

Gevoelige robothand

Chr. Schwartzinger e.a.*

In het bijzonder voor toepassing in de ruimtevaart is door de firma 'Österreichische Raumfahrt und Systemtechnik' een universele gripper met twee vingers ontwikkeld voor robots. Zonder optische sensoren wordt met behulp van rekstroken richting, grootte en aangrijpingspunt van de grijpkracht bepaald. Nasturen van de grijpkracht bij een veranderende uitwendige kracht is mogelijk.

Inleiding

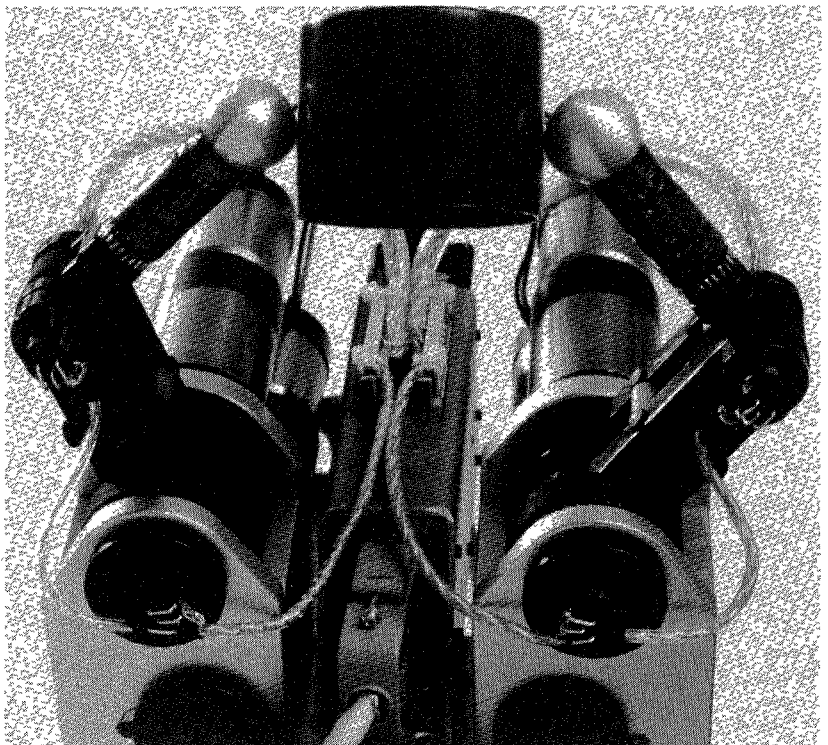
De vrij te programmeren sturing van een robot maakt het mogelijk dat deze verschillende taken kan vervullen zonder dat er eerst mechanische wijzigingen nodig zijn. Echter, voor de gripper van een robot is de huidige techniek nog niet zo ver, zodat voor de meeste manipulatie- en montage-toepassingen de grippers speciaal moeten worden geconstrueerd. Er zijn wel snelwissel-grippersystemen en modulair opgebouwde grippers. Maar het wisselen kost altijd tijd en meer grippers betekenen ook meer gewicht. In de ruimtevaart, waarvoor de hier beschreven gripper werd ontworpen, is echter het besparen van gewicht een eerste eis. Bij het ontwerp is gekozen voor detectie zonder optische sensoriek - vandaar de projectnaam 'Ödipus', naar de blind geworden mythologische figuur. Het kunnen grijpen en vasthouden van voorwerpen is gebaseerd op het vaststellen en beheersen van de daarbij in de robotvingers optredende krachten. In feite zijn de mogelijkheden van onze vingers nagestreefd. In figuur 1 is te zien hoe de hand tussen twee vingertoppen een gevuld plastic bekertje optilt.

Uitvoering

Op de bolvormige tip van het eindlid van een grijpervinger van de robothand (figuur 2) kunnen krachten in willekeurige richtingen aangrijpen. Zij veroorzaken zowel in het eindlid als in het eerste lid, waarop het eindlid draaibaar is bevestigd, buig- en torsiebelastingen en trek- en drukbelasting in de langsrichting. Hoewel de momenten van alle krachten het grootste zijn in het eerste lid, worden toch de kleinere krachten gemeten die optreden in het eindlid; dat de meetleidingen over een draaipunt moeten worden gevoerd, wordt hierbij voor lief genomen. Dit omdat door de variabele stand van het eindlid ten opzichte van het eerste lid de gezochte kracht- en momentverhoudingen in het eerste lid moeilijk zijn te ontfafelen.

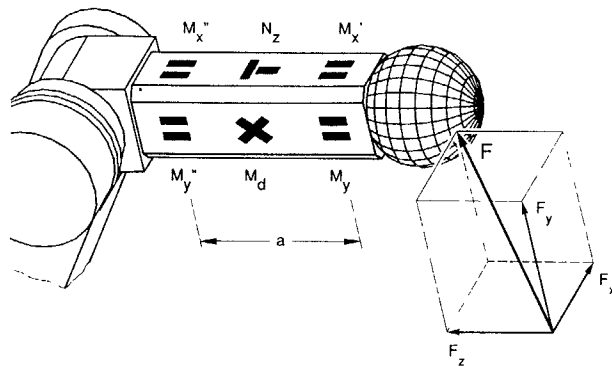


Figuur 1. De robothand Ödipus tilt tussen twee vingertoppen een gevuld plastic bekertje op (foto ORS).



Figuur 2. De robothand Ödipus met zijn bolvormige vingertoppen en rekstrookjes op de eindleden van de vingers (foto ORS).

Gevoelige robothand



Figuur 3. Plaatsing van de rekstrookjes voor het meten van de langs-kracht N en de momenten M in de eindleden van een grijpervinger. Ontbinding van een willekeurige op het eindlid werkende kracht in een toegevoegd x-y-z-coördinatenstelsel.

Trek-druk-spanning:

$$\sigma_N = f(F_z) = \frac{1}{A} [F_z]$$

Buigspanningen in het y-z-vlak:

$$\sigma'_{bx} = f(M'_x) = \frac{1}{W_x} [yF_z + zF_y]$$

$$\sigma''_{bx} = f(M''_x) = \frac{1}{W_x} [yF_z + (z+a)F_y]$$

Buigspanningen in het x-z-vlak:

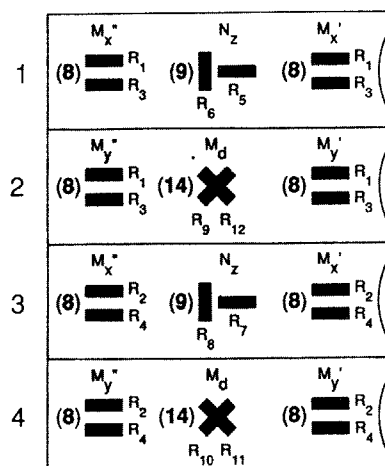
$$\sigma'_{by} = f(M'_y) = \frac{1}{W_y} [xF_z + zF_x]$$

$$\sigma''_{by} = f(M''_y) = \frac{1}{W_y} [xF_z + (z+a)F_x]$$

Torsiespanning:

$$\tau = f(M_d) = \frac{1}{W_p} [xF_y + yF_x]$$

Figuur 4. Spanningen die door de in figuur 2 aangegeven componenten van de kracht F ontstaan in het eindlid. A oppervlak doorsnede; W_x, W_y, W_p = weerstandsmomenten.

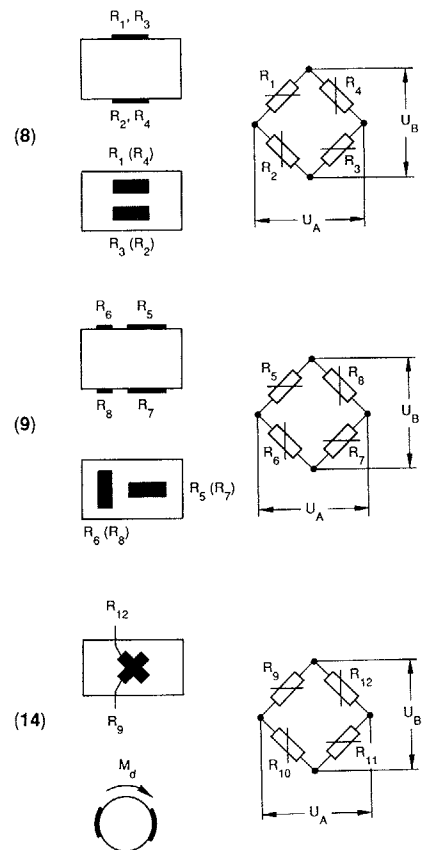


Figuur 5. Plaats- en meetrichting van de op het eindlid van de vinger aangebrachte rekstroken, afgewikkeld voorgesteld.

Figuur 3 schetst de plaats van de rekstrookjes op het eindlid, waarop een willekeurig gekozen kracht F werkt. Deze kracht oefent in het lid een langs-kracht N_z uit, buigmomenten M om de x- en y-coördinaten en torsie om de langs-as van het lid. Doordat er zes onbekende grootheden zijn in de robothand, te weten de krachten F_x, F_y en F_z , zowel als de coördinaten x, y en z, dienen zes rekstrook-brugschakelingen te worden toegepast. Deze dienen zo aangebracht te zijn dat er vergelijkingen ontstaan die onafhankelijk van elkaar gedefinieerd zijn, zie de zes vergelijkingen in figuur 4. Figuur 5 laat het afgewikkelde patroon van de rekstrookjes op het eindlid zien. De brugschakelingen van de respectievelijke rekstrook-combinatie zijn in figuur 6 weergegeven. Brugschakelingen (8) meten de buigmomenten M_b in het x-z-vlak en in het y-z-vlak, brugschakeling (9) meet de normaalkracht N_z in de richting z en de schakeling (14) meet het torsiemoment M_d . Het rekstrookpatroon is zodanig gekozen, dat het signaal van elke brugschakeling alleen afkomstig is van de soort belasting die de betreffende brug moet meten. Zo meten bijvoorbeeld de bruggen (8) alleen buigspanningen. Volledige temperatuurcompensatie is toegepast. De aanname dat elke schakeling uitsluitend op één bepaalde belasting (kracht of moment) reageert, is een illusie. Geringe afwijkingen bij het positioneren van de rekstroken, toleranties in de geometrie van het eindlid en materiaal-inhomogeniteit betekenen onvoorziene stoorinvloeden door overspreken. Zij kunnen echter worden gemeten. De daarbij verkregen gegevens worden gebruikt voor een correctiesysteem. Het wordt ontkoppelen genoemd en gebeurt met behulp van een in eigen huis ontwikkeld software-moduul.

Regelprincipe

Om bij het grijpen een bepaald verloop van de bewegingen te bereiken, respectievelijk een gedefinieerd uitgeoefende

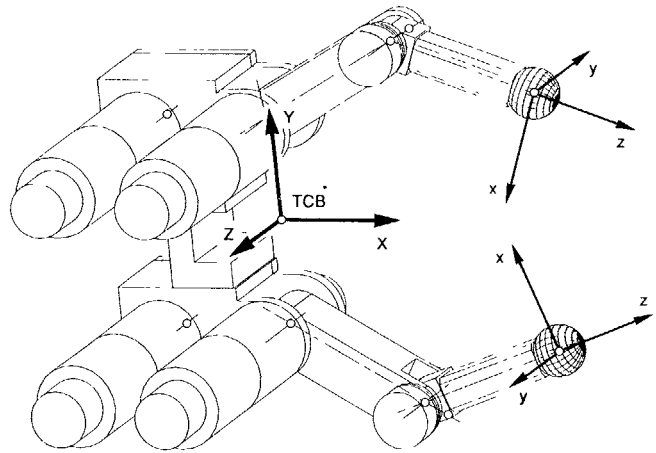
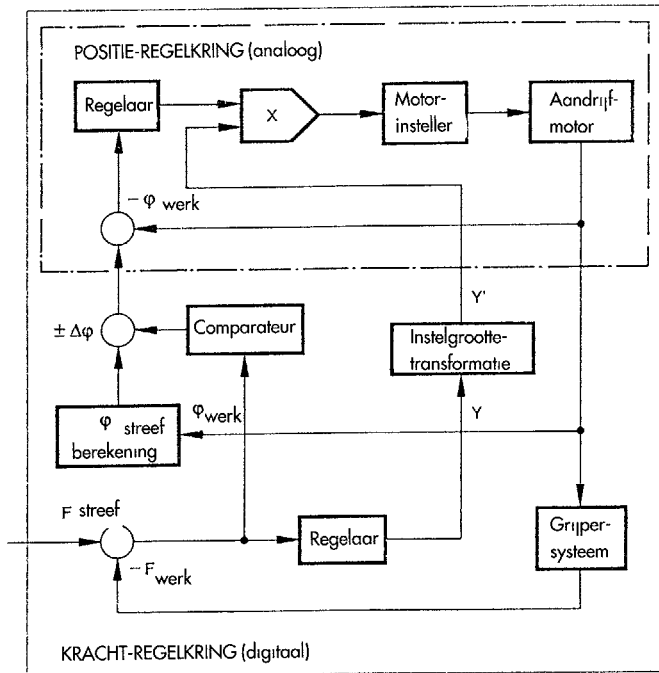


Figuur 6. Schakeling van de rekstroken. (8) Schakeling voor meten buigmomenten. (9) Schakeling voor het meten van de langs-kracht. (14) Schakeling voor het meten van het torsiemoment. De getallen tussen haakjes corresponderen met de in figuur 5 getoonde brugschakelingen.

kracht, is het noodzakelijk zowel de snelheid als de positie van de grijper-vingers te regelen. Om het geheel binnen redelijke proporties te houden, is voor de regelstructuur het volgende concept opgesteld:

- Positieregeling: vergelijken van de ingestelde met de werkelijke waarde van de positie en lineaire positieregeling (analoog).
- Krachtregeling: vergelijken van de ingestelde met de werkelijke waarde van de kracht en lineaire krachtregeling (digitaal); hieraan is een tweepuntsgelagerd vermenigvuldigend parallel geschakeld. Over de gehele krachtregeling is een positieregeling geschakeld. Bij de krachtregeling wordt het genereren van gedefinieerd aan het object optredende krachten tot een positieregeling teruggebracht.

Het uitgevoerde principe van de krachtregeling is bijgevolg te zien als een digitale krachtregeling met daar overheen een analoge positieregeling. Het blokschema van de regeling geeft figuur 7 en kan als volgt worden toegelicht:



Figuur 7. Blokschema van de toegepaste krachtregeling: Dit is een analoge regeling van de positie met daaroverheen een digitale krachtregeling.

Figuur 8. Het van de TCP van de gripper afgeleide x-y-z-coördinatenstelsel, waarop de op de eindleden werkende krachten en momenten worden betrokken.

Op het ogenblik van aanraken wordt de werkelijke positie van de gripper vastgehouden. Gelijktijdig geschiedt het bepalen van de op het grippersysteem werkende krachten F_x, F_y, F_z , respectievelijk momenten M_x, M_y, M_z , betrokken op een van het Tool Centre Point (TCP) van de gripper afgeleid coördinatenstelsel, getoond in figuur 8. Dit TCP is een, door de robotontwikkelaar, gedefinieerd punt waar de plaats van het coördinatenstelsel O is. De overdrachtsfunctie tussen motorspanning en gegenereerde grijpkracht bezit naast een afhankelijkheid van de tijd, respectievelijk frequentie, ook een significante afhankelijkheid van de stand, respectievelijk vorm, van het grippersysteem. Hierdoor is het noodzakelijk geworden de instelgrootte als adaptieve grootte te behandelen, en wel afhankelijk van de geometrische vorm. Dit is in te zien aan de hand van figuur 9. De overdrachtsverhouding tussen de motorspanning en bij-

voorbeeld F_y in de linker tekening, is minder stug dan in de rechter tekening. Het omgekeerde geldt voor de kracht F_x . De proefondervindelijk verkregen, toegevoegde regelparameters zorgen voor mechanische soepelheid bij verschillende hoekinstellingen van het grippersysteem. De op deze wijze berekende grootte van de instelgrootte wordt direct naar de snelheidsingang van de vermenigvuldiger in de positie-regelkring gevoerd. Het doorslaggevende voordeel van deze quasi-gedeelde, digitale krachtregeling ten opzichte van een lineaire digitale krachtregeling is het gevoeliger en sneller reageren op regelafwijkingen

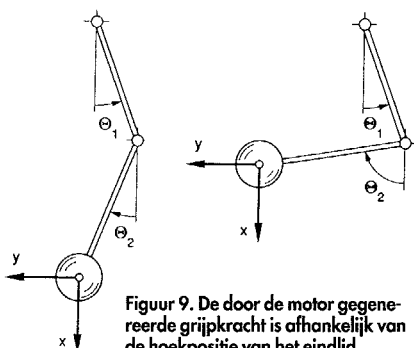
Algemeen

De beschreven rekstrookapplicatie maakt deel uit van een totale robotsturing, zie schema figuur 10.

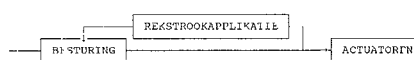
Een voorwerp kan hiermee worden herkend door zijn:

- grootte - positie van de vingers,
- gewicht,
- elastische vervormbaarheid - vergelijk een tennisbal met een honkbal.

Het project beperkte zich tot een tweevinger-gripper met vier vrijheidsgraden. De verkregen ervaringen zijn tezelfdertijd te gebruiken bij een drievinger-gripper, een



Figuur 9. De door de motor gegenereerde grijpkracht is afhankelijk van de hoekpositie van het eindlid.



Figuur 10. De vingerbesturing vormt een aanvulling op de robotbesturing.

gecompliceerdere variant met negen vrijheidsgraden. Het gewicht, inclusief elektronica is door het gebruik van aluminium en miniatuur-gelijkstroommotoren niet meer dan 6,5 kg. De speling is, niettegenstaande de grote overbrengingsverhouding, klein gehouden door het gebruik van planeetwielen en tandriemen. De motor voor het eerste gewricht is in het tweede lid gelagerd, daarmee is voldaan aan de eis van ontkoppeling van de aandrijving en een, ondanks de sensoren, zo slank mogelijke vinger. De spanningsversterker voor de rekstrooksignalen is tussen de motoren geplaatst om lange, storingsgevoelige leidingen te vermijden. De beperkingen van conventionele grippers worden bij de ORS-gripper vermeden. Het grijpen kan zowel symmetrisch als asymmetrisch en daardoor excentrisch geschieden. De richting van het openen en sluiten van de gripper is binnen zekere grenzen te variëren. Evenzo is het maximale bereik van de greep aanmerkelijk vergroot. Door het gebruiken van verschillende software-programma's kan Odipus snel worden aangepast aan geheel verschillende opdrachten.

*Redactionele samenvatting en vertaling door H Heubers van het artikel "Dehnungsmesstreifen als Sensoren" in 'Messtechnische Briefe' 1991 nr 1, door Dipl Ing Chr Schwartinger e a, Österreichische Raumfahrt- und Systemtechnik (ORS) Ges m b H, Wien

Deze firma heeft de door hun ontwikkelde robohand met de daarbij behorende software en alle nodige know-how voor belangstellenden beschikbaar (tel 0943-1-588-140)

Wij bedanken graag de heer ing L Daas van de firma J.L. Bienfait Aerdenhout, importeur van de door ORS gebruikte HBM-rekstrookjes, voor zijn hulp ondervonden bij het totstandkomen van deze bewerking