

Konzeption und Basisarchitektur eines OP-Instrumententisch-Überwachungssystems

Bernhard Glaser¹, Thomas Neumuth¹

¹ Innovation Center Computer Assisted Surgery (ICCAS), Leipzig, Deutschland

Kontakt: bernhard.glaser@medizin.uni-leipzig.de

Abstract:

Die automatische Erkennung des Zustandes eines laufenden Eingriffs im Operationssaal mittels Sensoren erlaubt es zukünftigen Unterstützungssystemen, situationsgerechte Unterstützung des Personals während des gesamten Workflows bereitzustellen und zu Effizienz und Patientensicherheit beizutragen, ohne die bestehenden Arbeitsabläufe störend zu beeinträchtigen. Von zentralem Interesse ist dabei die Kenntnis über die jeweils eingesetzten chirurgischen Instrumente, wobei Ansätze über RFID- oder Barcode-Technologie wegen ihrer Einschränkungen für den Praxiseinsatz vermieden werden sollen. Der vorgestellte Ansatz zur optischen 2D-Erkennung der Instrumente auf dem Instrumententisch stellt jedoch besondere Anforderungen an die zugrundeliegende Architektur eines Softwaresystems. Der Beitrag stellt einen Ansatz zur strukturierten Bewältigung des dabei entstehenden Aufkommens von Bilddaten vor, welcher für Studien mit dem Ziel der Erkennung der während einer Operation benutzten Instrumente eingesetzt werden soll. Auf dieser Grundlage wird in kommenden Veröffentlichungen ein System zur automatischen Erkennung des Instrumententisch-Zustandes auf Basis von 2D-Kameradaten erarbeitet.

Schlüsselworte: chirurgische Instrumente, Instrumententisch, Überwachung, Surgical Workflow

1 Problem

Die Arbeitsumgebung des Krankenhauses der Zukunft verändert sich mit der zunehmende Einführung neuer Technologien. Im Bereich der chirurgischen Instrumente wurden auf der kommerziellen medizinischen Ebene in den letzten Jahren verschiedene Systeme vorgestellt, welche sich zum Ziel gesetzt haben, die auf dem Sektor der Lagerlogistik schon lange etablierten Ansätze zur Warenverfolgung mittels Barcode- und RFID-Technologien für die Krankenhaus-Umgebung einsetzbar zu machen, unter anderem um den Warenfluss der chirurgischen Siebe zwischen Operationssaal und Sterilisationsabteilung nachvollziehen zu können. Diese Systeme beschränken sich in der Regel auf die Identifikation eines einzelnen chirurgischen Siebes und beeinflussen die Arbeitsabläufe des Personals daher praktisch nicht. Der vorliegende Beitrag konzentriert sich auf die automatischer Identifikation des intraoperativen Einsatzes von Instrumenten, um mit den erhobenen Daten nahe Forschungsbereiche im Kontext der automatischen Workflowerkennung zu erweitern ([1]).

Im Vergleich zur Siebidentifikation ergeben sich dabei gesteigerte Herausforderungen in Bezug auf die eingesetzte Technologie. Der Einsatz von Barcodes auf jedem Instrument zur Erkennung der Benutzung des Instrumentes während einer Operation stellt für die instrumentierende Person eine nicht zumutbare zusätzliche Arbeitsbelastung dar, da die Instrumente jeweils einzeln vor Benutzung von einem optischen Scanner erfasst werden müssten. Der Einsatz von RFID-Technologien auf jedem einzelnen Instrument birgt vor allem den Nachteil, dass dazu sämtliche Instrumente entsprechend modifiziert werden müssen. Bestehende Untersuchungen haben zudem gezeigt, dass diese Technologie geschulte Personen, besondere Ausstattung und einen akribischen Blick auf Details erfordert ([2]).

Im Vorfeld der Arbeit wurden bereits verschiedene Technologien zur Instrumentenerkennung evaluiert, unter anderem auch RFID, und deren Schwächen aufgezeigt. ([3]).

Zudem existieren weitere Ansätze zur Erkennung der eingesetzten chirurgischen Instrumente während der Operation, welche jedoch auf laparoskopische Eingriffe beschränkt sind ([4]).

Um die aufgezeigten Umstände im Bereich der Instrumentenerkennung anzugehen, setzt das vorgestellte Konzept auf eine optische 2D-Erkennung der Instrumente auf dem Instrumententisch, ohne dass diese modifiziert werden müssen. Dabei ergeben sich besondere Anforderungen an das Systemdesign und die Architektur eines dafür zu entwerfenden Softwaresystems.

2 Methoden

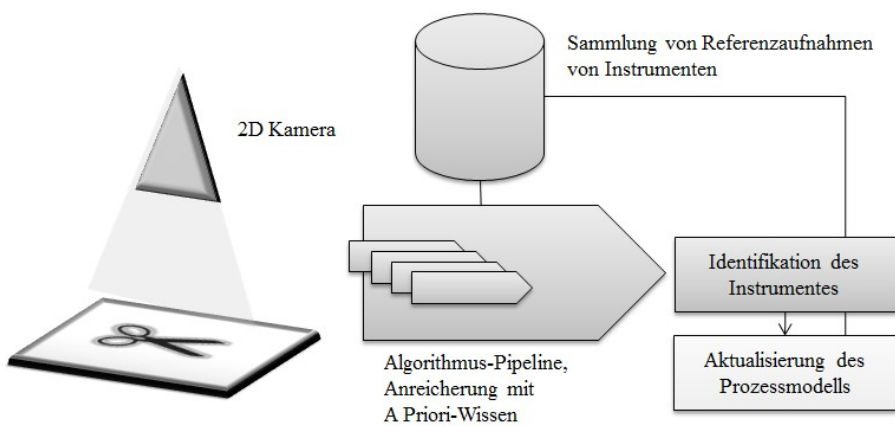


Abbildung 1 gibt einen schematischen Einblick in den Aufbau. Die Instrumente auf dem Instrumententisch werden über eine 2D-Kamera kontinuierlich erfasst. Die erhobenen Momentaufnahmen werden einer Algorithmus-Pipeline zugeführt, welche auf Basis der zu den Instrumenten zugrundeliegenden Informationen die Einzelinstrumente identifiziert.

Abbildung 1: Schematischer Aufbau des Gesamtsystems

In der Phase des Requirements Engineering wurden für das Systemdesign der Sammlung der Trainings- bzw. Referenzaufnahmen (im Folgenden als „Das System“ bezeichnet) folgende grundlegenden Leistungsfaktoren identifiziert:

- Das System soll für die Kernfunktionen eine grafische Benutzeroberfläche anbieten, damit diese auch von Nichttechnikern benutzt werden können.
 - Der Bedienende muss zu einem Einzelinstrument jeweils verschiedene Bildserien mit Titel hinterlegen können, damit die verschiedenen Zustände des Instrumentes (z.B. „geöffnet“) repräsentiert werden können.
 - Das System soll bei der Aufnahme neuer Bilder über eine Vorprüfungsfunktion verfügen, damit dem Benutzer ermöglicht wird, die neuen Daten zu begutachten, bevor sie in die Datenbank aufgenommen werden.
 - Der Bedienende muss zu einem Einzelinstrument Informationen hinterlegen können (z.B. Name des Herstellers), diese Informationen sollen im Entwicklungsverlauf ergänzt werden können, wobei die Abwärtskompatibilität erhalten werden soll.
 - Über die Bilder einer einzelnen Bildserie soll nachvollziehbar ermittelbar bleiben, welche Aufnahmen bzw. welche Algorithmen mit welchen Parametern zum jeweiligen Einzelbild geführt haben, damit im Entwicklungsverlauf die Güte unterschiedlicher algorithmischer Ansätze evaluiert werden kann.
 - Die dem System zugrundeliegenden Datenquelle muss menschenlesbar, leicht auf andere Systeme portierbar und leicht erweiterbar sein.
- Das System muss verschiedene Datenbanken von Instrumenten gleichzeitig öffnen können.
- Das System soll auf den parallelen Einsatz verschiedener Algorithmen ausgelegt sein.

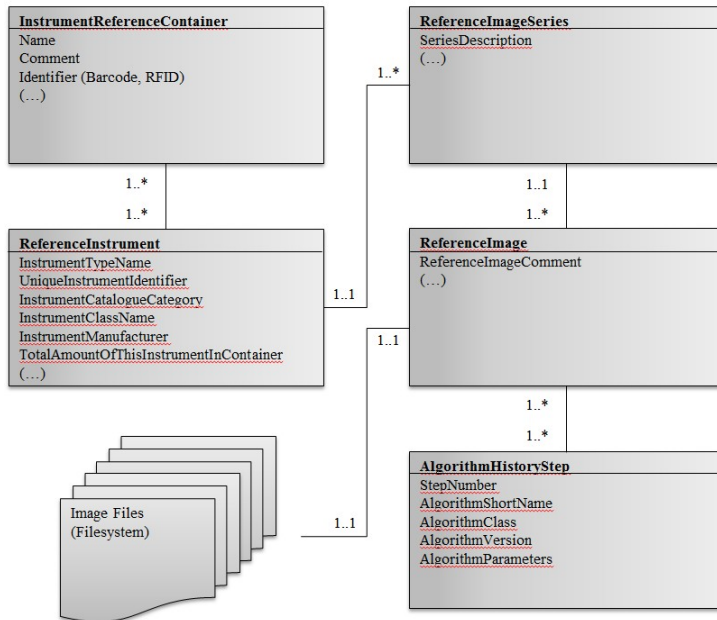
3 Ergebnisse

Die auf Basis des Requirements Engineering erarbeiteten Entwurfsziele an die Systemarchitektur wurden im weiteren Verlauf in einer Implementierung umgesetzt. Den Kern der Umsetzung bildet die in Abbildung 2 dargestellte Struktur.

Die Speicherstruktur basiert auf einer Kombination aus XML-Strukturen und dem Filesystem.

Da die Datenbank aus Referenzinstrument-Aufnahmen vor dem Start einer Analyse jeweils komplett im Arbeitsspeicher des Analysesystems abgelegt wird, entstehen durch den XML-Ansatz keine Geschwindigkeitseinbußen. Da jedes an einer Serie beteiligte Bild eine Historie über die auf ihm angewendeten Algorithmen besitzt können auf der Datenbasis übersichtlich neue Algorithmen hinzugefügt werden, trotzdem können bei entsprechender Ausrichtung der Vergleichsalgorithmen die von der Referenzinstrumentensammlung erforderlichen Berechnungen minimiert werden. Durch die XML-Struktur bleiben die Informationen jedoch menschenlesbar und können problemlos in praktisch jeder Programmiersprache ohne Vorbearbeitung eingelesen werden, zudem kann das System leicht erweitert werden.

Abbildung 2: Datenhaltungsstruktur (Ausschnitt)



Zum komfortablen Umgang mit der großen Datenmenge wird die komplette Struktur durch eine grafische Oberfläche unterstützt. In einem ersten Vortest wurde in die Struktur ein vollständiges Weichteilsieb mit 56 verschiedenen Objekten (absolut 110) eingelesen. Die zugehörige XML-Datei (ca. 10MB) wird dabei komplett in eine DOM-Struktur überführt. Inklusiv der einzelnen Verarbeitungsschritte wurden dabei zu den Instrumenten im Test ca. 5000 Bilddateien mit einem Gesamtumfang von ca. 280MB abgelegt.

4 Diskussion

Der gewählte Ansatz eignet sich, um eine große Bildmenge strukturiert und historisiert für das dargestellte Problem abzulegen. Da der für die spätere Analyse benötigte Anteil der Bilddaten im Arbeitsspeicher nur eine schon vorverarbeitete Teilmenge der Bilddaten ist, wird der Zeit- und Speicheraufwand bei darauf basierenden Systemen effektiv reduziert. Durch den XML-Ansatz und die für alle gängigen Programmiersprachen existierenden Generatoren, können die erhobenen Daten plattformübergreifend genutzt werden. Die verteilte Berechnung bei Bildanalysen wird unterstützt, indem die Teilsysteme einfach mit der zugrundeliegenden Strukturdatei initialisiert werden.

Der Ansatz kann nahtlos erweitert werden, ohne auf im Entwicklungsverlauf entstandene Vorberechnungen verzichten zu müssen oder deren Nachvollziehbarkeit einzuschränken. Auch eine Erweiterung auf zusätzliche Informationen (z.B. 3D-Bilddaten) ist denkbar.

Die vorgestellte Arbeit bildet die Grundlage eines in kommenden Veröffentlichungen vorgestellten Systems zur automatischen Erkennung des Instrumententisch-Zustandes mittels 2D-Kameradaten.

5 Referenzen

- [1] Neumuth, Thomas; Strauß, Gero; Meixensberger, Jürgen; Lemke, Heinz; Burgert, Oliver: Acquisition of Process Descriptions from Surgical Interventions. In: Stéphane Bressan, Josef Küng und Roland Wagner (Hg.): Database and Expert Systems Applications, Bd. 4080: Springer Berlin / Heidelberg (Lecture Notes in Computer Science), 2006
- [2] Egan, M. T.; Sandberg, W. S. : Auto Identification Technology and Its Impact on Patient Safety in the Operating Room of the Future. In: Surgical Innovation 14 (1), 2007.
- [3] Neumuth, Thomas; Meißner, Christian: Online recognition of surgical instruments by information fusion. In: Int J CARS 7 (2), 2012
- [4] Bouarfa, Loubna; Akman, Oytun; Schneider, Armin; Jonker, Pieter P.; Dankelman, Jenny : In-vivo real-time tracking of surgical instruments in endoscopic video. In: Minim Invasive Ther Allied Technol 21 (3), 2012.