

Slimme ROBOTHANDEN

Een groot voordeel van een hand ten opzichte van een standaard industriële grijper is het vermogen van een hand om zich aan te passen aan verschillende objecten (adaptiviteit). Het nadeel is echter dat een hand veel complexer is. Door gebruik te maken van slimme mechanismen kunnen we deze adaptiviteit verkrijgen zonder een grijper gelijk zeer complex te maken, zo luidt het idee. Dit artikel beschrijft de uitwerking daarvan tot een werkend prototype.

• ***Cory Meijneke en Freerk Wilbers*** •

Het Delft BioRobotics Laboratory, onderdeel van de faculteit Werktuigbouwkunde aan de Technische Universiteit Delft, ontwikkelt op de biologie geïnspireerde robots. Hierbij ligt de nadruk op mensachtige robots (humanoids). Het idee hierachter is slimme eigenschappen van het menselijk lichaam af te kijken en te gebruiken in de techniek, en tegelijk wat te leren over het menselijk lichaam. Hiervoor worden veel robots ontworpen en gemaakt, waaronder lopende robots, lerende robots, robotarmen en robouthanden. De groep is onderdeel van de vakgroep BioMechanical Engineering. Het onderzoek aan handen en grijpers heeft hier een lange geschiedenis en werd nog vóór de toepassingen in de robotica onder meer al toegepast bij het ontwerpen van betere protheses.

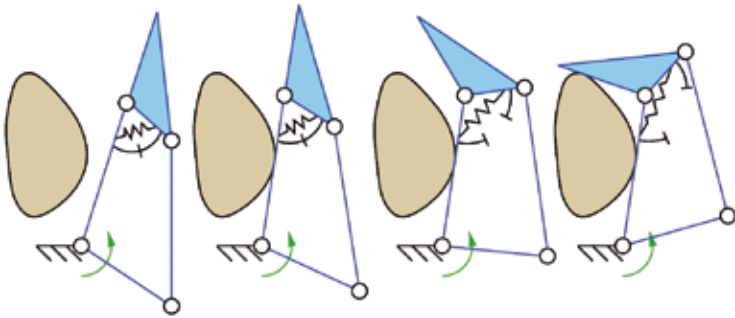
Overall in de industrie zijn grijpers te vinden waarmee producten en gereedschappen moeten worden verplaatst. Deze grijpers zijn heel goed in het vastpakken van vastgelegde objecten in een voorspelbare omgeving. Als de geometrie, positie en oriëntatie van objecten niet voorspelbaar zijn, zullen gangbare industriële grijpers echter falen. Denk hierbij aan het plukken en sorteren van groente en fruit of het

orderpikken van een grote productrange, maar ook aan hulpmiddelen in de zorg en medische sector. Vaak worden op deze gebieden nog mensen ingezet.

Adaptiviteit

Mensenarbeid is echter niet alleen kostbaar, maar ook steeds moeilijker te verkrijgen. Er is dus grote behoefte aan robotica die wel goed om kan gaan met onzekerheid en met kwetsbare objecten. De oplossing is adaptiviteit: robots die zich vanzelf aanpassen aan hun omgeving. In het geval van grijpers hebben we het dus over het aanpassen aan de objecten die ze vastpakken. Adaptiviteit in een grijper kan op een aantal manieren worden gerealiseerd. De eerste is compliantie van het grijpoppervlak; hierdoor neemt de vinger passief de vorm van het object aan.

Veel andere adaptieve grijpers zijn gebaseerd op mensenhanden (bijvoorbeeld de bekende Barrett hand) en hebben daarom een aantal vingers met kootjes die gecontroleerd om het object vouwen. Het voordeel hiervan is dat we veel meer controle hebben over de grijpeigenschappen. Normaal



Figuur 1. Sluitvolgorde van een vinger uitgevoerd met een stangendifferentieel [1].

gesproken zijn hiervoor veel actuatoren en sensoren nodig, waardoor deze grijpers complex, kwetsbaar en duur worden. Dit hoeft niet als we gebruik maken van het principe van ‘underactuation’. Dit betekent dat de robothand meer vrijheidsgraden dan actuatoren heeft. Hierbij wordt door middel van een differentieelmechanisme de kracht van één actuator verdeeld over meerdere vingersegmenten.

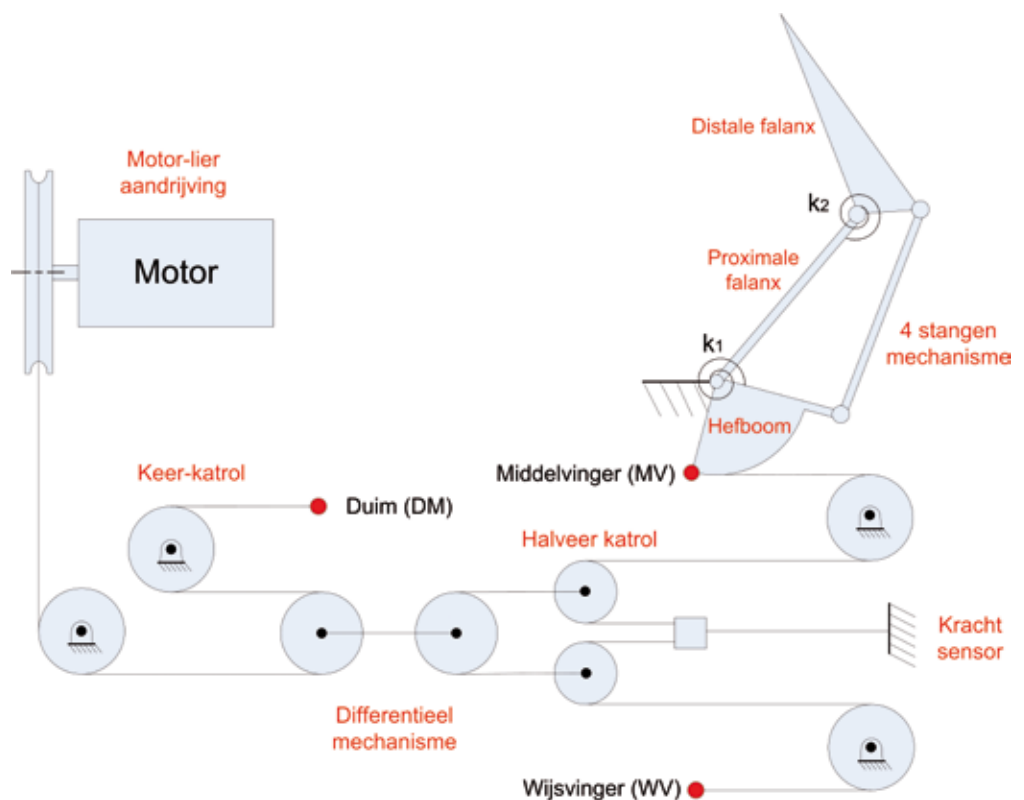
Differentieelmechanismen

Eén van de bekendste differentieelmechanismen is een autodifferentieel. Dat verdeelt met kegeltandwielen het motorvermogen over de wielen. Op een rechte weg is de verdeling nagenoeg gelijk maar in een bocht draait het buitenste wiel sneller, omdat het een langere weg aflegt. De

omgeving bepaalt dus hoe de verplaatsingen en krachten worden verdeeld. Dit is adaptiviteit.

De robothand is op een zelfde manier adaptief. Het object dat we vastpakken bepaalt hoe de vingers zich zullen sluiten. Het is dan ook niet noodzakelijk om van te voren te weten hoe het object dat we vastpakken er uit ziet. Maar, omdat de vingers met een differentieel gekoppeld zijn, weten we dat de grijpkracht altijd goed verdeeld zal worden. En zo kunnen we zonder sensoren te gebruiken toch altijd een goede greep realiseren, die objecten stevig vastpakt zonder ze te beschadigen.

Naast tandwielen zijn er veel andere uitvoeringen van een differentieel denkbaar, zoals met een wip, met katrollen, hydraulisch of pneumatisch. Een bijzonder soort differentieel met een vrij complexe krachtverdeling is het stangendifferentieel. Dit mechanisme is interessant omdat het goed in een vinger geïntegreerd kan worden, zoals weergegeven in Figuur 1.



Figuur 2. Schema met het werkingsprincipe van de grijper [2]. Voor de overzichtelijkheid is maar één vinger weergegeven.



Figuur 3. 3D CAD-model van de subsamenstelling en samenstelling van de robothand.

Krachtverdelingsmechanisme

Onze grijper is uitgevoerd met drie vingers met ieder twee vingerkootjes. Er worden dus zes graden van vrijheid met één actuator aangedreven. Dit reduceert de complexiteit aanzienlijk, terwijl de functionaliteit nagenoeg hetzelfde blijft.

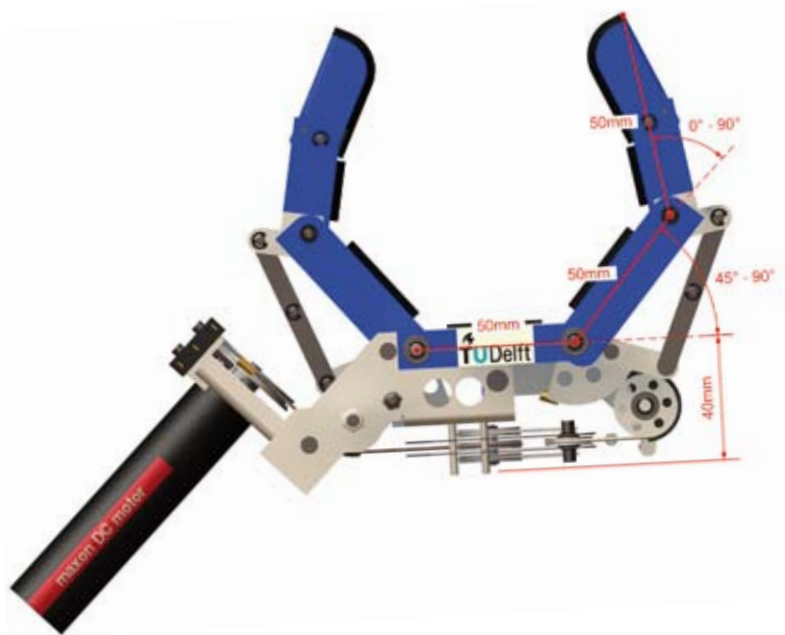
Het krachtverdelingsmechanisme bestaat uit twee trappen. De eerste trap is het verdelen van kracht tussen de drie vingers. Hiervoor is een kabel-en-katrollenconfiguratie gekozen die wordt aangedreven door een lier. De tweede trap is het verdelen van kracht tussen de twee kootjes van één vinger. Dit kan op meerdere manieren, maar in dit ontwerp is gekozen voor het eerder besproken stangenstelsel. Het samengestelde mechanisme is schematisch weergegeven in Figuur 2.

Er zijn naast de differentieelkatrollen nog een aantal katrollen te zien in Figuur 2. De halveerkatrollen koppelen de verplaatsingen van de vingers aan één kant, en maken het mogelijk een krachtsensor aan te sluiten. De keerkatrollen draaien de kabelrichting om, en zorgen zo dat er in de palm geen bewegende delen in de weg zitten.

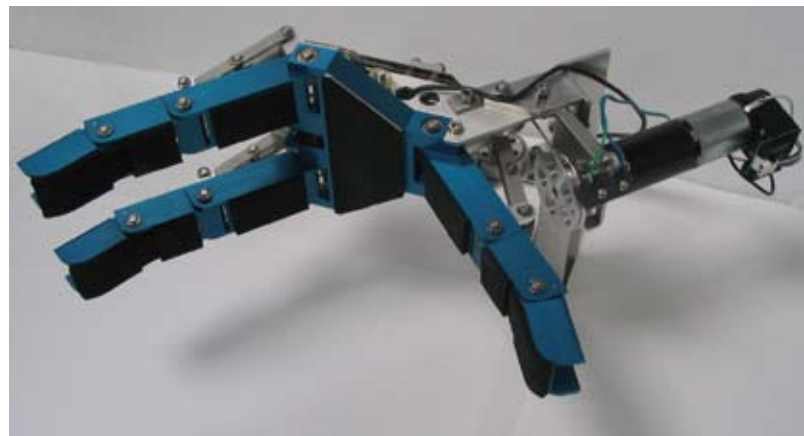
Tussen de palm en het eerste vingerkootje is een torsieveer (k_1) bevestigd. Dit is de retourveer van het mechanisme; die zorgt er dus voor dat de vinger weer opent. Tussen de twee kootjes is nog een veer geplaatst (k_2). Deze veer zorgt voor een goede sluitvolgorde tussen de kootjes.

Dimensionering

De grote uitdaging bij het vormgeven van de hand is dat er veel bewegende delen in een kleine ruimte moeten worden geplaatst, waarbij de krachten relatief hoog zijn. Uit theoretisch onderzoek in de vakgroep volgden maatverhoudingen en de benodigde krachten voor de vingers. Daarna konden we terugwerken naar het dimensioneren van de elektromotor, en het controleren van kritische componenten op sterkte, stijfheid en levensduur. Het eindresultaat van deze fase is als 3D CAD-model in SolidWorks weergegeven in Figuur 3.



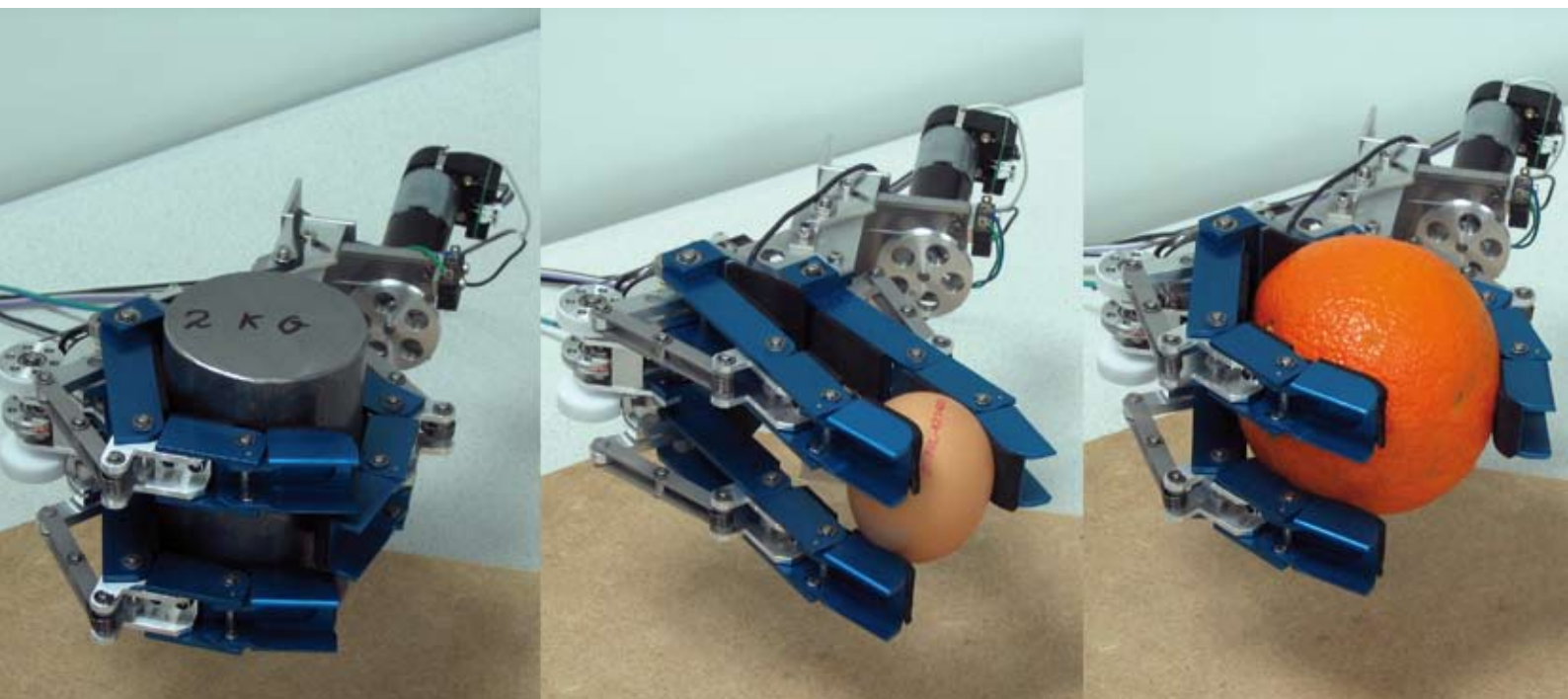
Figuur 4. Zijaanzicht van de robothand met een aantal afmetingen.



Figuur 5. Het gerealiseerde prototype.

De robothand wordt aangedreven door een Maxon A-max 22 elektromotor met een GP22 tandwielkast (reductie 1 : 231) die een 50 N trekkracht in de kabel kan generen tijdens het aanlopen. Om experimenten te kunnen doen, wordt deze kracht gemeten door een krachtsensor met een bereik van 0-100 N. Hiervoor wordt ook met een encoder de positie van de motor-as gemeten. Figuur 4 geeft een idee van de afmetingen van de hand.

Het volledige 3D CAD-model was een zeer goed uitgangspunt voor het maken van werktekeningen en bestellijsten. Het grootste deel van de onderdelen is geproduceerd door John Dukker, een instrumentmaker aan de TU Delft, bij wie dit werk in heel goede handen was. Na productie kon de robothand worden geassembleerd met als eindresultaat het prototype in Figuur 5.



Figuur 6. Verschillende testobjecten voor de robohand, van links naar rechts een cilinder van 2 kg, een rauw ei en een sinaasappel.

Testen

Om te testen of het prototype voldoet aan de gestelde eisen, is het prototype onderworpen aan een aantal testen, waaronder het grijpen van verschillende zware cilinders, kwetsbare objecten en het uitvoeren van verschillende grepen. De robohand kan met dezelfde ingestelde kracht zowel zware als kwetsbare objecten beetpakken, en dat zonder ze te beschadigen of te laten vallen. Een paar voorbeelden zijn gegeven in Figuur 6. In testen is aangetoond dat cilinders tot 8 kg zonder problemen kunnen worden opgepakt en vastgehouden.

Auteursnoot

De in dit artikel beschreven gripper is het afstudeerproject van Cory Meijneke en Mark Zaal. Cory Meijneke studeerde Werktuigbouwkunde op het ROC Utrecht en vervolgde zijn studie op de Hogeschool Utrecht. Daarna begon hij aan een fulltime Masterstudie Werktuigbouwkunde aan de TU Delft. Tegelijkertijd werkt hij als ontwerper bij het Delft BioRobotics Lab aan nieuwe ontwerpen voor grippers. Hierbij luistert hij goed naar feedback uit de industrie op het gebied van bijvoorbeeld robuustheid, hygiëne en taak-

specifieke eisen. Dit heeft geleid tot een nieuw ontwerp en een nieuwe serie prototypes. Deze zullen binnenkort worden gedemonstreerd op de website van het lab. Freerk Wilbers studeerde in 2008 af in het Delft BioRobotics Lab. Hij werkt nu aan commercialisatie van de grippers.

Referenties

- [1] Birglen, L. & Gosselin, C.M. (2006). Grasp-state plane analysis of two-phalanx underactuated fingers, *Mechanisms and Machine Theory*, vol. 41, pp. 807-822.
- [2] Zaal, M. & Meijneke, C. (2008). Ontwerp van een adaptieve robohand met underactuation, afstudeerverslag TU Delft.

Informatie

www.dbl.tudelft.nl