

Bionische Technik exakt analysiert

Eine Ultra-Highspeed-Kamera eignet sich für die komplexe Grundlagenforschung.

Kamillo Weiß

Zukunftsvisionen wie humanoide Roboter mit künstlichen Gelenken und Muskeln erfordern komplexe Grundlagenforschung. Das Max-Planck-Institut für intelligente Systeme in Stuttgart hat sich dieser Forschung verschrieben. Zur präzisen Betrachtung und Analyse dieser Vorgänge kommt eine Phantom Ultra Highspeed-Kamera zum Einsatz.

Um bionischen Gelenken Leben einzuhauchen, werden kleine, mit Flüssigkeit wie Pflanzenöl gefüllte Kunststoffbeutel elektrostatisch in Bewegung versetzt. Die Stärke und Form der angelegten elektrischen Spannung bestimmen die Bewegung. Diese soll beispielsweise den komplexen mechanischen Vorgang einer menschlichen Hand nachahmen. Mehrere Gelenke in beliebigen geometrischen Formen lassen sich hintereinander ähnlich einem Finger anordnen.

Die angelegte variable elektrische Spannung am Aktuator bzw. Gelenk ist in seiner ganzen Vielfalt von Rechtecks-, Dreiecks-, Sinus- und Linearspannung regelbar. Dies steuert sehr präzise die zeitlich abhängige Deformation der Beutel. Damit ist es möglich, Bewegungen von Insektenbeinen nachzuahmen (Bionik). Von noch größerer Bedeutung ist die Nachbildung menschlicher Extremitäten. Eine Forschungsrichtung am MPI-IS in Stuttgart zielt darauf ab, diese vielschichtigen komplexen bionischen Vorgänge in seinen Grundlagen zu verstehen. Die Arbeiten sind auch unter dem Titel „SES-Gelenke“ (Spider-inspired Electrohydraulic Soft-actuated joints) bekannt.



Die derzeit weltweit schnellste 4-Megapixel-Kamera bietet eine maximale Auflösung von 2048×1952 Pixel bei 6600 Bildern pro Sekunde und 12-bit Bildauflösung. Der austauschbare optionale CineMag-V-Speicher (Inset) besitzt bis zu 8 TB und kann 288 GB Daten in weniger als fünf Minuten herunterladen.

Mit neuester CMOS-Technologie liefert die Kamera Phantom v2640 von der High Speed Vision GmbH die erforderlichen Ultra Highspeed-Bildsequenzen für die genauen Bewegungsanalysen. Damit lassen sich quantitativ und qualitativ die Beschleunigung, Geschwindigkeit und das Bewegungsverhalten eines Gelenkarmes – extrem zeitgedehnt mit sehr hoher Bildauflösung – sehr genau verfolgen. Erfasst man gleichzeitig die geometrische Verformung dieser Aktuatoren, einschließlich dem darin erfolgenden Fließen der Flüssigkeit, liefert dies Rückschlüsse auf wichtige Aspekte und Funktionsfaktoren. Die High-Speed-Videsequenzen ermöglichen eine detaillierte Bild-zu-Bild-Analyse bei Dehnungsraten bis zu 7000 Pro-

zent pro Sekunde. Arbeitsbereiche von mehr als 100 000 Bildern pro Sekunde entsprechen einer Schrittweite von 0,01 Millisekunden. Diese werden zeitsynchron zu anderen Messdaten erfasst.

Millisekundenschnelle logische Vorgänge werden exakt komplett aufgezeichnet, um daraus präzise Aussagen zu extrahieren. Das erlaubt es, Bewegungsdifferenzen von 0,001 mm zu erfassen.

Vielseitige Präzision

Durch die Experimente ergeben sich ständig weiterführende Fragen und daraus neue Anforderungen an die SES-Gelenke, die es zu untersuchen gilt. Mit Lasern sind nur punktuelle Messungen möglich,



Mit diesen elektrohydraulischen Aktuatoren erfolgt die Nachahmung der Bewegungen, etwa von Insektenbeinen.

während Aufnahmen mit einer Ultra-Highspeed-Video-Kamera die gesamte Aktuator-Geometrie mit vielen präzisen Informationen genau verfolgen. So lassen sich neben der Beutelverformung und Gelenkbewegung auch winzige Luftblasen in der Flüssigkeit nachvollziehen. Dies liefert wichtige Hinweise auf das Strömungsverhalten der Flüssigkeit im Beutel, entsprechend der jeweils angelegten Spannung.

Vorteilhaft ist eine hohe Bildauflösung bei extrem hohen Bildraten. Entsprechend diesen Anforderungen und vorausschauend auf die Anwendung weiterer Funktionen entschied man sich am MPI-IS für die Anschaffung der Phantom v2640. Diese Kamera ist die weltweit schnellste 4-Megapixel-Kamera mit einer maximalen Auflösung von 2048×1952 Pixel, bei einer Framerate von 6600 Bildern pro Sekunde und 12-bit Bildauflösung. In reduzierter Auflösung sind 300 000 Bilder pro Sekunde möglich bei minimaler Belichtungszeit von 142 ns. Im Binned-Mode (2×2 Pixel) steigert sich die Lichtempfindlichkeit von Mono 16 000 ISO bis auf 25 000 ISO.

Die hohe Lichtempfindlichkeit ermöglicht Aufnahmen bei Tageslicht. Das vereinfacht den Versuchsaufbau erheblich, da keine aufwändige Zusatzbeleuchtung erforderlich ist, die den Versuch beeinträchtigen könnte, etwa durch Wärmeeintrag.

Die hohe Lichtempfindlichkeit bietet zudem den Vorteil, die Blende der Objektiv weitgehend schließen zu können, um den Tiefenschärfebereich zu verbessern.

Die Forschung zielt darauf ab, die gesamte Dynamik in allen Aspekten mit hoher Auflösung sehr präzise zu untersuchen. Die Kombination unterschiedlicher elektronischer Messtechnik mit den einzelnen Bildern der High-Speed-Video-Kamera zeitlich exakt synchronisiert, qualifiziert die Aussagen der jeweils erfassten Ereignisse. Die elektrohydraulischen „Muskeln“ bieten Vorteile gegenüber dem Verhalten und der Gestaltung von Elektromotorlösungen mit gleichen Aufgaben und Ergebnissen. Das ergibt für die SES-Gelenke eine hohe Sicherheit gegen Überlastung.

Durch die Hintereinanderschaltung mehrerer Gelenke und Finger lässt sich der Zugriff äußerst sensibel und vielseitig gestalten. Das erste Gelenk kann beispielsweise kraftvoll agieren, das letzte sehr sanft. Das bezieht sich nicht nur auf die jeweils ausgeübte Kraft, sondern auch auf die Beschleunigung der Gelenkteile. Künftig ist geplant, mit einer weiteren Kamera den 3D-Raum per Ultra-High-Speed-Video zu erschließen.

Diese einfach zu steuernden Aktuatoren funktionieren auch unter Wasser. Die Flüssigkeit in den Beuteln ist kaum kompressibel, sodass hiermit der gleiche sensible Zugriff möglich ist wie an Land.

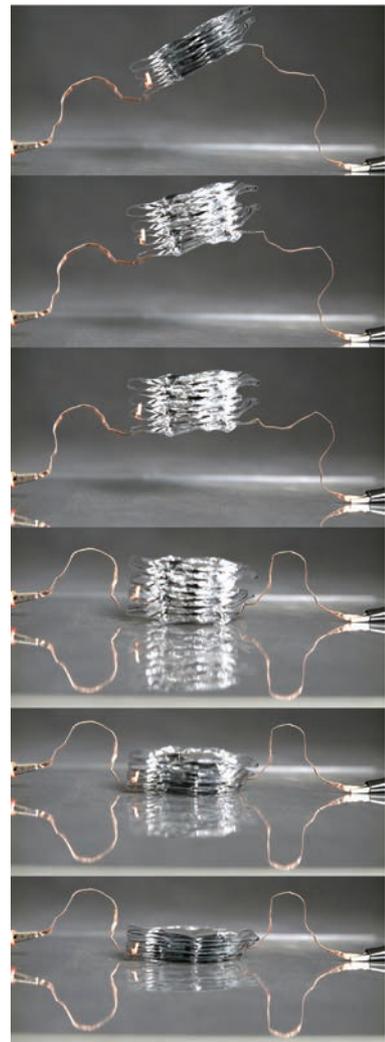
Grandiose Zukunft

Bionische elektrohydraulische Aktuatoren haben in der Soft-Robotik und anderen interagierenden Bereichen ein riesiges Potenzial in Gestaltung, Anwendung und Wirtschaftlichkeit. Die weich arbeitenden Gelenke sind einfach, leicht, extrem flink, raumsparend, billig herstellbar, vielseitig zu gestalten von filigran bis robust, hygienisch

pflegeleicht und wasserfest. Mehrteilige Gelenke bieten Synergien, der mechanische Aufwand ist minimal, der Energieverbrauch gering, die Produktion ist leicht skalierbar, es können normale Kunststofffolien zum Einsatz kommen, und die Gelenke sind simpel digital steuerbar.

Autor / Kontakt

Kamillo Weiß, Dipl.-Ing. (FH), Fachjournalist, Kamillo.Weiss@Kamillo-PR.de, Tel. 0711 755956; **High Speed Vision GmbH**, info@hsvision.de, 76275 Ettlingen, Telefon: 07243 94757-22; <https://www.hsvision.de/de>



Mit der Kamera lassen sich Verformungen oder Änderungen der Bewegungsgeschwindigkeit der übereinander angeordneten Aktuatoren erfassen.