

FreeMotionHandling
Autonom fliegende Greiferkugel

FESTO



FreeMotionHandling

Fliegendes Assistenzsystem für das Handling in der Luft



Sowohl das Fliegen als auch das Greifen haben im Bionic Learning Network von Festo eine lange Tradition. Mit dem im Raum schwebenden FreeMotionHandling haben die Entwickler nun erstmals beide Themenfelder in einem Technologieträger vereint. Das Indoor-Flugobjekt besteht aus einem ultraleichten Karbonring mit acht adaptiven Propellern, in dessen Mitte eine drehbare Heliumkugel mit integriertem Greifelement sitzt. Dank der intelligenten Bordelektronik und dem eingesetzten Indoor-GPS kann die Kugel autonom in alle Richtungen manövrieren, Gegenstände eigenständig aufnehmen und an geeigneter Stelle abgeben.

Sichere Interaktion zwischen Mensch und Maschine

Für die Steuerung des Flugobjekts wird kein Pilot benötigt. Mensch und Kugel können aber jederzeit problemlos und sicher interagieren. Im Gegensatz zu anderen Indoor-Flugobjekten ist der Kontakt selbst bei einer Kollision gefahrlos. Das eröffnet neue Perspektiven für den Arbeitsraum der Zukunft: Dort könnte die Kugel dem Menschen als fliegendes Assistenzsystem dienen – zum Beispiel bei Arbeiten über Kopf, in schwindelerregender Höhe oder als Zubringer in schwer zugänglichen Räumen.

Kombination mehrerer bionischer Prinzipien

Dafür machten sich die Ingenieure zwei bestehende Entwicklungen aus dem Bionic Learning Network besonders zu Nutze: Vorbild für die Greifmechanik des FreeMotionHandling ist der universell einsetzbare FlexShapeGripper, dessen Wirkungsprinzip von der Zunge des Chamäleons abgeleitet ist. Sein elastischer Greifer kann sich flexibel und formschlüssig über das jeweilige Greifgut stülpen und sogar mehrere Gegenstände in einem Vorgang aufsammeln.

Die fliegende Heliumkugel an sich ist eine Weiterentwicklung der eMotionSpheres. Für ihr Antriebskonzept konzipierte Festo erstmals adaptive Propeller, die dank ihrer flexiblen Membran für den gleichen Schub in beide Drehrichtungen sorgen können. In die Konstruktion der Propeller flossen die Erkenntnisse aus den Arbeiten zum BionicOpter ein. Die Entwickler führten das Flügelprinzip der künstlichen Libelle weiter und übertrugen es auf die Antriebe, die nun auch beim FreeMotionHandling zum Einsatz kommen. Mit den Flugmanövern der eMotionSpheres zeigte Festo außerdem, wie sich ein oder mehrere Flugobjekte kollisionsfrei und koordiniert in einem abgesteckten Luftraum bewegen.

01: Einzigartiges Flugobjekt: Neben der verlängerten Flugdauer garantiert die Heliumkugel auch eine gefahrlose Mensch-Maschine-Interaktion

02: Unendliche Freiheitsgrade: Die frei orientbare Heliumkugel ermöglicht die Abgabe des Greifguts in den unterschiedlichsten Lagen

03: Ausgeklügeltes Antriebskonzept: Die vier horizontalen Propeller sorgen zusammen mit der Heliumkugel für den nötigen Auftrieb

04: Exaktes Flugverhalten: Die vier vertikalen Steuertriebwerke dienen zur präzisen Positionierung der Kugel in allen Richtungen



Im Gegensatz zu den eMotionSpheres sitzen die Propeller des FreeMotionHandling nicht mehr direkt auf der Kugel. Genau wie die gesamte Bordelektronik sind die acht adaptiven Antriebe auf dem ultraleichten Flugring verbaut, der dadurch auch ohne die Heliumkugel eingesetzt werden könnte.

Der Ring besteht aus einer filigranen Karbonstruktur, deren Bogenform eine hohe Schwingungsstabilität gewährleistet. In die Struktur sind acht Platinen eingelassen, auf denen insgesamt vier Hub- und vier Steuermotoren sowie die integrierte Funk- und Sensortechnik sitzen.

Einzigartiges Flugmanöver in alle Richtungen

Vier der Propeller sind analog zur herkömmlichen Quadrocoptertechnik horizontal angebracht. Die anderen vier Antriebe sind vertikal ausgerichtet. Zusammen mit dem Auftrieb der Heliumkugel ermöglicht diese ausgeklügelte Kombination ein dynamisches Flugverhalten in alle Raumrichtungen. Sie erlaubt das präzise Positionieren des Flugobjekts, ohne dass es kippt, sowie das Drehen des Flugrings um seine horizontale und vertikale Achse.

Das FreeMotionHandling besticht aber nicht nur durch seine einzigartigen Flugeigenschaften. Durch das Verdrehen der Kugel um bis zu 180 Grad lässt sich auch sein Greifelement frei in alle Raumrichtungen positionieren. Im Gegensatz zu gängigen Quadrocoptern, die mit einem Greifer ausgestattet sind, kann die Kugel ein Objekt nicht nur von oben ansteuern, sondern aus den verschiedensten Winkeln greifen. Im Vergleich zu konventionellen Mehrachs-Kinematiken verfügt das FreeMotionHandling über deutlich mehr Freiheitsgrade.

Softes Greifen unterschiedlichster Gegenstände

Damit das FreeMotionHandling verschieden geformte Objekte aufnehmen kann, setzen die Entwickler auch beim Greifelement auf eine hauchdünne Folie, die mit Helium gefüllt ist. Über eine Seilwinde in der Kugel zieht sich der Greifer ein. Durch den Druck in der Hülle fährt er selbstständig wieder aus. Der Haltevorgang dazwischen ist energiefrei. So kann die fliegende Kugel auch mehrere Gegenstände nach dem Last-in-first-out-Prinzip aufnehmen, in ihrem Körper transportieren und an unterschiedlichen Positionen nacheinander wieder ausgeben.

FreeMotionHandling

Autonom fliegende Greiferkugel mit bionischem Antrieb



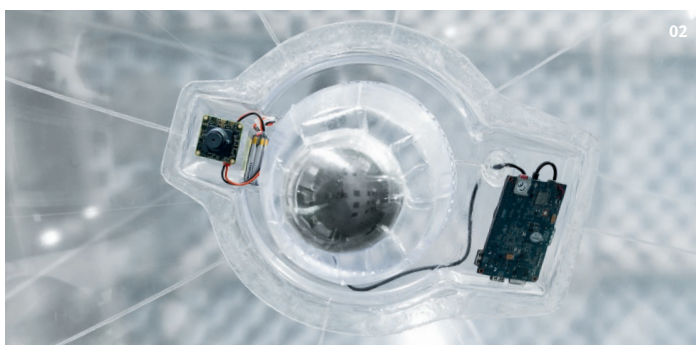
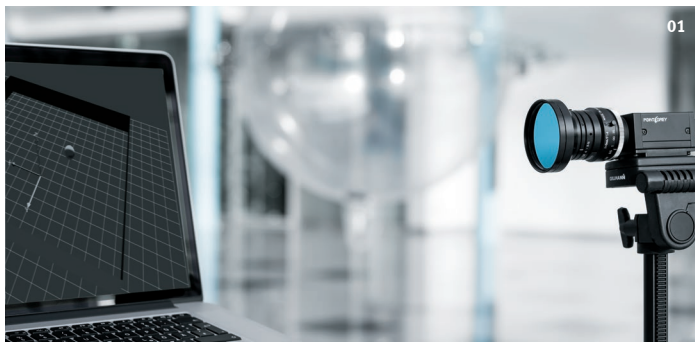


Mit dem FreeMotionHandling präsentiert Festo erstmals ein autonom fliegendes Assistenzsystem, das problemlos mit dem Menschen interagieren kann. Im Vergleich zu anderen Indoor-Flugobjekten muss das Handling keinen Sicherheitsabstand halten und kann zudem deutlich länger in der Luft bleiben.

Das ausgeklügelte Konzept besteht aus einer heliumgefüllten Kugel mit integriertem Greifer und einem ultraleichten Flugring mit bionischen Antrieben. Durch die Profilveränderung ihrer flexiblen Membran können die adaptiven Propeller denselben Schub in Vorwärts- wie in Rückwärtsrichtung erzeugen.

FreeMotionHandling

Selbstlernendes System für die Arbeitswelt der Zukunft



Exakte Positionsbestimmung durch Indoor-GPS

Damit das FreeMotionHandling prozesssicher und stabil fliegt, ist eine permanente Kommunikation nötig. Für die Lokalisierung des Flugobjekts sorgen die Funk- und Sensortechnologie an Bord in Kombination mit dem installierten Leit- und Monitoringsystem, das sich bereits bei den eMotionSpheres und den eMotionButterflies von Festo bewährt hat.

Wichtiger Bestandteil dieses Indoor-GPS ist ein Kamerasystem, wie es auch in der Fabrik der Zukunft eingesetzt werden könnte. Mehrere im Raum angebrachte Infrarotkameras erfassen das FreeMotionHandling über acht Infrarot-LEDs, die als aktive Marker auf dem Flugring angebracht sind.

Die Kameras geben die Positionsdaten an einen zentralen Leit-rechner weiter, der wie ein Fluglotse fungiert und die Kugel von außen koordiniert. Dabei sind sie so aufgestellt, dass sie den Raum gesamthaft abbilden und das Flugobjekt stets von mindestens zwei Kameras erfasst wird. Durch ihre speziellen Filter nehmen sie nur Infrarotlicht auf und sind unempfindlich gegenüber anderem Licht.

Dabei misst das Kamerasystem 160 Mal pro Sekunde die exakte Ist-Position des Flugobjektes, worauf der Leit-rechner jede Abweichung neu einregelt. Die Planung der Flugbahn wird also permanent aktualisiert. Neben der Position bestimmt das System auch die Orientierung der Greiferkugel direkt. Zusätzlich werden die Geschwindigkeiten und Beschleunigungen erfasst.

Präzise Objekterkennung durch On-Board-Kameras

Nähert sich die Kugel dem Greifobjekt, übernimmt sie ihre Bahnplanung mit Hilfe von zwei integrierten Kameras allerdings selbst. Die erste Kamera befindet sich im Greifer, die zweite direkt auf der Außenhülle daneben. Dadurch nimmt das Handling sogar während des Greifvorgangs seine Umgebung wahr und kann situativ auf sie reagieren. Neben dem Greifgut erkennt die Kugel gleichzeitig auch mögliche Hindernisse am Boden, denen sie ausweichen kann.

Nach Inbetriebnahme ist keine Steuerung von außen mehr erforderlich. Der permanente Informationsaustausch garantiert die Prozessstabilität des gesamten Systems. Eine Überwachung aller Parameter per Funk und ein regulierender Eingriff sind aber jederzeit möglich.

01: Intelligentes Monitoring: Mit seinen Infrarotkameras dient das Indoor-GPS zur präzisen Lokalisierung der Kugel in einem abgesteckten Raum

02: Integrierteameratechnik: Mit der Kamera auf der Außenhülle erkennt das Handling seine Umgebung sogar während des Greifvorgangs

03: Autonome Objekterkennung: Die Kamera im Greifer ermöglicht es dem System, Gegenstände zu identifizieren und sicher aufzunehmen

04: Fliegendes Assistenzsystem: Denkbare Einsatzszenarien wären Arbeiten über Kopf, in schwindelerregender Höhe oder in schwer zugänglichen Räumen



Damit das FreeMotionHandling die gesuchten Objekte im Raum selbstständig identifizieren und sicher greifen kann, setzen die Entwickler auf ein weiteres naturwissenschaftliches Phänomen. Auf der Außenhülle der Kugel sitzt ein Mini-PC, der die Signale der beiden On-Board-Kameras permanent auswertet. Mittels neuronaler Netze wird seine Software im Vorfeld darauf trainiert, die zu greifenden Gegenstände bei jedem Licht und aus allen Perspektiven von selbst zu erkennen.

Objekterkennung durch maschinelles Lernen

Zu diesem Zweck bekommt das System eine Vielzahl an Bildern des Zielobjekts in verschiedensten Größen, Ansichten und Lichtverhältnissen übermittelt, die es sich als positive Samples abspeichert. Wie das menschliche Gehirn auch kann der Rechner die einzelnen Erfahrungswerte zu einem zusammenhängenden Gesamtbild verknüpfen und daraus die wesentlichen Merkmale des jeweiligen Objekts extrahieren. Hat das System genügend positive Samples gesammelt, kann es anschließend das gelernte Objekt oder vergleichbare Gegenstände in allen Situationen zuverlässig wiedererkennen und handhaben.

Entlastung des Menschen

Mit der Fähigkeit, eigenständig auf seine Umgebung zu reagieren, erfüllt das FreeMotionHandling schon heute ein mögliches Kriterium für den Arbeitsraum der Zukunft. Selbstlernende Subsysteme und andere intelligente Komponenten nehmen in der Produktion eine immer wichtigere Rolle ein. Mit Industrie 4.0 arbeiten Mensch und Technik immer enger miteinander.

Ein wichtiges Element künftiger Fertigungsanlagen sind Assistenzsysteme für den Menschen, die sich flexibel auf verschiedenste Produktionsszenarien einstellen können. Die Technik ist dabei in der Lage, jederzeit auf Eingriffe des Menschen und andere variable Randbedingungen zu reagieren. Maschinen werden immer unfählicher für den Menschen und entlasten ihn darüber hinaus bei seiner täglichen Arbeit.

Das Konzept des FreeMotionHandling könnte daher überall dort zum Einsatz kommen, wo der Mensch eine maschinelle Unterstützung benötigt – etwa bei ergonomisch einseitigen Aufgaben in der Montage, beim Sortieren oder in der Lagerhaltung.



Technische Daten

Flugobjekt:

- Durchmesser der Kugelhülle: 137 cm
- Außendurchmesser Flugring: 180 cm
- Gesamtgewicht (ohne Helium): 1400 g
- Gesamtgewicht (mit Helium): 50 g
- Gewicht Flugring: 740 g
- Maximale Traglast: bis zu 400 g
- Maximale Flugdauer: 40 Min. (ohne Traglast)
- 2 On-Board-Kameras
- 6 Akkus
- 1 On-Board-Computer
- 4 Steuermotoren
- 4 Hubmotoren
- 8 adaptive Propeller
- 8 Infrarot-LEDs als aktive Marker

Installation:

10 Infrarotkameras

Framerate: 160 Bilder pro Sekunde

Belichtungszeit: 250 µs

1 zentraler Leitrechner

Ausgewertete Bildpunkte: 3,7 Milliarden Pixel pro Sekunde

Projektbeteiligte

Projektinitiator:

Dr. Wilfried Stoll, Geschäftsführender Gesellschafter
Festo Holding GmbH

Projektleitung:

Dr.-Ing. Heinrich Frontzek, Dr.-Ing. Elias Knubben
Festo AG & Co. KG

Konzeption und Fertigung:

Rainer Mugrauer, Günter Mugrauer
Effekt-Technik GmbH, Schlaitdorf

Elektronik, Software und Integration:

Agalya Jebens, Kristof Jebens, Dr.-Ing. Clemens Rabe
JNTec GbR, Stuttgart

Wissenschaftliche Betreuung:

Dr. rer. nat. Nina Gaißert
Festo AG & Co. KG



→ Link

Festo AG & Co. KG

Ruiter Straße 82
73734 Esslingen
Deutschland
Telefon 0711 347-0
Telefax 0711 347-21 55
cc@festo.com

→ www.festo.com/bionik