

Pick en place machines: het creëren van een doorbraak

Paul Goede en Paul Verstegen

Op de Hogeschool van Utrecht en de Fontys Hogescholen doen twee promovendi van de Technische Universiteit Delft onderzoek naar assemblagesystemen voor miniatuurcomponenten. De nadruk ligt op het assembleren van elektronica-componenten door Pick-and-Place (P&P) machines op Printed Circuit Boards (PCB's). Deze P&P-machines hebben een output van enkele duizenden componenten per uur per plaatsingskop. De snelste P&P-machine in het veld (2001) is de FCM II van Assembléon met een output van 6000 componenten per uur per plaatsingskop. De plaatsingsnauwkeurigheid bedraagt 100 µm. Het doel van het onderzoek is output verhoging, met minimaal een factor 2, met behoud van plaatsingsnauwkeurigheid.

Hbo en onderzoek

De hbo's zijn de laatste jaren druk bezig onderzoek in het onderwijs(systeem) in te bedden. De verschillende kenniscentra die worden opgericht zijn daar getuige van. In dit project is een uniek samenwerkingsverband tussen onderwijsinstellingen en het bedrijfsleven tot stand gebracht.

Het projectteam bestaat uit de Technische Universiteit Delft (TUD), Assembléon, Te Strake, Philips CFT,

UMECC (Rob Sillen) gesitueerd bij Hogeschool van Utrecht (HvU) en het lectoraat mechatronica (Henk van Logten) gesitueerd bij Fontys in Eindhoven.

Dit projectteam is er in geslaagd om het IOP (Innovatieve Onderzoeks-Projecten) promotieonderzoek 'Geavanceerde assemblagesystemen voor het plaatsen van miniatuur componenten' te verwerven. Sinds 1 mei 2003 zijn twee promovendi in dienst van de TUD, sectie Advanced

Mechatronica (prof. dr. ir. J. van Eijk), werkzaam bij de HvU (Paul Goede) en Fontys Eindhoven (Paul Verstegen).

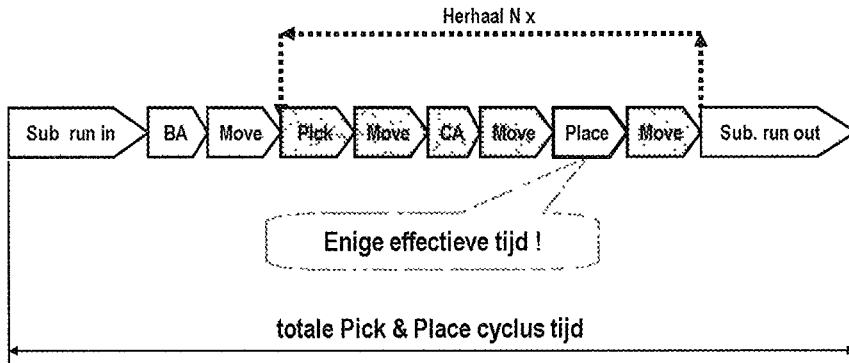
Paul Goede is als werktuigbouwkundig ingenieur belast met de mechanica en Paul Verstegen, ingenieur elektrotechniek, neemt de regel- en aandrijftechniek voor zijn rekening. De realisatie van de proefopstellingen wordt door de Leidse Instrumentmakers School (mbo) verzorgd.

Voor dit onderzoek en voor onderwijsdoeleinden heeft Assembléon twee FCM II's ter beschikking gesteld, één aan de HvU en één aan Fontys. Deze machines worden als studieobject gebruikt

Het project is uniek in Nederland. In de eerste plaats omdat het de eerste keer is dat promotieonderzoek op het hbo plaatsvindt. Ten tweede omdat de hele keten van bedrijfsleven, universiteit, hbo en mbo is afgedekt. De belangstelling voor dit project is groot. Dit komt tot uitdrukking in het aantal bedrijven (13 stuks) dat zitting heeft in de begeleidingscommissie.

Project Relevantie

De markt vraagt steeds snellere en nauwkeurigere productie- en assem-



Afbeelding 1 Pick en place cyclus voor P&P-machines

blagesystemen. De vraag naar hogere nauwkeurigheid is een direct gevolg van de steeds verder gaande miniaturisatie en het toenemend aantal functies die een product moet vervullen. Voor de elektronica assemblage betekent dit kleinere componenten¹ (miniaturisatie) en een grotere componentdichtheid (meer functies, meer componenten). Kleinere componenten stellen hogere eisen aan de plaatsingsnauwkeurigheid. Voor de komende generatie miniatuurcomponenten is een plaatsingsnauwkeurigheid van 50 µm (bij 3 sigma) vereist.

De vraag naar snellere productiemiddelen heeft te maken met kostenreductie. De gedachte 'hogere output dus lagere productiekosten per product' ligt hier aan ten grondslag. Het steeds sneller op de markt brengen van nieuwe producten (kortere terugverdiens-tijd), vraagt om snellere en flexibele productie- en assemblagesystemen.

Onderzoeksopdracht

Het resultaat van de onderzoeksopdracht moet leiden tot de volgende

¹ Afmeting 0201: 0,6 × 0,3 mm (halve suikerkorrel) en in de zeer nabije toekomst wellicht 01005: 0,3 × 0,2 mm

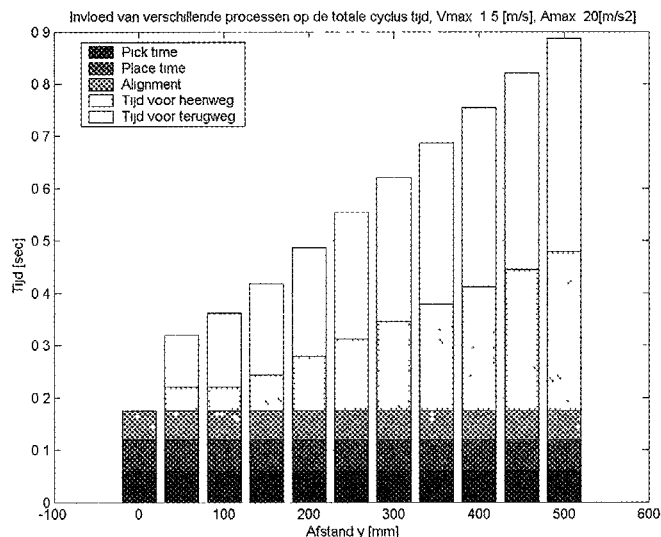
generatie P&P-machines, waarbij de nieuwste technologieën samenkomen.

Ten tijde van de projectaanvraag (2001) was de FCM II van Assembléon de snelste P&P-machine in het veld met 6000 componenten per uur (cph) per plaatsingskop en een plaatsingsnauwkeurigheid van 100 µm. De FCM II kan 16 plaatsingskoppen bevatten zodat de totale output op 96000 componenten per uur komt. De nieuwe generatie P&P-machines moet minimaal een factor 2 hogere output per plaatsingskop hebben, cyclustijd van 300 ms per component en een plaatsingsnauwkeurigheid van 50µm. Verder is er gesteld dat de massa van 1 miniatuurcomponent kleiner dan 5 gram is.

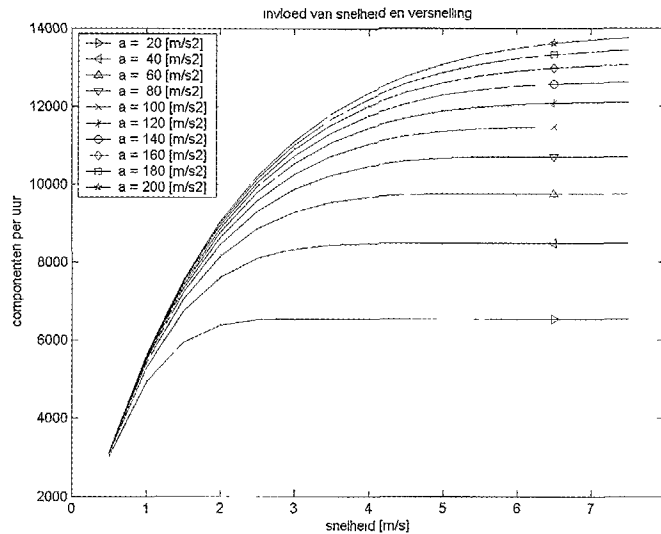
Analyse

In afbeelding 1 is de cyclus van een P&P-machine weergegeven. De cyclus begint met het inbrengen van een PCB in de machine (SUB. RUN IN), waarna deze wordt gemeten (BA BOARD ALIGNMENT). Vervolgens wordt de PCB in het werkveld gebracht (MOVE) en begint het plaatsen van componenten op de PCB. De cyclus van plaatsen bestaat uit het pakken (PICK), transleren (MOVE), meten (CA: COMPONENT ALIGNMENT) en het plaatsen (PLACE) van een component op de PCB. De plaatsingskop gaat hierna terug (MOVE) naar de pick positie en herhaalt deze cyclus Nx keer. Als alle componenten zijn geplaatst, komt de PCB de machine uit (SUB. RUN OUT). De volgorde, het aantal keer dat processtappen voorkomen en de tijdsduur van de processtappen zijn afhankelijk van het machineconcept.

De enige handeling die waarde toevoegt aan het product dat gemaakt wordt, is het plaatsen (PLACE) van een component. De ideale machine is dus een P&P-machine die alleen componenten plaatst. De overige processtappen hebben immers geen toegevoegde waarde. Het is dus des te opmerkelijker dat in (vrijwel) alle P&P-machines de processtappen



Afbeelding 2. Theoretische proces-tijden als functie van de afgelegde weg



Afbeelding 3.
Output als functie van de snelheid bij verschillende versnellingen

MOVE ongeveer 70% van de cyclustijd innemen.

Om een gevoel te krijgen voor een realistische output verhoging, het volgende gedachte-experiment. Stel dat PICK en PLACE elk 60 ms bedragen en dat de component alignment (CA) 55 ms duurt. Een ideale machine plaatst alleen (overige processtappen parallel). Hierdoor bepaalt de tijd PLACE de cyclustijd. De output zal dan een factor 10 hoger zijn dan die van de FCM II. Is de processtap PICK ook nodig, dan is de output verhoging een factor 5. Toevoegen van component alignment aan de cyclus, resulteert in een output kleiner dan factor 4. Het mag duidelijk zijn dat een factor groter dan 2 een behoorlijke inspanning vergt.

Model

Om de invloed van parameters op de output te onderzoeken is in Matlab een model gemaakt, dat het plaatsen van componenten op een PCB simuleert. Hierbij wordt aangenomen dat 800 componenten uniform over de PCB zijn verdeeld.

De invloed van de verschillende processtijden is in afbeelding 2 weerge-

geven. De procestijden hebben betrekking op het plaatsen van één component, waarbij de breedte van de PCB 100 mm is en de lengte varieert. De maximale versnelling en snelheid zijn 20 ms^{-2} respectievelijk $1,5 \text{ ms}^{-1}$. Voor PICK en PLACE is elk 60 ms aangenomen, voor alignment is 55 ms aangenomen. Bij de FCM II wordt de component alignment uitgevoerd tijdens de processtap bepaalt MOVE; Te zien is dat de benodigde tijd sterk stijgt bij toenemende afstand.

Naast de afgelegde weg zijn snelheid en versnelling ook parameters die de output beïnvloeden. In afbeelding 3 is de output weergegeven als functie van de afgelegde weg bij verschillende snelheden. Uit deze grafiek blijkt duidelijk dat het verhogen van de snelheid geen output verbetering oplevert. De maximale snelheid wordt niet gehaald doordat de versnelling te laag is.

In afbeelding 4 is de output weergegeven als functie van afstand bij verschillende versnellingen. Hier is duidelijk zichtbaar dat het verhogen van versnellingen vooral output verbetering geeft bij korte afstanden. De invloed van de processtappen PICK, PLACE en compo-

nent alignment is zichtbaar bij afstanden kleiner dan 50 mm.

Om de output voor alle lengtes te verhogen is een combinatie van grotere snelheid en versnelling een oplossing. In afbeelding 5 is de output berekend bij verschillende snelheden en versnellingen. Deze berekening is uitgevoerd bij een PCB met de afmetingen van 100 mm bij 500 mm. Om een output van 12000 cph te bereiken moet de versnelling groter zijn dan 120 ms^{-2} en snelheden groter dan $3,2 \text{ ms}^{-1}$.

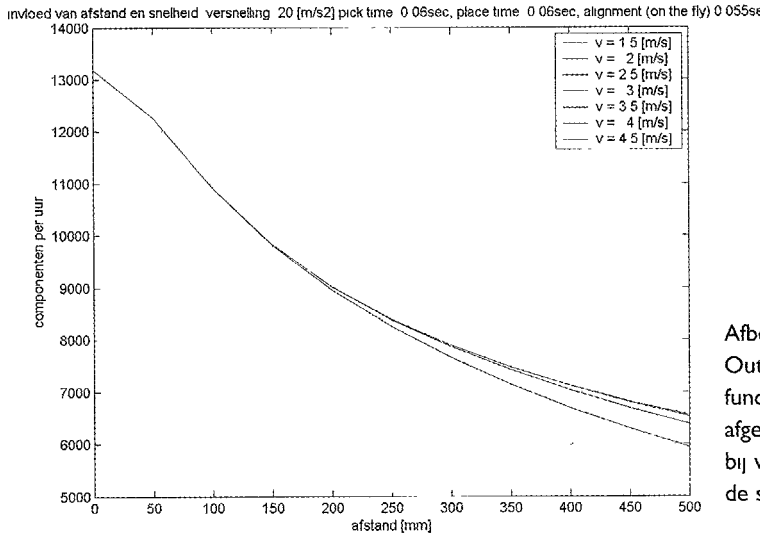
Uit deze grafieken kan geconcludeerd worden dat:

- de output sterk afhankelijk is van de afgelegde weg.
- de procestijden PICK, PLACE en CA de output van PCB's kleiner dan 50 mm bepalen. De output alleen te verhogen is als de procestijden worden verkort.
- de output van 12.000 cph per plaatsingskop wordt gehaald bij afstanden van ongeveer 60 mm, bij 20 ms^{-2} en $1,5 \text{ ms}^{-1}$. De maximaal af te leggen weg is echter 500 mm.
- de versnelling opvoeren een methode is om de output te verbeteren. (Effect is groter bij kleine(re) afstanden.)
- het opvoeren van de snelheid een methode is die alleen werkt bij grote afstanden.
- bij maximale snelheid (500mm) versnellingen $> 120 \text{ ms}^{-2}$ en snelheden $> 3,2 \text{ ms}^{-1}$ nodig zijn om een output van 12.000 cph per plaatsingskop te realiseren.

Oplossingsgebieden

Uit de voorgaande analyse is een vier-tal oplossingsgebieden geformuleerd:

- processen elimineren
- processen parallel
- afstand verkorten
- versnelling en snelheid opvoeren



Afbeelding 4.
Output als functie van de afgelegde weg bij verschillende snelheden

Versnelling en snelheid opvoeren

Dit oplossingsgebied berust op het verkorten van de procestijd(en). Het verkorten van de procestijd is altijd positief voor de output. Wordt deze strategie op de processtap MOVE toegepast, dan komt het neer op het verhogen van de versnelling en de snelheid. Licht en stijf construeren is hier het credo.

Conclusie

In dit promotieonderzoek is de analyse van P&P-machines afgerond. De belangrijkste conclusie van deze analyse is dat de tijd benodigd voor bewegen momenteel 70% van de procestijd vertegenwoordigt. Deze tijd ontstaat vooral doordat er grote afstanden moeten worden afgelegd in de machine. Oplossingsgebieden voor dit probleem: afstand verkleinen, hogere snelheden en versnellingen. Eventueel kunnen processtappen worden geëlimineerd of verkort. Met deze achtergrond wordt momenteel een aantal concepten ontwikkeld en geëvalueerd. Doordat een andere oriëntatie van de PCB een aantal voordelen heeft, wordt verder onderzocht of dit een mogelijke oplossing biedt.

Hieronder worden de vier oplossingsgebieden kort besproken.

Processen elimineren

De translatie van de plaatsingskop van PICK naar PLACE en terug neemt de meeste tijd in. Met het elimineren van de processtappen MOVE wordt de ideale P&P-machine aardig benaderd. De componenten zullen dus op een andere manier van A naar B verplaatst moeten worden. Het rechtstreeks schieten van de componenten op de PCB is een oplossingsgedachte.

Deze concepten elimineren de teruggaande slag en zorgen voor een korte weg.

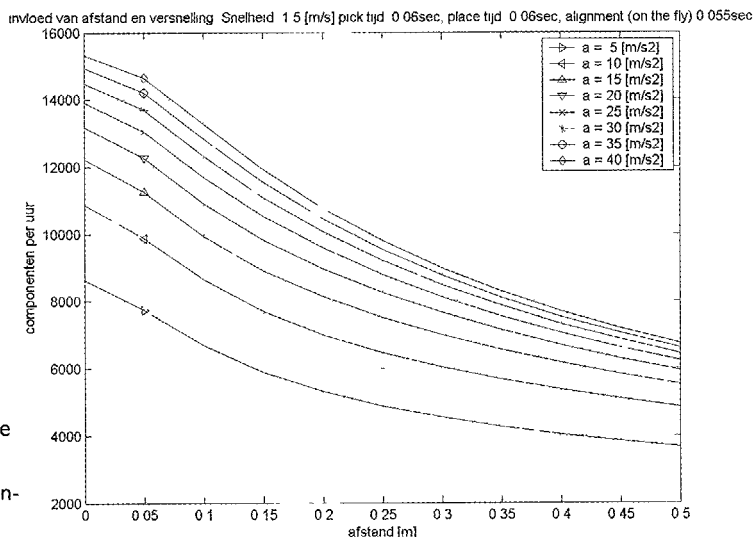
Een interessante gedachte hierbij is om de oriëntatie van de PCB ter discussie te stellen. Alle machines hebben een configuratie waarbij de PCB horizontaal ligt. De componenten worden aan de bovenzijde geplaatst. Waarom andere PCB oriëntaties niet worden toegepast, is onduidelijk. Het biedt wel meer ontwerpvrijheid zodat de afstand tussen PICK en PLACE klein gehouden kan worden.

Processen parallel

Als tijdens een processtap een ander proces kan worden uitgevoerd, kan ook de totale cyclustijd korter worden. Een voorbeeld hiervan is de component alignment uitvoeren tijdens de processtap MOVE.

Afstand verkorten

Door de afstand tussen PICK en PLACE positie te verkleinen, worden de MOVE stappen verkleind. Concepten waarbij de componenten aan de plaatsingskop worden aangeboden zijn hiervoor geschikte oplossingen.



Afbeelding 5.
Output als functie van de afgelegde weg bij verschillende versnellingen