

Den Tastsinn über das Internet übertragen

- **Mit Hilfe des neuen Standards HCTI lassen sich Empfindungen über das Internet übertragen.**
- **Das Pendant zu JPEG, MP3 und MPEG wurde von einem Konsortium unter Leitung der Technischen Universität München (TUM) entwickelt.**
- **Der HCTI kann in der Telechirurgie, im Telefahren oder in der Gaming-Industrie zum Einsatz kommen.**

Was JPEG für Bilder, MP3 für Audiodateien und MPEG für Videos ist, das sind haptische Codecs für die Übertragung des Tastsinns über das Internet. Unter Konsortialführung der Technischen Universität München (TUM) wurde nach acht Jahren Normungsarbeit unter dem Namen „Haptic Codecs for the Tactile Internet“ (HCTI) erstmals ein Standard für die Kompression und Übertragung des Tastsinns veröffentlicht. Er legt die Basis für Telechirurgie, für Telefahren und neue Online-Gaming-Erfahrungen.

Wenn Audio- oder Videodateien über das Internet geschickt werden, ist der Ablauf aus heutiger Sicht recht einfach: Alle 20 Millisekunden wird ein Datenpaket geschnürt, aus dem die für das menschliche Sehen und Hören irrelevante Informationen bereits rausgefiltert wurden. Das reduziert die Datenmenge. Informationen werden dabei lediglich in eine Richtung geschickt, zum Empfangenden. Bei der Übertragung von haptischen Informationen spielen Sendende und Empfangende gleichermaßen eine Rolle. Soll etwa ein Roboterarm aus der Ferne bewegt werden, gibt die Nutzerin oder der Nutzer das durch ihre oder seine Bewegung vor. Greift die Hand am Roboterarm etwa einen Tennisball, spürt die Nutzerin oder der Nutzer das aus der Ferne. Informationen müssen in beide Richtungen fließen. Ein globaler Regelkreis entsteht, in dem sich die Kommandos zum Roboter in der entfernten Umgebung und das haptische Feedback, das zurück zum Nutzenden übertragen wird, gegenseitig beeinflussen. Die Übertragung der haptischen Information muss nun idealerweise in einer Millisekunde von statten gehen, eine Geschwindigkeit, mit der in der physischen Interaktion mit Robotern üblicherweise gearbeitet wird.

Um die zu versendende Datenmenge zu reduzieren, gibt es so genannte Codecs, die Daten für die Übertragung codieren und decodieren. So wird eine effiziente Übertragung der Daten möglich. „Im erstmals veröffentlichten IEEE-Standard 1918.1.1 wird ein Codec als Standard für den taktilen Datentransfer definiert“, erläutert Prof. Eckehard Steinbach, Leiter des Lehrstuhls für Medientechnik der TUM. Er erfasst also zum einen die Empfindungen für Bewegungen, also für Positionen der Gliedmaßen und Kräfte, die dort wirken, als auch für die Sensibilität der Haut, um etwa Oberflächen etwa von Papier oder Metall spüren zu können. Ergänzt werden diese beiden haptischen Codecs durch ein standardisiertes Protokoll für den Austausch der Geräteeigenschaften, das so genannte Handshaking, beim Verbindungsaufbau.

So funktioniert HCTI: Bis zu 4.000 Datenpakete pro Sekunde

Anders als in den Bild-, Audio- und Videokompressionsstandards war es für die Übertragung taktiler Information bisher üblich, bis zu 4.000 Mal pro Sekunde Datenpakete in beide Richtungen loszuschicken. „Das stellt sehr hohe Anforderungen an das Kommunikationsnetz, das die Datenpakete transportiert“, erläutert Steinbach. Vorteil der hohen Taktung: Die Teleoperation ist wirklichkeitsnah und die Übertragung ist sehr robust, selbst wenn einzelne Datenpakete verloren

gehen. Dennoch wollen die Forschenden die Taktung auf etwa 100 Mal pro Sekunde reduzieren. „Das ist nahe an der Wahrnehmungsschwelle des Menschen“, sagt Steinbach.

2014 startete eine Arbeitsgruppe innerhalb der IEEE Standardization Association mit Forschenden unter anderem aus dem Imperial College in London, der New York University of Abu Dhabi (NYU Abu Dhabi), der Chinesischen Dalian University sowie dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) unter der Konsortialführung der TUM mit dem Ziel, einen Standard für die haptische Kommunikation zu entwickeln. „Der neue Codec ist so etwas wie JPEG oder MPEG, nur für die Haptik“, erläutert Prof. Steinbach, der die Standardisierungsgruppe die letzten acht Jahren geleitet hat.

Für den neuen Kompressionsstandard, kurz HCTI genannt, haben die Forschenden sowohl den Regelkreis zwischen Sendenden und Empfangenden als auch die Kompression der Daten optimiert. Das Besondere: Selbst wenn Datenpakete über weite Strecken versendet werden, darf das am anderen Ende der Leitung nicht zu merken sein. „Die integrierte Regelung wirkt stabilisierend. Die Kräfte, die etwa von einem weit entfernt stehenden Roboter eingesetzt werden, werden leicht gedämpft. Harte Oberflächen fühlen sich weicher an“, sagt Steinbach über die nun standardisierte Lösung, an deren Konzeption auch Prof. Sandra Hirche und Prof. Martin Buss von der TUM beteiligt waren.

Mögliche Anwendungen für den taktilen Standard

Interessant wird der Standard für diverse künftige Anwendungen:

- Telechirurgie: Der neue Standard vermeidet Oszillationen über beliebige Distanzen hinweg. Somit lässt sich ein aus der Ferne bedienter OP-Roboter genauso gut einsetzen wie direkt vor Ort. Expertinnen und Experten etwa von renommierten Herzzentren in München oder New York können zu bestimmten Operationen hinzugerufen werden und selbst operieren.
- Teledriving: Unternehmen, die am autonomen Fahren arbeiten, bieten derzeit bereits Teleoperations-Services an. Die Fahrerinnen und Fahrer sitzen dabei nicht am Steuer des Fahrzeugs, sondern in „Fahrzentren“, von denen aus sie Fahrzeuge in der Ferne steuern.
- Ultraschall im Rettungswagen: Rettungshelferinnen und Rettungshelfer dürfen zwar Personen erstversorgen, sind allerdings nicht berechtigt, Ultraschallbilder zu machen. Das könnte eine Ärztin oder ein Arzt in kritischen Situationen schon während des Transports zum Krankenhaus übernehmen.
- Gaming und Filmindustrie: Über HCTI wird es möglich, das Computerspiel oder den Kinofilm näher an die Realität zu bringen und spürbar zu machen. Über ein Exoskelett lassen sich etwa Vibrationen im Auto übertragen oder Fliehkräfte in Kurven.
- Einkauf: Wer seine Kleidung online einkauft, braucht sich die Produkte nicht zusenden zu lassen, um zu erfahren, wie sie sich anfühlen.

„Auch bei JPEG, MP3 oder MPEG entstanden viele Anwendungen, nachdem der Standard öffentlich war“, erläutert Prof. Eckehard Steinbach von der TUM, „das erwarte ich auch von unseren neuen haptischen Codecs.“

Weitere Informationen:

- Im Munich Institute of Robotics and Machine Intelligence (MIRMI) ist Prof. Eckehard Steinbach als einer der Vorstände für die Themen Start-ups und Infrastruktur tätig. Mit dem MIRMI hat die TUM

ein Integratives Forschungsinstitut geschaffen, das über führende Expertise in den Bereichen Robotik, Perzeption und Datenwissenschaft verfügt. Executive Director ist Prof. Sami Haddadin. <https://www.mirmi.tum.de/>

- Eine wichtige Rolle für die Entwicklung des taktilen Internet spielt der Exzellenzcluster CeTi. Im Centre for Tactile Internet with Human-in-the-loop (CeTi) arbeiten Forschende der Technischen Universität München (TUM) und vom Konsortialführer Technischen Universität Dresden seit 2019 gemeinsam an dem Ziel, die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine auf ein neues Level zu heben. <https://ceti.one/>

- Vorarbeit im Sonderforschungsbereich SFR453: Informationen, die in Lichtgeschwindigkeit durch Glasfasernetze geschickt werden, legen maximal 300 Kilometer in einer Millisekunde zurück. Von Deutschland bis nach Japan wären die Daten dann schon 30 Millisekunden unterwegs. Und das ist nur die reine Übertragungszeit. Hinzu kommen weitere Verzögerungen, durch die Darstellung im Endgerät und eingesetzte Sensoren. Um dennoch auch über weite Strecken hinweg eine für den Menschen nicht merkbare Verzögerung in der Datenübertragung möglich zu machen, arbeiteten Forschende der Technischen Universität München (TUM) und dem Institut für Robotik und Mechatronik am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oberpfaffenhofen zusammen. Im von der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG) geförderten Sonderforschungsbereich SFB453 entwickelten sie schon 2008 eine neue Generation von haptischen Codecs, die zwei Dinge zusammenbrachte - die Regelung zur Stabilisierung der „Teleoperation in der Gegenwart von Verzögerungen“ und „wahrnehmungsmodellbasierte Kompression der haptischen Daten“. Dass diese Entwicklungen möglich wurden, ist auch auf die Forschungen vom damaligen DLR-Prof. Gerhard Hirzinger zurückzuführen, dessen Team Daten zwischen der Raumstation ISS und der Erde durch einen Stabilisierungsalgorithmus handhabbar machte.

Originalpublikation:

IEEE Standard for Haptic Codecs for the Tactile Internet
<https://standards.ieee.org/ieee/1918.1.1/6835/>