

Robotstructuur beweegt autonoom over oneffen terrein



Vreemde metamaterialen', zo worden de cilindertjes – ongeveer zo groot als een vuist – genoemd. Ze hebben elk een motorje en hangen als onderdelen aan elkaar vast in grotere structuren. Het bijzondere is dat deze structuren zich zelfstandig kunnen voortbewegen. Ziedaar de uitvinding van fysici van de Universiteit van Amsterdam.

De structuren kunnen de vorm hebben van een gesloten ketting of rupsband, of van een volle honingraat – in het laatste geval zijn de onderdelen in zeshoekige patronen gerangschikt. In feite zijn de structuren autonome robots, want zonder centrale dan wel externe sturing of controle kunnen ze uit de voeten over oneffen terrein, zonder dat hellingen of hobbels ergens zijn voorgeprogrammeerd. De robotstructuren reageren immers op oneffenheden door deze te 'voelen'. En daaraan doet elk onderdeel in de structuren mee.

De 'vreemdheid' slaat op de abnormale elasticiteit van de metamateriaalstructuren. "Als je ze indrukt, dan vertonen ze een afschuifvervorming, maar als je ze schuift, dan krimpen ze niet maar zetten ze uit", zegt promovendus Jonas Veenstra, die dit werk deed in het kader van zijn promotieonderzoek. "De respons is dus anders wanneer je input en output (indrukken en schuiven, red.) omwisselt. Een dergelijke reflex zorgt voor reacties op vervormingen in het terrein die de voortbeweging van de structuren in stand houden."

De jonge fysicus haalt er de derde wet van Newton bij ('actie en reactie'). "Onze structuren gehoorzamen daar in feite niet aan. De symmetrie tussen actie en reactie is verbroken." Daar is wel energie voor nodig. Elk onderdeel is een gemotoriseerde cilinder en wordt elektrisch aangedreven. En draaiing wordt met elastieken omgezet in duw- en trekbewegingen. Waarom de onderzoekers de onderdelen (of de structuren) metamaterialen noemen? Omdat ze heel andere fysische eigenschappen vertonen dan de basiscomponenten waaruit ze zijn opgebouwd. Een verschil met

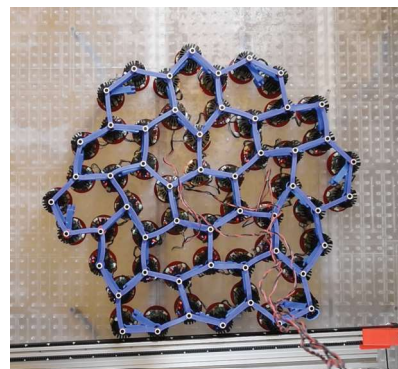
klassieke metamaterialen, die bijvoorbeeld licht of geluid kunnen afbuigen, is dat de 'meta-eigenschappen' hier enkel ontstaan als de structuren of hun individuele onderdelen aanstaan. De manier waarop de structuren zich voortbewegen doet denken aan hoe schijnbaar niet erg mobiele organismen zoals zeesterren of slijmzwammen zich verplaatsen, ook steeds in reactie op het terrein. Nog een gelijkenis is de afwezigheid van een centraal brein, zowel bij de organismen als de structuren. "We claimen niet dat onze structuren intelligentie bezitten, maar de motoriek is – net als bij de zeester – wel gedistribueerd. In de natuur heeft dat vaak voordelen, en ook voor robots kan het heel interessant zijn. Als onze structuren in tweeën worden geknipt, dan zouden ze in principe nog verder kunnen voortbewegen." Tot zover de biomimicry. Hoewel Veenstra er wel naar verwijst, was de natuur niet de belangrijkste inspiratiebron. "We waren gewoon geïnteresseerd in 'vreemde' reacties." Veenstra is experimenteel fysicus. Het artikel dat hij en zijn Amsterdamse collega's over de vreemde metamaterialen publiceerde, schreef hij samen met fysici van de Universiteit van Chicago. Daar is de theorie van vreemde (of niet-reciproke, in het jargon) elasticiteit bedacht. Op basis daarvan voerde Veenstra experimenten uit, waarmee hij aantoonde dat het basisprincipe ook in de praktijk werkt. "Nu het principe is gedemonstreerd, willen we een stap verder gaan. Voorlopig bewegen onze structuren enkel nog in twee dimensies (voor- of achteruit, omhoog of omlaag). We willen dit nu in 3D realiseren. Daarnaast willen we ook andere soorten vervormingen bestuderen." Veenstra en zijn collega's willen de structuren ook kleiner maken. "Dat lijkt gelukkig geen probleem, want het principe van vreemde elasticiteit is schaalonafhankelijk. Niets belet ons om op een honderd keer kleinere schaal te werken."

De vreemde metamaterialen zijn vanzelfsprekend interessant voor de robotica. Robots bouwen die zelfstandig kunnen voortbewegen is

nog steeds een grote uitdaging. Een robot met poten bijvoorbeeld heeft een complex, geavanceerd controlesysteem nodig om alles gesynchroniseerd te laten werken. En een robot met een centraal 'brein' perfect laten reageren op de omgeving, is ook geen sinecure. "Vreemde elasticiteit lijkt een zeer veelbelovend alternatief. We hebben zelfs het vermoeden dat het principe optimaal is. Dat er geen betere oplossing is dan dit."

REFERENTIE

1. J. Veenstra et al., *Adaptive locomotion of active solids*, *Nature* **639**, 935 (2025).



De 'vreemde' onderdelen hebben, gerangschikt in zeshoekige patronen, de vorm van een volle honingraat. Beeld: Jonas Veenstra.



De structuren kunnen ook de vorm hebben van een ketting of rups. Beeld: Jonas Veenstra.



De 'vreemde' structuren kunnen zich autonoom voortbewegen. Beeld: Jonas Veenstra.