameter zur Kamerasteuerung wurden im Vorfeld für alle Sitzplätze des Hörsaals manuell festgelegt, so dass der Student in der Bildmitte erscheint, wobei mindes-

tens zwei benachbarte Plätze im Bild sichtbar sind. So wird mit hoher Wahrscheinlichkeit sichergestellt, dass die gewünschte Person auch bei einer ungenauen Positionsbestimmung noch im Bild enthalten ist. Als Kamera wird das Modell *VC-C4* von Canon eingesetzt, bei der Schwenk-, Neige- und Zoomeffekte steuerbar sind. Der Aktionsbereich mit bis zu 180 Grad in horizontaler und 60 Grad in vertikaler Richtung deckt den Sichtbereich innerhalb eines Vorlesungssaals vollständig ab.

3 Experimentelle Ergebnisse

Zur Umsetzung der automatischen Kamerasteuerung wurden drei Module entwickelt: Die *Interaktiven Dienste* stellen die Kommunikation zwischen den mobilen Geräten der Studierenden und dem Dozenten-PC her. Der Dozent kann beispielsweise Fragen oder Feedback von den Zuhörern zulassen oder eine Quizrunde starten. Das Modul *Positionserkennung* läuft auf den mobilen Geräten und bestimmt innerhalb eines Hörsaals dessen genaue Position. Diese Information wird dem Modul *Kamerasteuerung* zur Verfügung gestellt, welches das automatische Ausrichten und Zoomen der Kamera übernimmt.

Die Software für die interaktiven Dienste ist unter der Open Source Lizenz verfügbar [Sch04] und umfasst einen Server zur Kommunikation, eine Anwendung zur Administration der Dienste sowie die Clientanwendung für die mobilen Geräte. Die Algorithmen zur Positionsbestimmung haben wir in einer Bibliothek zusammengefasst, die neben der Positionsermittlung mittels Wireless LAN auch GPS oder digitale Kompass unterstützt [KK05]. Bei der Kamerasteuerung handelt es sich um einen ersten Prototypen, der die Ein- und Ausgaben der anderen Module auswertet und die Kamera anhand vordefinierter Positionen ausrichtet.

In den letzten Jahren wurden in Zusammenarbeit mit einem Lehrstuhl für Erziehungswissenschaften sechs umfangreiche Evaluationen zum Einsatz von mobilen Geräten in der Lehre in Bezug auf die Motivation und den Lernerfolg von Studierenden durchgeführt. In einer Hauptstudiumsvorlesung wurden zwei Gruppen gebildet, von denen zunächst eine Gruppe mobile Geräte nutzte (*interaktive Gruppe*), um sie in der zweiten Hälfte des Semesters an die andere Gruppe zu übergeben. Zur Überprüfung des Lernzuwachses wurden Wissenstests *vor*, *während* und *nach* dem Semester durchgeführt. Der Wissensstand war zu Beginn des Semesters bei beiden Gruppen sehr ähnlich. Die interaktive Gruppe hatte jedoch zur Mitte des Semesters einen signifikant höheren Wissensstand. Anschließend drehte sich das Verhältnis um, so dass jeweils bei den interaktiven Gruppen ein besserer Lernerfolg nachgewiesen werden konnte. Ebenso wurden höhere Werte für die Motivation, die empfundene Aktivität und das Interesse an der Vorlesung gemessen.

Zur Überprüfung der Genauigkeit des Positionierungssystems haben wir in einer ersten Untersuchung einen Seminarraum, der 12 Studenten Platz bietet, mit vier Access Points ausgestattet. An jedem Sitzplatz wurden 110 Messungen durchgeführt, um die Karte mit den Fingerabdrücken zu erzeugen. In einer zweiten Messreihe haben wir wiederum 110 Messungen durchgeführt, wobei diese Daten für Simulationen zur Positionsbestimmung verwendet werden. Bei den Messungen haben wir den Laptop zufällig auf dem Tisch vor dem jeweiligen Sitzplatz ausgerichtet.

Mit den gemessenen Daten wurden Simulationen durchgeführt, um die Genauigkeit des Positionierungssystems zu überprüfen. Für diese Simulationen wurden jeweils 20 zufällige Messungen aus den Daten für die Fingerabdrücke und den Positionierungsdaten gezogen und anhand dieser die Position des Studenten ermittelt. Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, wurden die Simulationen 1000 mal wiederholt. Zu ungefähr 30 Prozent wurde die Position richtig erkannt, mit einer Wahrscheinlichkeit von ungefähr 65 Prozent weicht die Position um maximal einen Sitzplatz vom korrekten Platz ab. Der durchschnittliche Fehler der Positionsbestimmung liegt bei 1,39 Metern. Daher wurde bei der Definition des Bildausschnittes darauf geachtet, dass die Kamera immer zwei benachbarte Sitzplätze in jeder Richtung zeigt. Die Genauigkeit der Ansteuerung der Kamera ist sehr hoch (weniger als 3 Grad Abweichung), so dass dieser Fehler im Vergleich zu den Positionierungsfehlern vernachlässigt werden kann.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass interaktive Vorlesungen eine hohe Akzeptanz bei Studenten finden. Die stärkere Motivation und Aufmerksamkeit während der Vorlesung führt zu einem höheren Lernerfolg. Um die Interaktivität innerhalb einer Vorlesung weiter zu erhöhen und zu verbessern wurde ein Modul zur automatischen Steuerung der Kamera entwickelt. Die Position eines Studenten wird durch Analyse der Signalstärke der Access Points automatisch bestimmt.

Als zukünftiger Schritt soll das entwickelte System in einer größeren Vorlesung getestet werden, wobei die Genauigkeit der Positionsbestimmung durch die Größe des Hörsaals nicht beeinflusst wird. Falls sich viele Personen in einem Saal aufhalten ist jedoch zu erwarten, dass die Signale der Access Points zum Teil stark gedämpft werden, was zu höheren Ungenauigkeiten führt. Zudem soll der Positionierungsalgorithmus weiter verbessert werden, um genauere Positionsschätzungen zu erhalten.

Literatur

- [AM03] E. Aitenbichler und M. Mühlhäuser. An IR Local Positioning System for Smart Items and Devices. In *Intl. Conf. on Distributed Computing Systems Workshops*, Seiten 334–339, 2003.
- [KHKE06] T. King, T. Haenselmann, S. Kopf und W. Effelsberg. Positionierung mit Wireless-LAN und Bluetooth. *Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation*, 29(1):9–17, March 2006.
- [KK05] T. King und S. Kopf. Loclib - A Location Library. Website: <http://www.informatik.uni-mannheim.de/pi4/lib/projects/loclib/>, University of Mannheim, 2005.
- [Sch04] N. Scheele. LectureLab: WIL/MA – Wireless Interactive Lectures in Mannheim. Website: <http://www.informatik.uni-mannheim.de/pi4/projects/wil-ma/>, University of Mannheim, 2004.
- [SWE⁺05] N. Scheele, A. Wessels, W. Effelsberg, M. Hofer und S. Fries. Experiences with Interactive Lectures – Considerations from the Perspective of Educational Psychology and Computer Science. In *Computer Supported Collaborative Learning*, 2005.