

Patrick Mietkowski

Dr. med.

Entwicklung und Evaluation eines kontextsensitiven Assistenzsystems für die Chirurgie am Beispiel eines lernenden Kameraführungsroboters in der Laparoskopie

Fach/Einrichtung: Chirurgie

Doktorvater: Prof. Dr. med. Beat Müller

Problemdarstellung und Fragestellung

In der minimalinvasiven Chirurgie (MIC) ist das Team Operateur – Kameraführungsassistent von besonderer Bedeutung. Grund ist die Technik der MIC: das Operieren durch kleine Schnitte in der Bauchdecke verwehrt dem Operateur den direkten Blick auf das Operationsgebiet. Das Bild des Operationsgebietes wird mit einer intraabdominell eingeführten Kamera, dem Laparoskop erzeugt. Da der Operateur in der Regel mit beiden Händen operiert, wird das Laparoskop vom Assistenten geführt. Der Assistent hat dabei Einfluss auf die Leistung des Operateurs, weil bei schlechter Kameraführung der Operateur nicht zielgerecht operieren kann. Ein guter Assistent kennt den Ablauf der Operation (OP) und die Vorlieben des Operateurs und kann sich vorausschauend anpassen.

Dank der rasanten Entwicklung der letzten Jahre in den Bereichen der Informatik, Robotik und des maschinellen Lernens kann nun die Frage gestellt werden, ob ein Roboter die Aufgabe der Kameraführung ähnlich einem guten Assistenten kontextsensitiv erfüllen kann. Ziel war es also einen kontextsensitiven und lernenden Kameraführungsroboter (KFR) zu entwickeln.

Methoden und Ergebnisse

Zur Beantwortung der Fragestellung wurde zunächst anhand von Literatur, exemplarisch für die laparoskopische Rektumresektion als OP, ein chirurgisches Prozessmodell erstellt und mittels Operationsvideos verifiziert. Dieses Prozessmodell wurde anschließend in ein Phantommodell übertragen, um eine sichere Versuchsumgebung zu ermöglichen und das OpenHELP-Phantom um notwendige Strukturen erweitert.

Dieses Prozessmodell wurde hinsichtlich der Reproduzierbarkeit geprüft und bestätigt. Zudem wurde eine sichere und realitätsnahe Umgebung für Versuche mit einem lernenden KFR identifiziert.

Außerdem mussten Kriterien für eine gute Kameraführung identifiziert und das Wissen über diese Kriterien dem KFR zur Verfügung gestellt werden.

Nach der Definition von Kameraführungsqualitäten (KFQ) wurden Trainingsdaten für einen Klassifikator der KFQ aufgenommen. Dieser Klassifikator basierte auf dem maschinellen Lernverfahren Random Forest. Anschließend wurden vier Versuchsreihen mit zwei unterschiedlichen Robotern und insgesamt drei Lernstufen durchgeführt.

Dabei zeigte sich eine signifikante Verkürzung der Operationsdauer mit steigender Lernstufe, ein steigender Anteil der autonomen Kameraführung, eine fallende Anzahl der Wechsel der Kameraführungsmodi und signifikant steigende Anteile der guten KFQ bzw. fallende Anteile der schlechten KFQ mit steigender Lernstufe. Zudem konnte kein signifikanter Unterschied für die schlechte KFQ zwischen einem gelernten Kameraführungsassistenten und dem KFR in der dritten Lernstufe gezeigt werden.

Diskussion

In Anbetracht der bisher publizierten Arbeiten zu Phantommodellen, konnte kein ähnlich realitätsnahes Modell identifiziert werden. Ebenfalls ist keine derart komplexe OP im Phantommodell beschrieben worden.

Der KFR ist der erste lernende Roboter in der Chirurgie. Die bisher erforschten Ansätze verfolgten die manuelle Steuerung oder eine einfache, regelbasierte, autonome Kameraführung. Bei keinem bekannten KFR wurde der Ansatz der Kontextsensitivität beschrieben. Die Autonomie des KFR war jedoch eingeschränkt, da eine automatische Phasenerkennung fehlte und diese manuell durch den Chirurgen vorgegeben werden mussten.

Schlussfolgerungen

Die aktuelle Entwicklung der Informatik und der Robotik erlaubt es, chirurgische Assistenzsysteme von neuer Qualität zu entwickeln, wie hier am Beispiel des lernenden KFR für die laparoskopische Rektumresektion gezeigt werden konnte. Die Schlüsselemente scheinen hier das Maschinelle Lernen und die Kontextsensitivität zu sein. Es ist jedoch die weitere Erforschung von Phasenerkennungssystemen notwendig, um vielfältige und den Chirurgen entlastende Assistenzsysteme zu entwickeln.