

Automatisch onkruid bestrijden in de rij

Rapport fase 4 (PPL3):

Technische realisatie prototype meerrijer, testen functionaliteit

Ard Nieuwenhuizen, Jochen Hemming & Lauwrens Struik





Automatisch onkruid bestrijden in de rij

Rapport fase 4 (PPL3):

Technische realisatie prototype meerrijer, testen functionaliteit

Ard Nieuwenhuizen¹, Jochen Hemming¹ & Lauwrens Struik²

¹ Wageningen UR

² Machinefabriek Steketee BV

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Agrosysteemkunde.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.



PPL-Project: Plantspecifieke onkruidbestrijding (007), Verplichting 1400006888
Opdrachtgever: Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie

Projectnummer PRI: 3310390404

**Plant Research International, onderdeel van
Wageningen UR
Business Unit Agrosysteemkunde**

**Machinefabriek
Steketee BV**

Adres	:	Postbus 616, 6700 AP Wageningen	Lieve Vrouwepoldersedijk 1a
	:	Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen	3243 LA Stad aan't Haringvliet
Tel.	:	0317 – 48 05 82	
Fax	:	0317 – 41 80 94	
E-mail	:	info.pri@wur.nl	
Internet	:	www.pri.wur.nl	

Inhoudsopgave

	pagina
1. Inleiding	1
2. Activiteit 1: Op niveau brengen van functionaliteit	3
2.1 Aanpassingen aan de hardware	3
2.1.1 Algemeen	3
2.1.2 Schoffelement	4
2.1.3 Multi Input/Output module en microcontroller	5
2.1.4 Embedded PC	5
2.1.5 Camera, kalibratie driehoek en hoogtecorrectie	6
2.2 Aanpassingen aan de software	7
2.2.1 User Interface	7
2.2.2 Kalibratieroutines	8
2.2.3 Remote service	10
2.2.4 Low level besturing (microcontroller)	11
3. Activiteit 2: Testfase en rapportage	13
3.1 Laboratorium experimenten	13
3.2 Veld experimenten	13
3.3 PR/Output	16
4. Conclusies en vervolgstappen	21

1. Inleiding

Dit rapport bevat de voortgang, resultaten en conclusies van fase 4c van het programma precisielandbouw project plant specifieke onkruidbestrijding (007), verplichting 1400006888 dat Wageningen UR in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie heeft uitgevoerd. Het project draagt bij aan de verdere ontwikkeling en realisatie van een onkruidschoffelmaschine voor het mechanisch bestrijden van onkruid in de rij. Deze machine wordt sinds 2008 in nauwe samenwerking met Steketee Machinebouw door Wageningen UR ontwikkelt.

Doel van deze fase was de technische realisatie en testen van een prototype meerrijer die op hogere snelheid en acceptabele werkbreedte werkt. De ontwikkeling van een meerrijige intrarijwiedmaschine past in het streefbeeld en de wensen van akkerbouwers en vollegrondsgroentetelers die precisielandbouw toepassen in hun bedrijfsvoering. Het streefbeeld bestaat uit een snellere plantdetectie voor grovere gewassen zoals bieten en kool. In een volgende fase zullen ook fijnere planten als zaaiuien toegevoegd worden. De droomwens van de telers is een robot die ook in volveldstoepassingen, zoals in spinazie, automatisch onkruid kan herkennen en bestrijden. Deze ontwikkeling van een intrarijwiedmaschine draagt daaraan bij door de basiskennis hiervoor te ontwikkelen en te verankeren in het bedrijfsleven en het onderzoek.

2. Activiteit 1: Op niveau brengen van functionaliteit

Vertrekpunt voor deze fase van de ontwikkeling van de machine was een werkende 1-rijer prototype dat succesvol getest was in de gewassen sla, knolselderij en andijvie. Geïdentificeerde knelpunten in functionaliteit en werking zijn in deze fase aangepakt. Doelen waren: opschaling van 1 naar 6 rijen, verbeteren prestaties, uitgebreide data logging functies, verbeterde user interface en besturingssoftware.

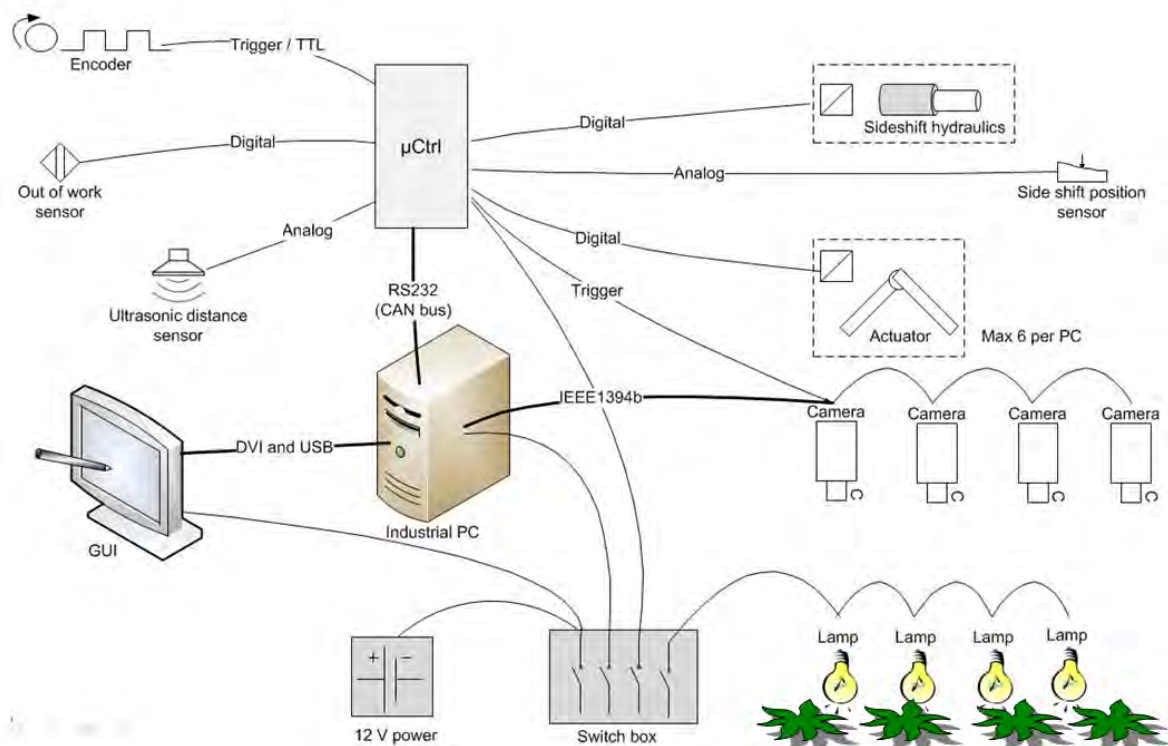
2.1 Aanpassingen aan de hardware

In deze fase zijn omtrent de aanpassingen aan de hardware o.a. de volgende acties gerealiseerd:

2.1.1 Algemeen

- De machine kan aan een lichte (max. 100 pk) tractor gekoppeld worden zonder dat de tractor aangepast hoeft te worden, tevens is de machine dusdanig gemaakt dat een standaard tractor deze zonder problemen kan heffen en vervoeren.
- Alle aandrijving en aansturing van de machine kan met de standaard voorzieningen van een tractor voldaan worden. (12V DC, aftakas, externe hydrauliek).
- De snelheid van de actuators is door optimalisatie van pneumatiek en geometrie verbeterd.
- Het opstarten van de machine is nu heel eenvoudig. Alle componenten worden automatisch geïnitieerd.

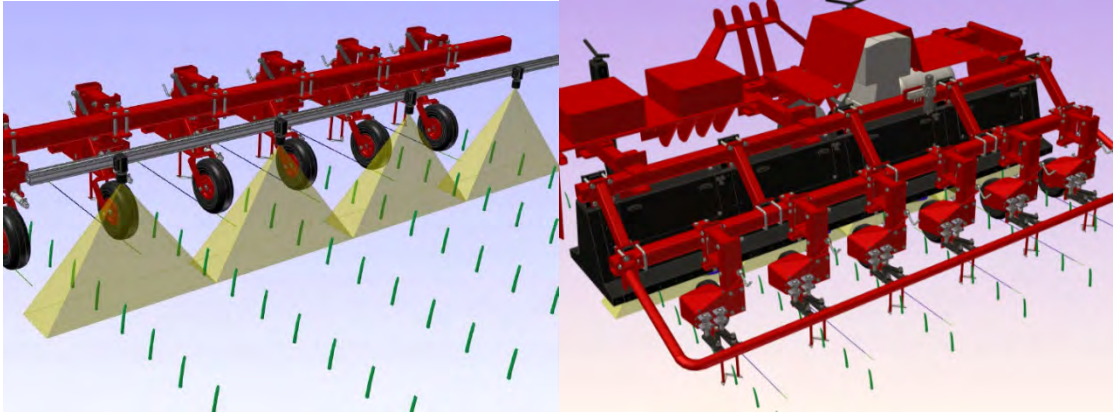
Figuur 1 geeft een overzicht van de verschillende hardware componenten.



Figuur 1. Schema van de systeem componenten.

2.1.2 Schoffeelement

Het aantal schoffeelementen is in deze fase opgeschaald van 1 naar 6. Figuur 2 t/m 4 schetsen de nieuwe gerealiseerde opzet. Om de werkbreedte van 3 meter van de machine in beeld te krijgen is de machine uitgerust met vier camera's waarvan het zichtveld op elkaar aansluit. In Figuur 2 is de 6 rijige machine weergegeven met daarop de positie van de veiligheidsbeugel aan de achterzijde. Deze veiligheidsbeugel is nieuw geïntegreerd in deze versie van de machine zodat de actuatoren niet zullen bewegen tijdens een opgeheven beugel.



Figuur 2. Schets van opgeschaalde machine met 4 camera's en 6 actuatoren.

In Figuur 3 is de 6 rijige schoffelmachine te zien tijdens proeven in het veld. De machine wordt hier getest in geplante spruitkool. Elk schoffeelement van de machine heeft een eigen parallelgeleiding voor het in hoogte volgen van het zaaibed. Hierdoor wordt een optimale diepteregeling van het schoffelmes gewaarborgd.



Figuur 3. Foto van het nieuwe prototype tijdens proeven in het veld.

Figuur 4 toont een detailfoto van het schoffeelement wat gebruikt wordt om plantspecifiek mee in de rij te schoffelen. De cilinder schuift in en uit en bedient hiermee het mechaniek wat ervoor zorgt dat de schoffelmesjes om de gewasplanten heen beweegt.



Figuur 4. Detailfoto schoffelelement.

2.1.3 Multi Input/Output module en microcontroller

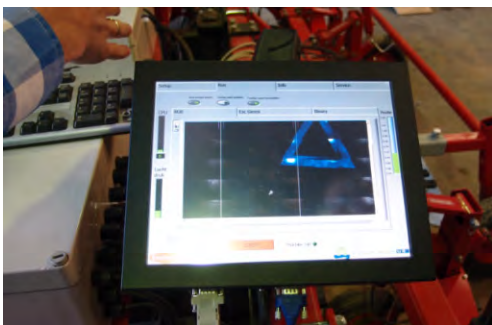
De bestaande Multi input/output module speelt een zeer centrale rol in het systeem. Aan de ene kant moeten sensoren real-time worden uitgelezen en deze informatie moet worden doorgegeven aan de high level besturing. Aan de andere kant moeten stuursignalen voor de schoffelelementen en de sideshift op het juiste moment worden uitgegeven.

Na het uitbreiden van de datalogging functies is in deze fase gedetailleerd onderzoek verricht naar de correcte timing en werking van de afzonderlijke functies van de microcontroller. Het blijkt dat de microcontroller het grootste knelpunt in het systeem vormt om de werksnelheid verder op te voeren. De communicatie tussen low-level en high-level, wat nu via RS232 geïmplementeerd is, belast de processor van de huidige microcontroller dusdanig, dat in sommige gevallen de real-time werking niet meer gewaarborgd is. Vallen bijvoorbeeld (stukken van) trigger berichten weg, dan komt het hele systeem uit balans en produceert fouten. De conclusie is dan ook om in de volgende fase van het project over te gaan naar een andere, krachtiger type low-level microcontroller.

2.1.4 Embedded PC

In deze fase is voor de high-level control overgestapt van een laptop naar een embedded industrial PC. Het systeem draait nu op een 1.5 GHz Intel Core Duo CPU fanless PC. De gebruikte software is ongewijzigd gebleven en bestaat uit National Instruments Labview 8.5.1 en Windows XP.

De bediening van de machine gebeurt nu via een outdoor touch screen, weergegeven in figuur 5. Dit scherm kan zowel op het frame van de machine gemonteerd worden alsook in de trekkercabine worden geplaatst.



Figuur 5. Touch screen voor de bediening van de machine.

2.1.5 Camera, kalibratie driehoek en hoogtecorrectie

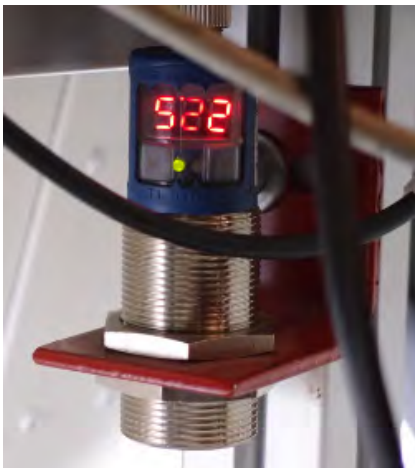
Het detectiesysteem, bestaande uit 4 camera's (1 camera per 0,75 meter werkbreedte), is in een lichtdichte behuizing bevestigd. De kap is langer gemaakt in de rijrichting i.v.m. het beter afschermen van omgevingslicht. Hierdoor wordt een meer betrouwbare detectie van gewas en onkruidplanten mogelijk.

Voor het afregelen van de encoder/trigger afstand (TRIG) en de afstand camera-actuator (detector-actuator-distance, DAD) is een speciaal kalibratie driehoek gemaakt. Deze kalibratie driehoek is in figuur 6 weergegeven.



Figuur 6. Kalibratie driehoek voor het afregelen van de TRIG en DAD setting.

Later in het jaar is een ultrasone sensor voor hoogtecorrectie toegevoegd (*Figuur 7*). De sensor is aangesloten op een analoge ingang van de Multi input/output module en meet de afstand van de machine tot het zaaibed.

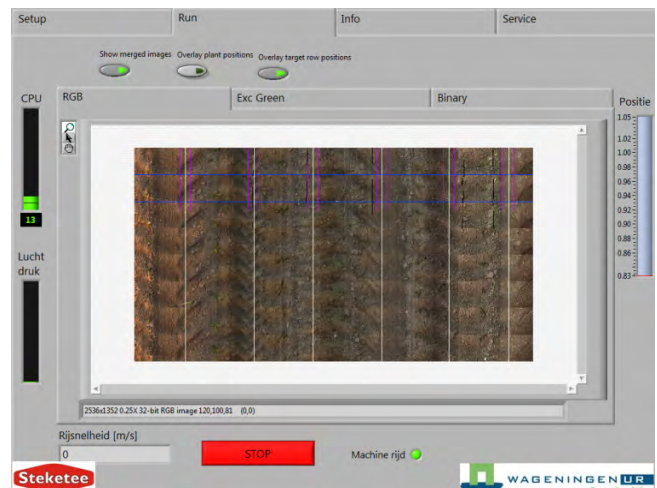


Figuur 7. Ultrasone sensor.

2.2 Aanpassingen aan de software

2.2.1 User Interface

De high-level software is dusdanig aangepast, dat de bediening en controle van de werking eenvoudig met één vinger mogelijk is.

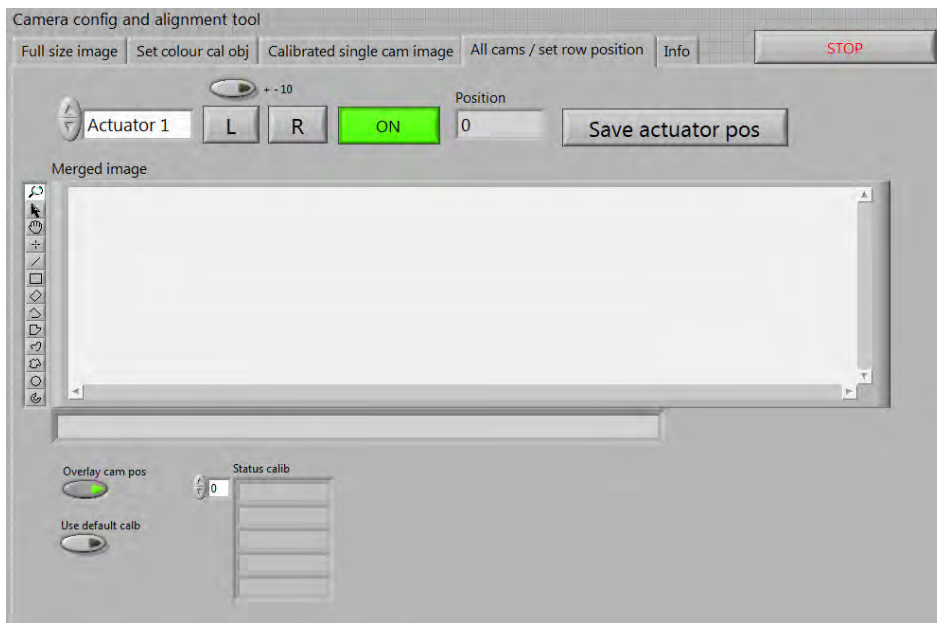


Figuur 8. Screenshots van verschillende schermen van het user interface: configuratie (boven), controle werking (midden) en geavanceerde datalogging (onder).

2.2.2 Kalibratieroutines

Camera's uitlijnen en positie actuatoren vastleggen

Er is een gebruiksvriendelijke software applicatie ontwikkeld om de verschillende camera's in het systeem uit te lijnen en om de opnamegebieden per camera exact vast te kunnen leggen. Figuur 9 laat een screenshot van een van de configuratieschermen zien. Tijdens de kalibratie dient een kalibratieplank (Figuur 10) onder de machine te worden geplaatst. Met deze applicatie wordt ook de relatie camera positie(s) en actuatoren (schoffelementen) vastgesteld en geconfigureerd. Het idee is, dat de machinebouwer of systeemintegrator een dergelijke kalibratie zelfstandig door kan voeren. Alle settings worden in configuratiebestanden op de high-level PC opgeslagen en automatisch bij het opstarten van de machine ingelezen.



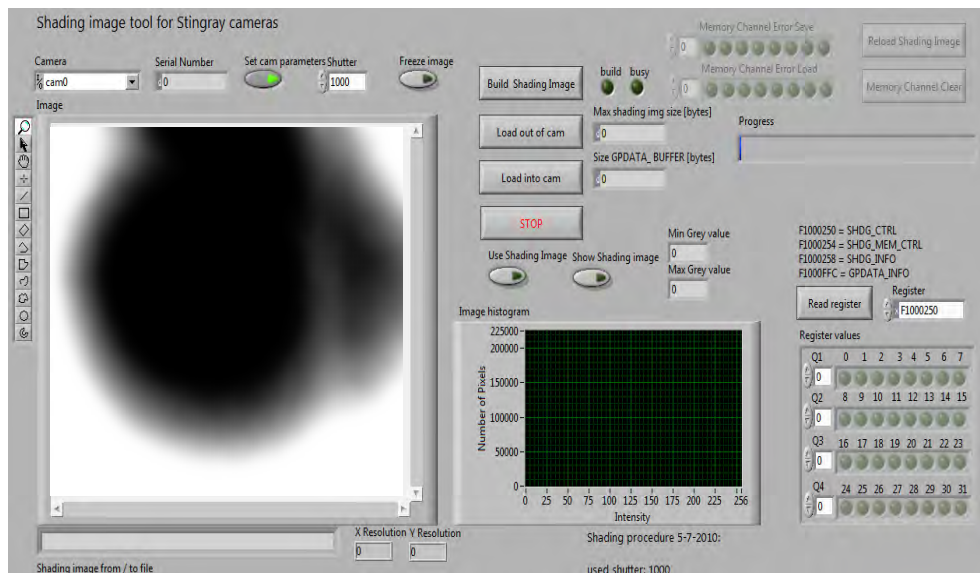
Figuur 9. Applicatie om cameraposities en actuatoren uit te lijnen.



Figuur 10. Kalibratieplank t.b.v. cameraposities en opnamegebied per camera.

Shading correctie

Er is een software applicatie ontwikkeld om beelden t.b.v. compensatie van verschillen in belichtingsintensiteit te maken en in het geheugen van de camera te laden (Figuur 11). Allereerst wordt met de bestaande belichting per camera een beeld opgenomen van een egaal grijze achtergrond. Door gebruik te maken van speciale low-level functies in de camera is het mogelijk met deze opname een correctiebeeld te produceren. Dit correctiebeeld kan vervolgens in het geheugen van de camera worden geladen. Hierdoor kunnen opgenomen beelden real-time reeds in de camera gecorrigeerd worden voor verschil in lichtintensiteit.



Figuur 11. Screenshot van het shading image tool.

Hoogte correctie

Hoogteveranderingen van de machine veroorzaakt door bijv. insporing of verschil in niveau van het zaaibed zorgen voor een verschil in afstand van de camera tot de opgenomen planten. Hierdoor verandert de geometrie van de camerabeelden onderling en ook de relatie tussen de cameraposities en actuatorposities. Voor een accurate werking van de schoffelmachine is een real-time compensatie onmisbaar. Het initiële idee was om een kalibratieplaatje in beeld van de camera te gebruiken welke mee omhoog en omlaag beweegt met de hoogte van het zaaibed. Het ontwerp en de uiteindelijke realisatie van deze sleepvoet is in figuur 12 weergegeven. Door continu de grootte van het object in het camerabeeld te meten is het mogelijk om voor verschillen in hoogten te compenseren. Per camera is 1 kalibratieobject gebruikt. Dit systeem werkte overtuigend onder laboratorium omstandigheden. Bij de eerste veldtesten was de performance echter niet naar behoren. Daarom zijn alternatieven verkend om de hoogte tussen camera en zaaibed/gewas te meten. Gekozen is om een ultrasoonsensor voor de afstandsmeting camera - grond te gebruiken (zie ook hoofdstuk 2.1.5). Het gedigitaliseerde analoge signaal van deze sensor wordt in de Labview applicatie d.m.v. een kalibratiecurve omgezet in een afstand. Er is een lineair verband tussen de hoogte van het analoge signaal en de afstand. De actuele waarde van de ultrasoonsensor wordt gelijktijdig met het buffer bericht verstuurd door de Multi input/output module. Voor ieder beeldtrigger is dus een afstandsmeting beschikbaar. Als de machine stilstaat is er geen informatie over de afstand.



Figuur 12. Ontwerp kalibratiesleepvoet (links) en realisatie (rechts).

2.2.3 Remote service

Voor het onderdeel remote service is tijdens deze fase van het project beschreven hoe deze service eruit zou moeten zien voor de intrarij-wiedmachine. De volgende aspecten moeten met de remote service uitgevoerd kunnen worden. 1) Inloggen op de machine om foutcodes te kunnen zien. 2) Terughalen van datalogfiles waaruit de foutcodes kunnen herleid worden. 3) Meekijken met de eindgebruiker om instellingen van de machine te kunnen maken.

Om remote met de gebruiker mee te kijken op de machine is een aantal zaken aan hardware en software benodigd. Een minimale vereiste is dat de machine aan het internet gekoppeld is zodat via een netwerkverbinding contact gemaakt kan worden met de machine. Dit kan via een bestaande netwerkverbinding, echter deze is vaak niet beschikbaar in het veld. Dan kan gebruik gemaakt worden van een mobiel internet verbinding door middel van een 3 G modem. Binnen dit project is voorgesteld gebruik te maken van een Teltonika 3G mobile router (Figuur 13; <http://www.teltonika.lt/en/pages/view/?id=952>). In deze router wordt een simkaart geplaatst voor UMTS internet verbinding. Op deze manier is een mobiele internet verbinding te maken in het veld.



Figuur 13. Teltonika 3G mobile router voor remote service.

2.2.4 Low level besturing (microcontroller)

Ook op laag niveau zijn een aantal aanpassingen doorgevoerd. Zo is bijv. het uitlezen van de ultrasoonsensor voor de afstandsmeting toegevoegd (zie ook hoofdstuk 2.1.5). Ook is de functionaliteit verbeterd voor situaties dat de machine stilstaat of voor fouten die door de high-level besturing gesignaleerd worden (leeghalen buffers, stopzetten actuatoren). Om het systeem robuuster te maken zijn voor sommige berichten checksums toegevoegd. Ook is het aantal statusberichten uitgebreid voor betere datalogging functionaliteit.

3. Activiteit 2: Testfase en rapportage

3.1 Laboratorium experimenten

Tabel 1 geeft het overzicht van de laboratorium experimenten die in 2011 zijn uitgevoerd voorafgaand aan de verschillende veldtesten. Eerst is getest of de opschaling van 1 naar 4 camera's in hardware en software goed is uitgevoerd. Vervolgens is de shading correctie zoals eerder uitgelegd in de software aangebracht en getest in het laboratorium. Daarna is getest of de kalibratieplaten van het blauwe materiaal goed in beeld gevonden kunnen worden. Dit is vervolgens uitgebreid naar de hoogtecorrectie in de software. De laatste lab experimenten zijn uitgevoerd met de hoogtemeting op basis van ultrasoonsensoren.

Tabel 1. Overzicht laboratorium experimenten in 2011.

Datum	Activiteiten
11-01-2011	Testen functionaliteit 4-camera opstelling
19-01-2011	Implementeren shadingcorrectie
27-01-2011	Testen calibratieplaat routine
14-02-2011	Uitbreiden hoogtecorrectie met calibratieplaat
09-03-2011	Implementeren ultrasoonsensor
16-03-2011	Testen ultrasoonsensor
06-07-2011	Verhelpen problemen met het inladen van de shadingbeelden

3.2 Veld experimenten

Tabel 2 geef het overzicht van de veldexperimenten die in samenwerking met Steketee zijn uitgevoerd. De veld-experimenten zijn bedoeld om inzicht te krijgen in de correcte werking van de software en hardware gebruikt in de intrarijwiedmachine. Ook zijn experimenten uitgevoerd om data te verzamelen waarmee de software specifiek verbeterd kan worden voor bepaalde gewassen. Gedurende het seizoen zijn continu aanpassingen doorgevoerd aan de machine. Dit betreft zowel voor de hardware als de software.

Tabel 2. Overzicht veld experimenten in 2011.

Datum	Gewas	Bedrijf/Locatie	Activiteiten
19-04-2011	Suikerbieten	Struik	Testen werking, performance vaststellen
21-04-2011	Suikerbieten	Struik	Testen werking, performance vaststellen
23-04-2011	Suikerbieten	Struik	Testen werking, performance vaststellen
26-04-2011	Suikerbieten	Struik	Testen werking, performance vaststellen
07-05-2011	Andijvie	Van Aert	Testen werking, performance vaststellen
10-05-2011	Geclusterde zaaiui	Biotrio	Testen werking, performance vaststellen
08-06-2011	Koolgewassen	Zweden	Demonstratie buitenlandse klant
01-06-2011	Spruiten	Struik	Testen werking, demonstratie aan klanten
14-06-2011	Spinazie en Peen	Biotrio	Verzamelen opnames
24-06-2011	Knolselderij en Suikermâis	Pelgrom	Testen werking, performance vaststellen
28-06-2011	Testveld	Steketee	Testen werking, performance vaststellen

Op de meeste dagen zijn ook uitgebreid video-opnamen gemaakt. Deze opnames zijn achteraf geanalyseerd. Figuur 14 laat een voorbeeld van een beeldserie uit een videobestand zien. Deze beelden zijn met een vast op het frame gemonteerde HD-video camera opgenomen.



Figuur 14. Opeenvolgende beelden uit een video bestand van een actuator.

Hieronder volgt een aantal bevindingen van verschillende testdagen:

21-04-2011 (suikerbieten)

Goede rij-volging. Wat problemen met het herkennen van de planten. Dit komt doordat de belichting, of de schaduwcorrectie, niet goed is. Op de gelogde beelden is te zien dat de ene rij in een mooie lichte strook zit en de andere rij juist in een donkere strook. Hierdoor moet de excessive green drempelwaarde zeer ruim afgesteld worden zodat de machine overal op gaat reageren. Door het opnieuw afregelen van de shading control en het opnamegebied (Bayer patroon) is de beeldkwaliteit sterk verbeterd.

23-04-2011 (suikerbieten)

Op 23-04 is weer getest in suikerbieten, het ging nu bijzonder goed, echt fantastisch! Je ziet aan de opgenomen beelden dat deze nu een heel mooi, scherp en egaal beeld laten zien. Er zit nog een probleem bij het automatisch laden van de shading beelden in het flash geheugen van de camera. Figuur 15 geeft een voorbeeld van een door het systeem opgenomen beeld. Weergegeven zijn de gedetecteerde gewasrijposities (rode lijnen) en de gedetecteerde gewasplanten (blauwe blokken).

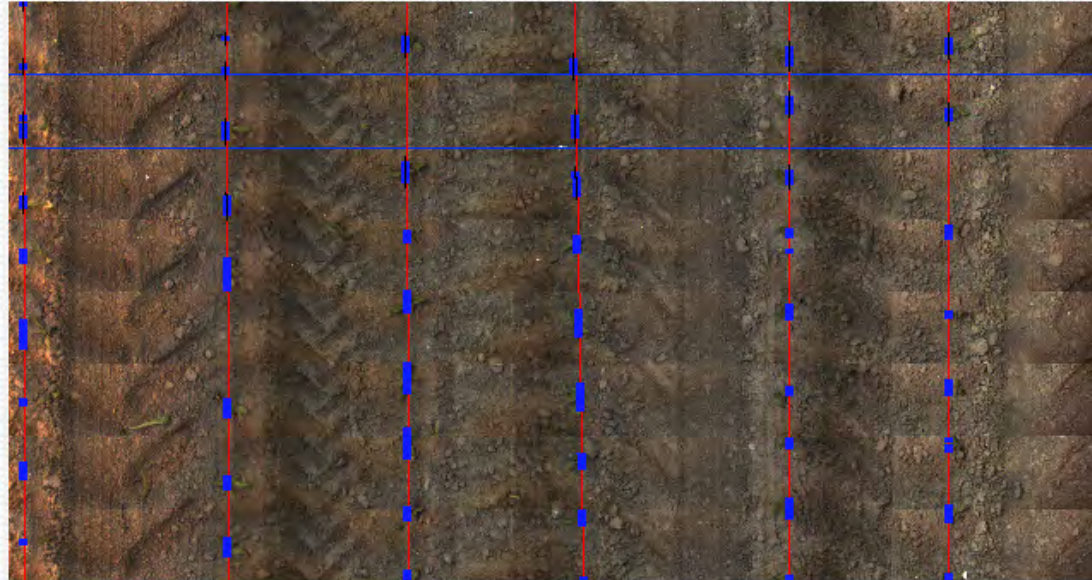
11-05-2011 (geclusterde zaaiui)

Op deze dag zijn opnames en datafiles verzameld in de geclusterde zaaiui. Het ging redelijk maar door de slechte zichtbaarheid van de uien moest de excessive green drempelwaarde zo gevoelig worden gezet (8-50) dat er heel veel ruis in de beeldverwerking zit. Ook had ik het gevoel dat de hoogte correctie niet helemaal lekker ging, maar dat kan ook komen omdat we de ultrasoonsensor nog verzet hebben.

08-06-2011 (demonstratie machine in Zweden)

Ondanks de natte omstandigheden was het wel mogelijk om in Zweden een redelijk goede demonstratie te kunnen geven. Het grootste probleem was weer dat de TRIGO en de DAD niet goed kloppen wanneer de machine niet

perfect vlak loopt. Deze problemen worden veroorzaakt door de hoogteregeling en door slip/snelheidsverandering van het loopwiel. Beide punten verdienen aandacht. De encoder op een kamwiel of zacht rubberwiel heeft de voorkeur. Omdat we altijd met sporen e.d. te maken hebben moeten we een automatische hoogteregeling op de machine gaan zetten. We gaan hiervoor cilinders op de steunwielen zetten die aan de hand van sensoren in de kap de hoogte van de machine controleren. Dit kunnen we waarschijnlijk het beste vanuit de Multi input/output aansturen? Ik zal een ontwerp maken van hoe het systeem eruit gaat zien en moet gaan functioneren. Verder werkt alles naar behoren.



Figuur 15. Voorbeeld geanalyseerd beeld in suikerbieten op 23-04-2011.

14-06-2011 (Spinazie en peen)

Er zijn van verschillende fijnzaadige gewassen opnames gemaakt: spinazie (Figuur 16) en peen (Figuur 17). Op basis van deze foto's is bekeken wat de mogelijkheden voor automatisch wieden bij deze gewassen zijn.



Figuur 16. Veld met spinazie (links) en onkruid tussen spinazie (rechts).



Figuur 17. Opkomend peen gewas.

24-06-2011 (Knolselderij)

Bij deze test sessie zijn problemen bij plekken met groot onkruid geconstateerd. Logdata en beeldmateriaal is verzameld en later geanalyseerd.

06-07-2011 (Spruiten)

Figuur 18 toont 2 foto's die genomen zijn tijdens de veldtesten in spruiten. Op deze testdag is opnieuw geconstateerd, dat de snelheid van de microcontroller en de hoogtecorrectie/kalibratie de grootste knelpunten vormen voor de werking van het systeem.



Figuur 18. Veldtest in spruiten.

3.3 PR/Output

Machinefabriek Steketee heeft als exposant de machine op de BioVak beurs in Zwolle (<http://www.biovak.nl/>; 18-19 januari 2011) aan het publiek getoond. Ook is er een folder op deze beurs uitgedeeld, zie figuur 19 en figuur 20.

Ard Nieuwenhuizen heeft een aantal slides van dit project gepresenteerd op het symposium 'Precisielandbouw verhoogt de opbrengst' op 29 juni 2011 in Lelystad. Titel van de presentatie: 'Onkruidbestrijding: precisielandbouw roeit ze uit'.

Rick van de Zedde (WUR) heeft een aantal slides van dit project gepresenteerd op de 9th European Machine Vision Business Conference (EMVA) op 13 mei 2011 in Amsterdam. Titel van de presentatie: 'Machine vision in agriculture – a Dutch forte'.

Resultaten van de veldtesten zijn ook gepresenteerd aan internationaal wetenschappelijk publiek op 20 september 2011 tijdens het CIGR International Symposium on Sustainable Bioproduction, Tokyo, Japan op 19 - 23 september 2011. Het bezoek aan dit symposium is niet ten lasten van het hier gerapporteerde project gebeurt.

Presentation No. 20C01, Title: Image Analysis System to Determine Crop Row and Plant Positions for an Intra-Row Weeding Machine. Author: Jochen Hemming (Wageningen UR Greenhouse Horticulture, Wageningen, The Netherlands), Ard Nieuwenhuizen (Plant Research International, Wageningen, The Netherlands), Lauwrens Struik (Machinefabriek Steketee BV, Stad aan't Haringvliet, The Netherlands).

Keyword: FFT, Image processing, Lettuce, Celeriac, Weed control.

Paper abstract: This paper describes computer vision methods to trace crop row positions and to locate the single crop plant positions in the rows. For the determination of the crop row a template fitting algorithm was developed. Detection of individual crop plant positions was based on a Fast Fourier Transformation (FFT). The results show that it is possible to detect the crop row and crop plant positions in a robust manner for different crops and different growth stages. On average less than 1% of the crop plants were not detected and less than 1% of the weed plants were classified as crop.



Uw specialist in grondbewerking en onkruidbestrijding

Steketee presenteert de

Intrarijwieder



Machinefabriek Steketee B.V. uit Stad aan 't Haringvliet heeft op de Biovak in Zwolle een intrarijwieder gelanceerd. Deze samen met Wageningen University Research ontwikkelde machine is in staat om aan de hand van camerabeelden in de gewasrij te schoffelen.

Om er voor te zorgen dat er onder alle omstandigheden perfecte beelden opgenomen worden zijn de hoge-resolutie camera's in een kap gemonteerd waar extreem felle xenon lampen in gemonteerd zijn. Hierdoor is de machine in staat vanaf een vroeg stadium de planten te herkennen.

Aan de hand van kleur, vorm, en plaats herkent de machine de gewasplant en zal het schoffelmes hier omheen bewegen. Er wordt dus overall geschoffeld behalve daar waar een gewasplant staat. Doordat het systeem altijd zoekt naar de goede planten wordt het onkruid genegeerd en zal de machine hier niet op reageren.

Door de modulaire opbouw is de machine in alle werkbreedtes en voor alle rij-afstanden leverbaar. Tot nu toe is er getest in suikerbieten, sla, andijvie en knolselderij. Alle hierop gelijkende gewassen (diverse koolsoorten, groenten etc) kunnen zonder problemen geschoffeld worden. De minimale plantafstand in de rij is op dit moment 6cm. Ook wordt de machine continu doorontwikkeld waardoor snelheid, nauwkeurigheid en inzetbaarheid toenemen.



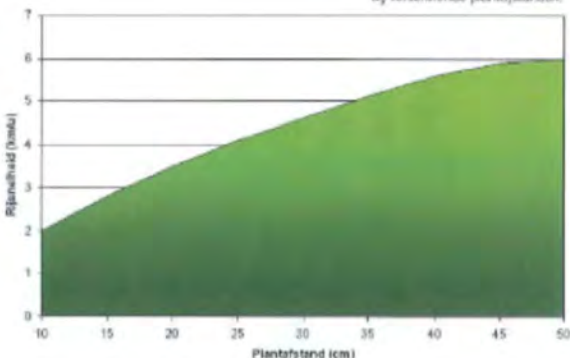
Machinefabriek Steketee BV * www.steketee.com * + 31 187 616 100

Figuur 19. Intrarijwieder folder Steketee pagina 1.



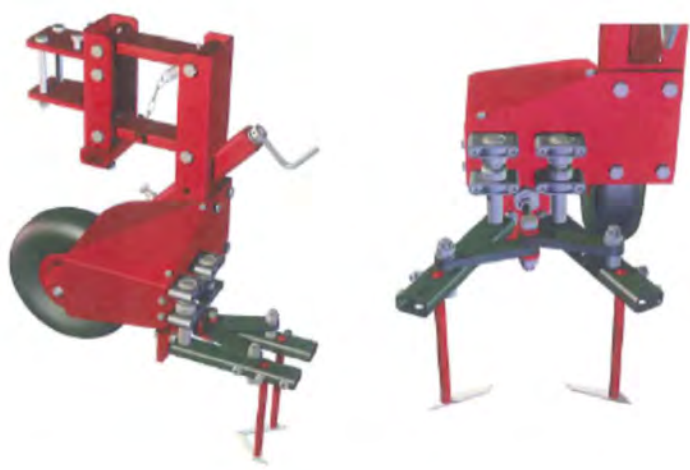


Dit overzicht geeft aan welke rijsteden haalbaar zijn bij verschillende plantafstanden.



Plantafstand (cm)	Rijen (rijen)
10	2.0
15	2.5
20	3.0
25	3.5
30	4.0
35	4.5
40	5.0
45	5.5
50	6.0

Het schoffelmes is opgebouwd uit 2 delen welke door een pneumatische cilinder uit elkaar worden gestuurd wanneer er een gewasplant staat. Hierdoor is de slag van de arm veel kleiner dan wanneer het hele mes naar 1 kant moet wijken. Er is gekozen voor een pneumatisch systeem vanwege de hoge snelheid (6 slagen/s), hoge betrouwbaarheid en relatief lage kosten.



Uw Dealer:



Machinefabriek Steketee BV
 Lieve Vrouwepoldersdijk 1a
 3243 LA Stad aan 't Haringvliet
 Tel: +31 187 616 100
 Fax: +31 187 612 580
 email: verkoop@steketee.com
 www.steketee.com

Machinefabriek Steketee BV * www.steketee.com * + 31 187 616 100

Figuur 20. Intrarijwieder folder Steketee pagina 2.

4. Conclusies en vervolgstappen

Binnen het project automatisch onkruid bestrijden in de gewasrij is gewerkt aan de technische realisatie van een prototype meerrijer en het testen van de functionaliteit daarvan. Deze realisatie was opgesplitst in twee activiteiten. Ten eerste het op niveau brengen van de functionaliteit in hardware en software. Ten tweede het testen en rapporteren van de werking van de machine.

Het op niveau brengen van de functionaliteit van de machine is geslaagd, aangezien er met een drie meter brede machine op 6 rijen tegelijk automatisch gedetecteerd en geschoffeld is. Om dit mogelijk te maken zijn aanzienlijke verbeteringen en aanvullingen in de hardware en software gerealiseerd zoals eerder uitgelegd. De belangrijkste doorbraken zijn geweest: 1) koppeling van 4 camerabeelden tot 1 beeld voor de verwerking; 2) belichtingscorrectie in de camera hardware geïntegreerd; 3) automatische hoogtecorrectie. Zonder deze doorbraken was de opschaling van de 1-rijer uit de vorige fase naar de 6-rijer in de huidige fase niet mogelijk geweest.

In de tweede activiteit, testfase en rapportage, is beoordeeld in hoeverre de uitgebreide hardware en software aan de wensen voldoet van een praktijkrijpe machine. Om deze beoordeling uit te voeren zijn een elftal verschillende testen in het veld uitgevoerd en zijn tussentijds ook nog verbeteringen aangebracht in de software. Deze activiteit is geslaagd en heeft tevens verbeterpunten aan het licht gebracht waar aan gewerkt moet worden voordat de machine praktijkrijp is.

Aangetoond is dat de machine goed kan intrarijwieden in geplante en precisie gezaaide gewassen zoals suikerbieten, kool, selderij en andijvie.

De volgende verbeterpunten en vervolgstappen zijn geïdentificeerd tijdens de veldtesten. Deze punten zullen zodanig opgelost moeten worden dat een succesvolle marktintroductie mogelijk wordt.

- Bij hogere rijnsnelheid ($\sim >0.7$ m/s) blijkt de communicatie tussen hoog niveau (touch-screen) en laag niveau (microcontroller input/output) fouten te geven met gewasschade als gevolg. Dit komt door de beperkte capaciteit van de huidige microcontroller, deze dient vergroot te worden.
- Bij de veldtesten was slechts een lage onkruiddruk. Er is in een beperkte spreiding van onkruiddruk getest, waardoor de robuustheid van de machine nog niet voldoende vastgesteld is.
- Terugkoppeling naar de gebruiker van een juiste kalibratie van de machine is nodig. Dit zou kunnen via het touch-screen.

