



In het najaar van 2020 is op de campus van de BUas een autonome en elektrische bezorgrobot ingezet voor de distributie van goederen.

Ervaringen met de autonome bezorgrobot LOWIE op de BUas-campus

Hans Quak BUas (Breda University of Applied Science) / TNO
Jeroen Weppner BUas (Breda University of Applied Science)

SAMENVATTING

In het najaar van 2020 is op de campus van de BUas een autonome en elektrische bezorgrobot ingezet voor de distributie van goederen. Naast de daadwerkelijke praktijktest van de robot, hebben we onderzoek gedaan naar verschillende aspecten van autonome bezorgrobots. In deze contributie gaan we in op de proef met de autonome bezorgrobot zelf, op de aanpassingen die we hebben moeten doen doordat de campus door COVID-19 zeer rustig was en er dus ook minder te vervoeren was voor de robot, op de perceptie van mensen met betrekking tot de bezorgrobot, op de mogelijke toekomstige toepassingsgebieden en op leerervaringen die we in de testen hebben opgedaan.

Inleiding

Ervaring en kennis opdoen in transitie naar autonoom rijden

In het najaar van 2020 hebben hardware leverancier Airliftsystems uit Qatar (ALS), The Future Mobility Network (FMN) en Breda University of Applied Sciences (BUAs), in samenwerking met de gemeente Breda, de regio West-Brabant en het Logistics Community Brabant (LCB), een autonome en elektrische bezorgrobot getest op de campus van de BUAs. Gedurende zes weken heeft de robot goederen gedistribueerd tussen de drie verschillende gebouwen op de BUAs-campus in Breda.

Het doel van de test was om meer ervaring en kennis op te doen met een autonoom rijdende en elektrische bezorgrobot. Een autonoom rijdend voertuig, dat daarnaast geen CO₂-uitstoot heeft, zou een rol kunnen spelen in het verduurzamen van transport in de Nederlandse steden en dorpen. Om die transitie te ondersteunen is het belangrijk dat er in praktijk getest wordt om meer inzicht te krijgen in:

- Techniek: hoe autonoom is autonoom rijden op dit moment? Wat is de stand van de techniek?
- Gedrag: hoe reageren overige verkeersdeelnemers op een autonoom rijdende bezorgrobot?
- Logistiek: welke use-cases zijn interessant voor een autonome en elektrische bezorgrobot?

Het toepassen van autonome bezorgrobots in het publieke domein in Nederland heeft nog nauwelijks plaatsgevonden. De proef heeft daarom naast nieuwe ervaringen bij de implementatie en de toepassing, ook tot nieuwe inzichten en discussies geleid op juridische en ethische gebieden. In deze bijdrage vatten we de belangrijkste leerpunten en onderzoeksresultaten van de proef samen.

Achtergrond: een businesscase creëren die bijdraagt aan een leefbare en duurzame stad

De test met de bezorgrobot op de BUAs-campus was geen doel op zich, maar de ervaringen en kennis dragen bij aan de ontwikkeling van autonome voertuigen en aan het verduurzamen van de Nederlandse steden. Immers, logistieke bewegingen dragen momenteel aanzienlijk bij aan de CO₂-uitstoot in steden, terwijl steden juist de ambitie hebben om in 2025 stedelijke logistiek emissie-vrij te krijgen in de stadscentra. Met een groeiende e-commerce – zeker in de huidige COVID-pandemie – wordt de uitdaging steeds groter. Ten tweede kunnen autonome voertuigen, zonder chauffeur, interessant zijn voor logistieke dienstverleners in de groeiende e-commercemarkt, aangezien de kosten gerelateerd aan de ‘last mile’ relatief hoog zijn. Ten derde, en die ontwikkeling was vooraf niet voorzien, vermindert een autonome bezorgrobot fysiek contact met een klant. Als gevolg van de COVID-19 pandemie wordt fysiek contact beperkt. Door het geautomatiseerde proces van bezorgrobot - de deuren van de (geteste) bezorgrobot

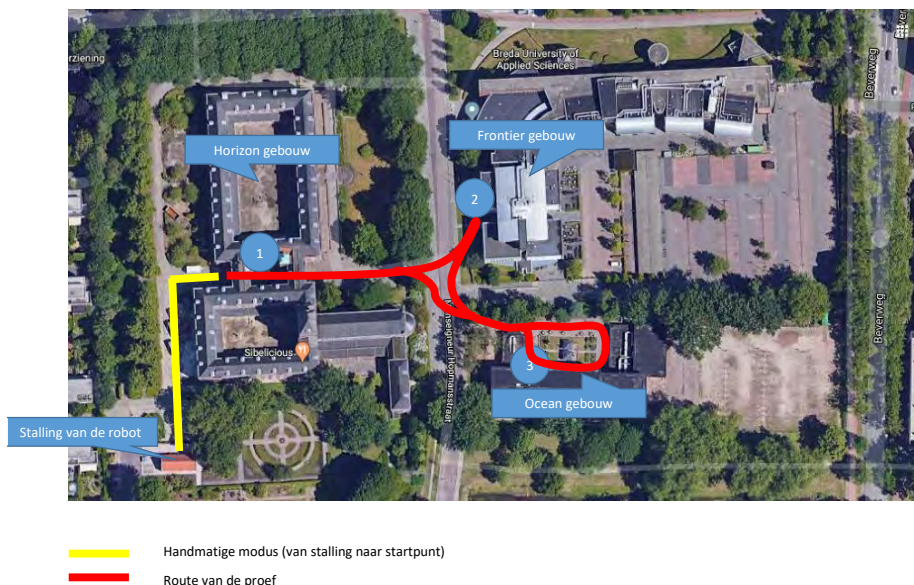
openen automatisch – hoeft de klant alleen zijn goederen in en uit het voertuig te halen. Een robot is in dat opzicht een interessant alternatief voor verschillende toepassingen, zoals bezorging van boodschappen of eten.

In deze bijdrage gaan we in op de opzet van de proef, de onderzoeksvragen, de onderzoeksresultaten van de proef alsmede de leerervaringen en de discussies die de proef hebben opgeleverd.

Opzet van proef en onderzoek

Opzet proef

De bezorgrobot, die LOWIE (LOGistiek op WIElen) werd genoemd, heeft in het najaar van 2020 circa zes weken op de BUas-campus gereden. De proef vond plaats in een gecontroleerde (maar publieke) omgeving, toegankelijk voor voetgangers en fietsers. Gemotoriseerd verkeer was in beperkte mate aanwezig. De robot reed met een relatief lage snelheid op een overzichtelijke route tussen de drie hoofdgebouwen van de campus (zie Figuur 1).



Route bezorgrobot LOWIE op BUas campus in Breda

Bij de opzet en de voorbereiding van de proef zijn er verschillende praktische onderwerpen uitgebreid aan de orde gekomen, zodat de proef ook daadwerkelijk kon plaatsvinden. Allereerst moest de vraag welke ontheffing nodig is voor het rijden met een autonome bezorgrobot op openbaar terrein beantwoord worden. Niet eerder heeft er in Nederland een proef plaatsgevonden met een autonoom rijdende robot, zonder bestuurder, op een publiek toegankelijk gebied. De gemeente is als wegbeheerder verantwoordelijk voor de veiligheid en doorstroming. Er zijn tijdelijke verkeersmaatregelen genomen – bebording (zie Figuur 2) – om medeweggebruikers te attenderen op de robot.

Ook qua verzekering paste de bezorgrobot niet zomaar in de bestaande mogelijkheden en heeft de verzekeraar meegewerkt om LOWIE op een goede manier wel verzekerd te kunnen laten zijn. De voorbereiding werd ook gekenmerkt door de COVID-19-pandemie in 2020. De drukte op de campus nam met circa 80% af gedurende de proef. Studenten en medewerkers van de BUAs werkten voornamelijk thuis. Ook de beoogde afdelingen, zoals de bibliotheek en de Servicedesk verwerkten tijdens de proef aanzienlijk minder aanvragen dan gebruikelijk. Dit heeft ook het onderzoek beïnvloed, aangezien er veel minder te vervoeren viel op de campus. Hierdoor is besloten om fieldtests uit te voeren waarin, met hulp van studenten, scenario's met de robot zijn nagebootst.

142



Autonome bezorgrobot LOWIE op de campus voor één van de borden om weggebruikers te attenderen

Onderzoek

Naast alle praktische uitdagingen om een autonome bezorgrobot daadwerkelijk in de praktijk te kunnen testen, hebben we een aantal onderzoeksvragen opgesteld. Grofweg zijn die op te delen in drie onderdelen:

1. Huidige situatiebeschrijving (de keten waar de robot ingezet gaat worden). In dit deel wordt gekeken naar het functioneren van de bezorgrobot in het bezorgen (en collecteren) van goederen op de BUas-campus. Hiervoor wordt in eerste instantie de huidige facilitaire stroom in kaart gebracht. Hierbij gaat het om:
 - het in kaart brengen van de stromen die binnenkomen op de campus;
 - het schetsen hoe stromen lopen tussen verschillende gebouwen;
 - het in kaart brengen wie nodig zijn qua handling van de goederen (ontvangst, wegbrengen, etc.);
 - het in kaart brengen welke goederen in aanmerking komen voor verplaatsing via een bezorgrobot, leidend tot een plan waarin wordt beschreven wie wat wanneer doet tijdens proef (op basis van een 'product journey').
2. Opstellen van meetplan voor tijdens de proef waarin de volgende zaken worden gemeten: operationele en technische uitvoering en de beleving van de mensen die er mee werken of mee geconfronteerd worden.
3. Toepassingsgebieden – positionering en extrapolatie: hierbij wordt onderzocht welke bezorgrobots/ autonome voertuigen worden getest (nu en in de afgelopen jaren) en wat mogelijk interessante gebieden zijn voor de inzet van dergelijke bezorgrobots in de toekomst.

143

Deze bijdrage richt zich specifiek op het toegepast logistiek onderzoek dat we hebben verricht rond de proef met de autonome bezorgrobot op de campus. Daarnaast is op basis van de proef ook een technische en operationele evaluatie uitgevoerd; de resultaten hiervan worden niet uitgebreid gerapporteerd in deze bijdrage maar zijn te vinden in Weppner en Quak (2021). Samengevat kunnen we de volgende observaties delen over technische en operationele performance van de robot tijdens de proef: de robot reed tijdens de proef volledig zelfstandig. Alleen het keren bij de stops werd handmatig gedaan. Problemen met sensoren als gevolg van vocht zijn tijdens de proef verholpen. Gaandeweg de proef ontstonden kalibratieproblemen met de Lidar-camera - deze scant continue de omgeving en is zodoende belangrijk voor de veiligheid. Als gevolg hiervan hebben twee stewards van Airlift gedurende de proef uit veiligheidsoverweging naast de robot gelopen.

In het vervolg van deze bijdrage gaan we in de volgende zaken (zie resultaten in de volgende paragraaf): de logistieke organisatie op de BUas-campus, de product journey tijdens de proef, de operationele resultaten en perceptie op de campus, en toekomstige toepassingsgebieden.

Onderzoeksresultaten

Logistieke organisatie op de BUas campus

In twee stageopdrachten is de huidige logistiek op de BUas-campus in kaart gebracht (zie Ananichev, (2020) en Elegeert, (2020)). Op de BUas-campus zijn een aantal verschillende goederenstromen te onderscheiden:

1. De eerste categorie zijn de facilitaire producten; deze is verdeeld in twee subcategorieën. De eerste hiervan zijn de schoonmaakartikelen. De voorraad hiervan worden door de leverancier Eurest bewaakt en toegeleverd als de voorraad laag is. Deze leverancier voert dit proces in alle gebouwen uit en verzorgt deze goederenstroom volledig zelfstandig. De tweede categorie van de van de facilitaire producten zijn de kantoorartikelen. Deze stroom loopt decentraal doordat veel verschillende medewerkers bevoegd zijn om te bestellen. Hierdoor wordt er in sommige gevallen te veel besteld en raken er in sommige gevallen artikelen van deze productgroep kwijt. Bovendien rijden de verschillende leveranciers over de campus en zijn zij niet altijd op de hoogte van welk gebouw de juiste bestemming is voor de levering.
2. De tweede goederenstroom op de BUas is de post. Deze goederenstroom bestaat uit brieven, kleine post en pakketten. Deze stroom wordt verzorgd door de servicedesk. De servicedesk neemt het pakket aan en mailt de ontvanger dat het pakket klaarligt, zodat de werknemer deze bij de servicedesk kan ophalen.
3. De derde goederenstroom is ontstaan door de horecaopleidingen die door de BUas worden aangeboden. Het voorraadbeheer, het bestellen van de benodigde producten en het in ontvangst nemen van de producten worden door de studenten en docenten van de opleidingen verzorgd. Dit is onderdeel van het portfolio van de opleiding. Daarnaast is er nog een stroom naar de overige horecagelegenheden, die door de cateraar wordt verzorgd.
4. De laatste goederenstroom zijn de interne bewegingen die door de conciërges worden uitgevoerd. Deze bewegingen zijn in de meeste gevallen herstellbewegingen omdat er bij de leveringen van sommige producten wat verkeerd is gegaan.

Op basis van de huidige situatie en de specificaties van de bezorgrobot leek vooraf dat de kantoorartikelenstroom en de postpakketstroom het meest geschikt zijn voor de robot om te vervoeren. De andere stromen kunnen niet door de bezorgrobot worden vervoerd, zonder dat de processen omtrent de goederenstromen veranderen. Idealiter zou er een centrale goederenontvangst zijn, van waaruit de goederen (met de robot, tijdens de proef) naar de andere gebouwen gedistribueerd worden. Het was in de voorbereiding niet mogelijk het gehele logistieke systeem op de campus aan te passen zodat er een centrale goederenontvangst en distributie over de campus mogelijk werd.

De geplande stromen bleken, door de beperkte bezetting bij BUas vanwege de COVID-19-maatregelen ten tijde van de proef, beperkt. Het volume van pakketten (stroom 2 uit de

opsomming eerder) was bijvoorbeeld minder dan 20% van het normale volume tijdens de lockdowns, omdat studenten en medewerkers zo veel mogelijk thuis werkten. Daarom is er tijdens de test ook ingezet op de vierde stroom; de stroom waar de conciërges bij betrokken zijn. In de praktijk bleken er een aantal praktische problemen (naast COVID-19-beperkingen); één daarvan is dat de conciërges maar zeer beperkt hebben meegedaan in de proeven (daarover later meer). In de loop van de proef is er ook nog aan andere stromen gedacht, zoals bibliotheekboeken. Ondanks interesse vanuit de bibliotheek, was het aantal verzendingen hier ook te beperkt door de geringe bezetting op de campus.

Een conclusie is dat de inzet van een robot gemakkelijker is bij een centrale logistieke organisatie; iets dat ontbreekt op de BUas-campus. Voor toekomstig onderzoek is een aanbeveling dus om eerst het logistiek systeem zo te organiseren dat de goederen die vervoerd moeten worden makkelijk aanstuurbaar zijn. Bij de bestaande decentrale organisatie is een goed werkend en makkelijk toegankelijk systeem voor orders en transportopdrachten noodzakelijk, maar dit bleek niet beschikbaar.

Product-journey: wie doet wat in de verplaatsingen op de campus

De tweede stap in het onderzoek was het opstellen van een plan, waarin wordt beschreven wie wat wanneer doet tijdens proef (op basis van een 'product-journey'). De verwachting was dat dit grotendeels zou volgen uit de inventarisatie van de geschikte stromen (zoals beschreven in het vorige deel), met dat verschil dat hier ook concreet de overdrachtsmomenten (laden-lossen), de mensen die hierbij betrokken zijn en de tijden waarop die gepland staan opgenomen worden.

Hierbij hoort ook een 'praktisch' calamiteiten plan, waarin wordt beschreven wie wanneer op welke wijze kan aangeven als er afwijkingen zijn op de planning (en daarmee op de benodigde mensen). Aangezien de goederenstromen 1 tot en met 3 niet in aanmerking kwamen voor de proef, of zeer beperkt waren door de minimale bezetting tijdens de proef door de COVID-19-maatregelen, hebben we dit deel vooral gericht op de conciërges, met name met betrekking tot voorlichting over de proef en de robot aan de conciërges.

Uiteindelijk hebben de conciërges nauwelijks gebruik gemaakt van de bezorgrobot tijdens de test. Om inzicht te krijgen in waarom conciërges al dan niet gebruik hebben gemaakt van de bezorgrobot hebben we er zes ondervraagd; van deze zes hebben twee de robot gebruikt, met als reden om eens mee maken hoe dat werkte. De overige vier gaven aan de robot niet te hebben gebruikt omdat de robot niet direct in de buurt was als het nodig was (de ad-hoc-activiteiten vragen daar eigenlijk om). Van de ondervraagden gaven drie conciërges aan voldoende informatie te hebben gehad om er gebruik van te maken, twee vonden te weinig informatie te hebben gehad, en een had hierover geen mening. Als reden om de robot niet te gebruiken werd ook aangegeven dat de robot niet helemaal naar de

juiste plaatsten ging en dat als ze toch spullen buiten moesten brengen en halen (omdat de robot niet binnenkwam) ze het kleine stukje tussen de verschillende gebouwen ook wel konden lopen.

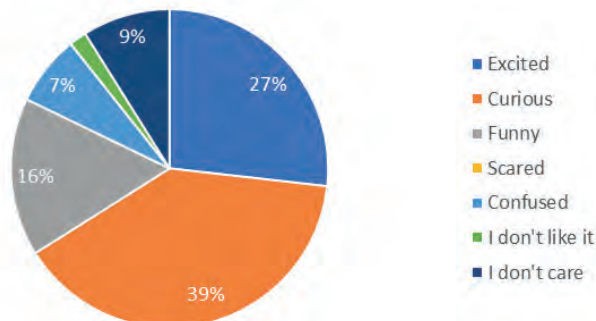
Uiteindelijk hebben we een aantal veldtesten met studenten gedaan, waarbij studenten verschillende zaken tussen de gebouwen hebben verstuurd, zodat er – ondanks de beperkte volumes tijdens de proef – wel getest kon worden.

Resultaten operationeel en perceptie

Binnen het onderzoeksdeel 'operationele prestaties en perceptie' hebben we verschillende zaken gemonitord tijdens de proef. Een deel van met name de technisch operationele prestaties is gepresenteerd in Weppner en Quak (2021). We beperken ons hier op zaken die nog niet elders zijn gerapporteerd.

Omgeving: perceptie voorbijgangers

Voor de daadwerkelijke test startte zijn een aantal mensen (totaal 17; vooral studenten – aangezien het verder vrij rustig was op de campus) op de campus ondervraagd over wat zij verwachten van een bezorgrobot. Het grootste deel gaf aan dat zij dachten dat een autonome bezorgrobot meer iets voor de toekomst zou zijn (77%). Evenveel mensen gaven aan dat ze verwachten zich veilig te voelen als de bezorgrobot volledig autonoom op de campus rond zou rijden. Tijdens de test zijn ook mensen ondervraagd die op dat moment op de campus waren (totaal 56 interviews). Bij het zien van de bezorgrobot gaf 61% van de ondervraagden aan dat ze dachten dat een dergelijke robot wel nuttig zou zijn (tegen 39% van niet). Figuur 3 geeft aan wat de eerste indruk was die de bezorgrobot maakte op de respondenten. Het grootste deel gaf aan dat ze er nieuwsgierig of enthousiast van werden. Geen van de ondervraagden vond de bezorgrobot eng.



Figuur 1 Wat is je eerste indruk als je de robot ziet

Na wat uitleg over de proef en de indruk die de ondervraagden op de campus zelf hadden gekregen van de robot is hen ook de open vraag gesteld wanneer ze een dergelijke robot nuttig zouden vinden en wanneer niet. Kort samengevat, de bezorgrobot kan vooral nuttig zijn als die volledig autonoom is en als de robot sneller is dan gewoon lopen. Dit komt overeen met de redenen waarom de bezorgrobot niet zinvol zou zijn: is het wel nodig voor dergelijke makkelijke taken, voor die korte afstanden en is de robot niet erg langzaam? Tabel 1 geeft de voornaamste redenen aan die voorbijgangers, die de robot zagen, noemde waar inzet nuttig of juist niet nuttig zou zijn.

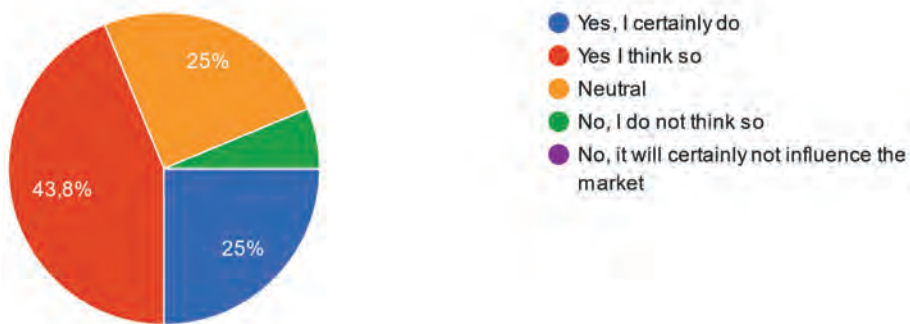
Tabel 1 Waar en waarom is een bezorgrobot nuttig (volgens voorbijgangers)

Reasons for if the respondent thinks that the robot will be useful	Reasons for if the respondent thinks that the robot NOT be useful
Only if it is fully autonomous	It is too expensive and complicated for such a simple task
In case of covid, in which case more people can stay home	Perhaps only if there would be more of them
Can be implemented in the center	distances are too short, the robot is redundant
Maybe it would work for small food delivery	jobs can be given to others, especially for something so simple
Maybe yes, but it perhaps would be better at a nursing home?	maybe it would be better applicable in a city center or an airport
Would work if there was a central hub	if its going to replace or get someone fired from their workplace
Supermarket delivery	Not for documents but maybe better for drinks and food for anyone to order
Super market delivery	If its is slower than walking then what is the point? As it is already simple to get or carry something from one building to the other
Would be more useful for teachers than students	It cannot go into building
If ist faster than walking	Its too simple
	A worker can do the same task, its not that complicated
	The distances are too short, maybe at bigger campuses like delft?
	Short distances
	Only if it can carry many things

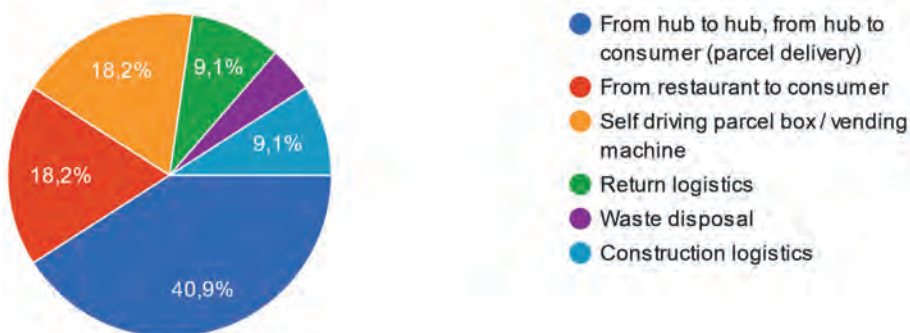
Perceptie in veldtesten bij meewerkende studenten

Gedurende de veldtesten hebben verschillende studenten meegewerkt in verschillende rollen; de meeste studenten hebben spullen verstuurd vanuit het ene naar het andere gebouw. Deze studenten hebben ook vragenlijsten ingevuld (voor en na de proef waaraan ze meewerkten). De belangrijkste resultaten van deze vragenlijsten worden hierna weergegeven; het gaat om 25 studenten in de leeftijd van 18-25 jaar; waarvan een kleine meerderheid een logistieke opleiding volgt, maar ook studenten van de opleidingen Urban development, Mobility en Spatial planning waren aanwezig. Daarnaast zijn ook de ervaringen van gebruikers op de campus vastgelegd en zijn ook voorbijgangers ondervraagd. Figuur 4 en Figuur 5 geven een indruk van wat de studenten die daadwerkelijk mee hebben gewerkt in de testen dachten van de robot.

148



Figuur 2 Denk je dat deze robots kunnen worden beschouwd als disruptieve technologie die een grote impact zal hebben op logistieke processen? (16 respondenten)



Figuur 3 Wat is volgens jou de meest interessante markt voor dit soort autonome bezorgrobots? (22 respondenten)

Op de vraag wat de studenten als de belangrijkste verbetering voor de (nabije) toekomst zagen, gaf 36 procent aan dat de robot sneller zou moeten gaan en 28 procent gaf aan dat het volume dat vervoerd kon worden moest verbeteren. Op basis van een aantal stellingen is de studenten is ook gevraagd naar hun verwachtingen op basis van de proef, waaraan ze hebben meegewerkt. De antwoordmogelijkheden waren: erg onwaarschijnlijk (1) – onwaarschijnlijk (2) – neutraal (3) – waarschijnlijk (4) en heel waarschijnlijk (5). De stellingen en scores zijn:

- De robot stopt constant voor obstakels: score 3,6
- Mensen zullen de robot gaan plagen/ pesten: score 2,9
- Het testen van innovatieve bezorgrobots is belangrijk voor commerciële toepassingen: score 4,1
- Elektrische bezorgrobots zijn belangrijk om de duurzaamheid in mijn stad te vergroten: score 3,7
- Het zal decennia duren voordat een bezorgrobot hetzelfde kan doen als mensen: score 3,5
- Autonome bezorgrobots zullen belangrijk worden in de logistiek van de laatste kilometer: score 3,9
- Autonome robots zullen het verkeer naar het stadscentrum verminderen: score 2,9
- Mijn stad moet de toepassing van autonome bezorgrobots stimuleren: score 3,8
- Mensen zullen zich veilig voelen als ze worden geconfronteerd met een autonome bezorgrobot: score 3,1.

Operationele prestaties

Naast de vragen aan omstanders en studenten is er tijdens de test ook bijgehouden wat de rijtijden waren van de bezorgrobot, hoelang het laden en lossen duurde als andere indicatoren. Gegeven de opzet van de veldtesten met studenten hebben deze tijden niet echt waarde voor onderzoek gehad; vaak zaten de studenten al klaar (of liepen ze de robot zelfs tegemoet), de afhandeling gebeurde vaak niet geheel autonoom (mede omdat de mensen van Airlift Systems altijd bij de robot aanwezig waren, dus ook bij het bezorgen of een pick-up, waardoor ze uitleg konden geven voordat mensen zelf probeerden uit te vinden hoe je iets in of uit de robot kon krijgen).

Toekomstige toepassingsgebieden

In het onderzoek hebben we ook gekeken naar mogelijke (toekomstige) toepassingsgebieden van bezorgrobots in het algemeen, maar wel gebaseerd op de (veldtest)ervaringen. In de vorige paragraaf is de vraag ook al aan de orde geweest, maar daar ging het vooral over waar de studenten en voorbijgangers aan dachten voor toekomstige mogelijkheden. Daarnaast zijn er ook twee onderzoekstages uitgevoerd waarin wat dieper werd ingegaan op de vraag waar en in welke context een (autonome) bezorgrobot echt waarde zou hebben.

Allereerst, er zijn verschillende soorten autonome bezorgrobots: de eerste groep bestaat uit de rijdende autonome bezorgrobots, oftewel de autonomous delivery robots. Hieronder vallen autonomous delivery vehicles, local delivery robots en on-premise robots. Autonomous delivery vehicles zijn autonome voertuigen die over de weg rijden. Ze lijken op auto's en hebben ook ongeveer die afmetingen. Vaak kunnen ze een afstand afleggen van ongeveer vijf tot twintig kilometer. Local delivery robots zijn kleine robots die over de stoep rijden. De kleine robots worden eerst vervoerd in het moederschip, vaak een bus. De kleine robots kunnen ongeveer vijf kilometer van het moederschip vandaan en snel kleine bezorgingen doen. De on-premise robots rijden in gebouwen op het eigen terrein. Deze robots lijken erg op Automated Guided Vehicles (AGVs) en komen vooral voor in ziekenhuizen of in horecagelegenheden. De tweede groep zijn de vliegende bezorgrobots, oftewel de unmanned aerial vehicles (UAVs). Hieronder vallen de korte afstand UAVs (denk aan drones) en de lange afstand UAVs; op deze tweede groep gaan we verder niet in deze evaluatie; zie voor verschillende voorbeelden en prototypen Ahkmet (2020) en Bierens (2020).

150

In dit deel van het onderzoek richten we ons op mogelijke toekomstige toepassingsgebieden van local delivery robots, zoals ook LOWIE is. *De veronderstelling is dat bedrijven leveringen niet efficiënt kunnen afhandelen, zich niet aanpassen aan onvoorziene eisen of zich ontwikkelen in de distributieomgeving zonder de juiste technologische middelen.* Vanuit het gebruikersperspectief hebben we een aantal mogelijke use-cases voor autonome bezorgrobots bestudeerd; hierbij keken we deels generiek (dus autonome bezorgrobots in het algemeen – zonder specifieke specificaties in gedachten), maar ook in het bijzonder voor het type (grootte, snelheid, etc.) dat is getest op de BUas-campus. Hierbij zijn we uitgegaan van twee mogelijke externe aanleidingen voor een gebruiker om een autonome bezorgrobot te willen, namelijk enerzijds de onpersoonlijke levering (een meerwaarde in tijden van COVID-19) en anderzijds als optie om de relatief dure last mile goedkoper te krijgen (doordat er geen chauffeur of bezorger meer voor nodig is, en normaal gesproken de kosten voor de chauffeur/bezorger een belangrijk aandeel vormen van de last-mile-kosten). *Om te begrijpen in welke bedrijfssegmenten bezorgrobots nuttig kunnen zijn, is er onderzoek gedaan in de stad Breda.* Om de huidige situatie van bedrijfssegmenten te begrijpen waar bezorgrobots mogelijk zouden kunnen worden geïmplementeerd, zijn er interviews met vertegenwoordigers van vier verschillende toepassingsgebieden gehouden. Op basis van deze interviews en het bureauonderzoek een is er business-model-canvasanalyse uitgevoerd voor deze vier distributiesegmenten: bezorging van maaltijden, bezorging van boodschappen, bezorging van farmaceutische producten en pakketbezorging.

Op basis van het *vooronderzoek* zijn interviews afgenomen bij een supermarkt, een maaltijden broodjeszaak, twee apotheken, een pakketbezorger, en een gemeente. Er is gekozen voor interviews met operationele mensen bij deze bedrijven omdat we specifiek de voors en

tegens wilden horen van de mensen in de organisaties die gebruik zouden maken van deze bezorgrobots – dus die echt in kunnen schatten wat dit betekent voor de klanten/cliënten die zij bedienen. (En dus niet voor innovatiemanagers of langere termijn planmakers, omdat veel van de langetermijnoordelen ook vanuit bureauonderzoek te identificeren zijn). De geïnterviewden staan in principe positief tegen het inzetten van een bezorgrobot, maar bij elk toepassingsgebied zijn er wel specifieke kenmerken die gemakkelijke implementatie van bezorgrobots lastig maken. Met betrekking tot de waardeproposities van de bezorgrobot per distributiesegment werd gebruik gemaakt van een business-model-canvas-analyse. Voor alle segmenten lijkt kostenreductie een belangrijke driver. Andere zijn: totale controle over distributieactiviteiten en een snel en transparant leveringsproces.

Bezorging van maaltijden

Op basis van de business-model-canvas-analyse lijkt dit segment het meest geschikt. Een robot zou vaak de maaltijdbezorger (fiets, scooter, auto) kunnen vervangen. Op dit moment bundelt zo'n bezorger nauwelijks bestellingen en is er dus per maaltijd naar een adres een bezorger nodig (dus deze vorm van bezorging is behoorlijk arbeidsintensief); ook vinden deze bezorgingen meestal plaats in een klein verzorgingsgebied (vanaf een restaurant). *Dit zou dus technisch haalbaar zijn met een bezorgrobot.*

Een aantal zaken moet goed geregeld zijn omdat maaltijden bederfelijk zijn. Er moet zekerheid zijn dat de robot op tijd aankomt (een koude pizza heeft geen waarde meer voor een klant) en idealiter gaat de bezorgrobot sneller dan de robot in de test op de BUas-campus, zodat er een groot aantal bezorgingen in de avond gemaakt kunnen worden met één robot (anders wordt het relatief duur); mogelijke oplossingen zouden technisch van aard kunnen zijn, denk hierbij aan warmte-eenheden, en koude-compartimenten in een bezorgrobot, zodat de maaltijden (en dranken) op temperatuur de last-mile tussen horecagelegenheid en thuis klant kunnen afleggen.

Bezorging van boodschappen

Zeker tijdens de COVID-19-periode heeft online boodschappen doen (en het thuisbezorgen, maar ook het aantal pick-uppoints) een vlucht genomen. Voor dit segment geldt dat thuisbezorging vooral vanuit een nationaal netwerk van de desbetreffende supermarkten plaatsvindt. Vanuit speciale home-delivery depots worden de boodschappen gepickt en op klantniveau gesorteerd. In grote vrachtwagen gaan ze naar lokale verdeelpunten van waaruit de thuisleveringen in kleinere voertuigen worden gemaakt. (Soms zit de stap van depot naar verdeelpunt er niet in, als een het verzorgingsgebied direct vanuit een depot wordt beleverd). Een (zeer) beperkt deel van de thuisleveringen (of pick-upspots) wordt in Nederland vanuit supermarkten gepickt; de grootste kansen voor de bezorgrobot worden hier ingeschat om 'vergeten boodschappen' vanuit de lokale supermarkt naar lokaal wonende klanten te bezorgen, maar niet zo zeer als vervanging van alle thuisleveringen;

dit lijkt nog te duur (er zouden en veel robots voor nodig zijn, en de kostenbesparing is niet zo groot aangezien een chauffeur/bezorger vrij veel klanten in een ronde bedient (in tegenstelling tot de 1-op-1 beleving van maaltijden bij het vorige punt). De (bestaande) afstanden in het thuislevernetwerk van supermarkten zijn ook te groot om geheel door bezorgrobots te worden afgelegd; dit zou betekenen dat er of een bestelbus (moederschap) met robots naar een wijk moet gaan om vanaf daar autonoom te bezorgen (maar dan wordt het kostenvoordeel van geen bezorger deels weer te niet gedaan), of er zou vanuit een supermarkt bezorgd moeten worden (maar dan wordt het orderpick-proces per klant weer veel minder efficiënt). Op korte termijn lijkt er voor dit segment dus geen reële businesscase. Voor het opkomende segment van 'flitsbezorging', zoals bijvoorbeeld de snelle boodschappendienst Gorillas, zou er – als dit segment toekomstbestendig blijft – wel vergelijkbare mogelijkheden liggen als bij de bezorging van maaltijden.

Bezorging van farmaceutische producten

Qua logistieke structuur zou de (thuis)bezorging van medicijnen vanuit een apotheek naar klanten goed passen bij de kenmerken van een bezorgrobot. Het aantal leveringen per dag is relatief laag (tussen de 20 met maximaal 80 op drukke dagen) en veel van de ontvangers wonen dicht bij de apotheek. In principe zijn er twee soorten bezorgingen, brievenbusleveringen en pakketleveringen, die nu door de apotheker zelf worden georganiseerd (en met een bezorger in een auto worden uitgevoerd). Wel moet met name in het afleveren nog wat geleerd worden voor een robot. De robot moet verder worden ontwikkeld: de brievenbusleveringen moeten in een brievenbus (ook als er niemand thuis is die die aan kan nemen/uit de robot kan halen) en de pakketleveringen moeten tot in huis worden kunnen gebracht (omdat een deel van de cliënten beperkt mobiel is; dit betekent dat een robot dan eigenlijk ook achter de voordeur moet kunnen bezorgen en dus ook trappen op en af moet kunnen). Afhandeling van bezorging van met het scannen van QR-codes kan voor een deel van de cliënten in dit segment ook een barrière vormen (net als de communicatie via internet/smartphones). Het onpersoonlijk, juist als het om het verlenen van zorg (ook al is het bezorgen van medicijnen), gaat, wordt verwacht een extra barrière te zijn. In het kort: qua logistieke karakteristieken lijkt deze markt dus te passen, maar qua afnemers minder.

Pakketbezorging

Het laatste segment in dit onderzoek was de beleving van pakketten. Op het eerste gezicht (zie bijvoorbeeld ook Figuur 5) lijkt dit voor de meeste mensen geschikt voor de bezorgrobot. Met name het grote volume pakketten maakt het moeilijk om een bezorgrobot, zoals die getest is op de BUas -campus als serieuze optie te zien voor de bezorging van pakketten; een pakketbezorger heeft vaak al rond de 200 pakketten in zijn route (bestelbus); dit zou gegeven de grootte van de bezorgrobot betekenen dat de vervanging van een bestelbus circa 20 robots zou vergen. Door de efficiëntie in de huidige last-mile-rondes, zou het dus

ook veel duurder worden. Mogelijke oplossingen die wel genoemd zijn voor dit segment (qua robotisering) zijn een autonoom lockervoertuig (waarin veel pakketten passen, dus een soort grote bezorgrobot die op bepaalde plaatsen kan staan als afhaallockerbox). Ook zou het zwermen uit een moederschip, zie ook de bezorging van boodschappen, een optie kunnen zijn om wel veel pakketten te kunnen bezorgen. Maar dit is dus nog een paar stappen verder dan alleen een autonome bezorgrobot.

Leerervaringen

Ruim 1,5 jaar hebben ALS, FMN en BUAs voorbereidingen getroffen voor de test met de autonome en elektrische bezorgrobot op de BUAs-campus. Uiteindelijk heeft het geresulteerd in een goede samenwerking in de vorm van een Learning Community: commerciële partners (hardware leverancier, verzekeraar, management), overheidspartners (gemeente, regio) en onderwijsinstellingen (naast de BUAs, ook de Hogeschool van Rotterdam en de Hogeschool van Amsterdam). Op 28 september 2020 werd de opening verricht door wethouder Adank van de gemeente Breda. De robot heeft vervolgens ruim 4 weken op de campus gereden. De test werd in deze periode beïnvloed door technische problemen van de robot, de impact van COVID-19 op de drukte op de campus en, in het verlengde daarvan, het beperkte logistieke aanbod.

153

In de periode na de opening van de Learning Community blijkt de bezorgrobot technische problemen te ondervinden, waardoor de veiligheid niet gegarandeerd kon worden. Gedurende de test hebben er daardoor continue twee operators nabij de robot gelopen. De technische problemen hebben naast de verminderde drukte op de campus – door de Covid-19-pandemie waren dagelijks slechts 20% van de werknemers en studenten op de campus aanwezig – grote invloed gehad op uitvoering en het onderzoek. Natuurlijke confrontaties tussen personen en de robot hebben nauwelijks plaatsgevonden. Als gevolg hiervan zijn er in totaal zeven veldtesten uitgevoerd met studenten van de BUAs, de Hogeschool van Rotterdam en Hogeschool van Amsterdam om situaties (voorwerpen voor de robot, veel aanbod in korte tijd, annuleren van bestelling) met de robot te simuleren. In totaal hebben ruim 30 studenten van opleidingen in logistiek, ruimtelijke ordening en mobiliteit in de vorm van projectgroepen, stages en minoropdrachten onderzoek gedaan naar de impact van autonoom rijden in hun domein.

De voorbereiding, uitvoering en evaluatie van het project heeft uiteindelijk drie discussies/leerpunten opgeleverd.

Na deze Proof-of-Concept een toepassing op (bedrijven)campus of winkelcentrum

De test op de campus van BUAs was vooral een technische 'proof-of-concept' van de bezorgrobot. In deze proef is de stand van de techniek getoetst – hoewel er maar één hardwareleverancier heeft deelgenomen - en een toepassing in de openbare ruimte onderzocht. De logistieke

processen bij de BUAs sloten niet aan bij de wenselijke logistieke structuur om een bezorgrobot goed te testen en bovendien bleken de stromen die wel in aanmerking kwamen veel kleiner doordat het als gevolg van de COVID-situatie veel rustiger dan gebruikelijk was qua mensen en (goederen)verplaatsingen op de campus, voor vervolgonderzoek/nieuwe testen zouden de volgende punten meegenomen moeten worden:

- het logistieke systeem is gecentraliseerd, vanuit één locatie te organiseren;
- de informatiestromen die bij de verschillende fysieke stromen horen ook goed in kaart te hebben;
- een goed systeem te hebben voor de informatie over en communicatie met een robot, de ontvangers en verzenders weten dat op verschillende wijzen toegankelijk is (en niet alleen via mobiele telefoonnummers).

Interessante toepassingsgebieden om verder te verkennen met een dergelijke autonome bezorgrobot, zoals LOWIE, zijn:

- (grotere) campussen, zoals van een universiteit of bedrijventerrein (High-tech Campus)
- Bedrijventerreinen, of bedrijfslocaties,
- Winkelcentra (en dan in het bijzonder (overdekte) winkelcentra, waar de goederenontvangst centraal is georganiseerd (qua locatie) voor veel verschillende winkels, om stromen tussen verschillende gebouwen te vervoeren.

Voorwaarde is dat de proef in een gecontroleerde omgeving samen met de logistieke dienstverleners plaatsvindt.

Focus op techniek; aandacht voor ethiek

Wanneer is een dergelijke bezorgrobot ook een voertuig in juridische zin? De robot heeft immers geen bestuurder aan boord. Daarom heeft het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in 2018 de Experimenteerwet aangenomen, waarmee het mogelijk wordt om in een gecontroleerde omgeving voertuigen, zoals een autonome shuttle of een bezorgrobot, zonder bestuurder te testen. In deze proef reed de bezorgrobot maximaal 5 km/uur (stapvoets) over een openbaar toegankelijk terrein, dat vooral gebruikt wordt door voetgangers, fietsers en in beperkte mate werkverkeer. Hiervoor zijn bij de gemeente Breda tijdelijke verkeersmaatregelen aangevraagd in de vorm van attentie verhogende borden (zie Figuur 2).

Op het technische vlak is een rol van de Rijksdienst voor het Wegverkeer (RDW) weggelegd. Zij waren in deze proof-of-concept niet betrokken, omdat vooralsnog niet duidelijk is of een bezorgrobot – mits de snelheid minder dan 5 km/uur is – ook als een voertuig gezien kan worden (of is het een robot?). Daarnaast speelt ook het kostenaspect een rol. De kosten voor een (technische) voertuigkeuring van de RDW en aanverwante organisaties (aangaande de

route) bedragen circa € 50.000,- tot € 100.000,-. Die kosten staan niet in verhouding tot de projectbudgetten voor een proef van zes weken met een autonome bezorgrobot (zonder passagiers). Een RDW-light-keuring, gericht op de techniek van de robot en afgestemd op de complexiteit van de route en de omgeving, zou het proces hebben vertraagd, maar de technische problemen mogelijk hebben verholpen.

Voor toekomstige proeven is de ambitie om een dergelijke robot op afstand te monitoren. De stand van de techniek heeft aangetoond dat dat in de huidige situatie in de openbare ruimte met aanwezigheid van andere weggebruikers nog niet verantwoord is; in de proef op de BUas-campus heeft de verzekeraar aangegeven dat de operator visueel contact moet houden met het voertuig.

Tot slot is er in dit proces ook gesproken over het ethische aspect van het testen met autonome robots. Met een toenemend aantal proeven met autonome robots en shuttles komen steeds meer mensen in aanraking met dergelijke robots. Ethische toetsing van het project kan belangrijk zijn vanwege de impact van een robot op intermenselijk verkeer in de openbare ruimte.

Deelnemers vooral benieuwd naar nieuwe technieken; doelmatige toepassing vraagt om aanwezigheid van 'Early adaptors'

155

Eerdere praktijkproeven, onder andere met een autonome shuttle in de haven van Drimmelen in 2019, hebben aangetoond dat veel van de geïnteresseerden in autonome voertuigen vooral nieuwsgierig en benieuwd naar innovatie zijn. Hetzelfde beeld zien we terug in de – niet representatieve – onderzoeken naar betrokkenen in deze pilot. Ook hier gaven BUas-medewerkers, studenten en enkele voorbijgangers aan dat ze vooral nieuwsgierig zijn naar de fysieke vertoning van de robot en het functioneren.

Voor toekomstige proeven met autonome voertuigen (robots en/of shuttles) kan worden verondersteld dat er in de geïnteresseerden drie doelgroepen zijn te onderscheiden:

1. Belanghebbenden bij de proef, in dit geval werknemers (facilitaire medewerkers, Servicedesk en enkele docenten) van BUas, die daadwerkelijk op een doelmatige wijze van de dienst gebruik maken. In proeven met autonome shuttles zijn dat werknemers of bewoners die voor woon-werk-(of school-thuis-)verplaatsingen van de dienst gebruik maken. Deze doelgroep maakt in principe meerdere keren van de dienst gebruik.
2. Geïnteresseerden in de proef, in dit geval voorbijgangers, die de proef in de media vernemen, 'het wel eens willen meemaken' en van de dienst gebruik maken of komen kijken. Vaak komt deze groep één of soms twee keer van de dienst gebruik maken, hoofdzakelijk om recreatieve redenen.

3. Vakmatige doelgroep, die werkzaam is in het mobiliteits-, logistieke of ruimtelijke domein, en zodoende een beroepsmatige interesse heeft in innovatieve ontwikkelingen. Vaak meer interesse in de techniek en functionaliteit.

Onze ervaring leert dat bestaande menselijke handelingen en processen (gewoontes), niet zomaar vervangen worden door een robot. Een toekomstige proef met een bezorgrobot zou vanuit het oogpunt van adoptie moeten plaatsvinden in een gebied met relatief veel 'early adopters', consumenten of bedrijven die open staan voor innovaties en de toegevoegde waarde zien van deze proeven.

Conclusie

De proef met de autonome bezorgrobot LOWIE ons veel geleerd op verschillende vlakken. Op operationeel en technisch vlak moeten er nog wel stappen worden gezet om een dergelijke autonome bezorgrobot ook echt in de dagelijkse praktijk in te kunnen zetten. Naast een voertuig, dat werd getest in deze proef, moet het logistieke systeem hier ook op ingesteld zijn. Dit was in deze proef zeker niet geheel het geval (mede door omstandigheden veroorzaakt door de beperkte aanwezigheid van studenten en medewerkers tijdens door de COVID-restricties). Ook het systeem dat verzenders en ontvangers gebruikten tijdens de proef was nog niet goed genoeg om het gemakkelijk te maken voor gebruikers. Ook is het nog zoeken naar welke toekomstige toepassingsgebieden goed passen bij een autonome bezorgrobot; er liggen zeker mogelijkheden, maar er moet nog meer gekeken worden wat er echt vanuit verschillende toepassingsgebieden nodig is – dus iets meer vraaggestuurd dan alleen technology-push.

Aan de andere kant is technology-push, zoals in deze proef, soms ook nodig om mensen na te laten denken over mogelijke toepassingen en voor het verder ontwikkelen van de technologie. Deze proef heeft laten zien dat juist door de grote zichtbaarheid er veel aandacht was voor logistiek op de campus van de BUAs, terwijl dit normaal niet zo opvallend is. Hierdoor was het voor studenten leuk en interessant om bij te dragen aan veldtesten en onderzoek, maar ook voor andere BUAs-academies en medewerkers werd logistiek hierdoor zichtbaarder. De waarde van de test is daarmee groter dan de technische en operationele haalbaarheid alleen; De test draagt ook bij aan in het onderwijs en heeft studenten geholpen kritisch te kijken naar last-mile-distributie en de mogelijkheden van de techniek.

Erkenning

De proef met de autonome bezorgrobot is een gezamenlijk project van Airliftsystems uit Qatar (ALS), The Future Mobility Network (FMN) en Breda University of Applied Sciences (BUas), in samenwerking met de gemeente Breda, de regio West-Brabant en het Logistics Community Brabant (LCB). De resultaten in deze bijdrage zijn mede gebaseerd op de onderzoekstages van Alem Ahkmet, Dmitry Ananichev, Nikki Bierens en Thom Elegeert.

Referenties

Ahkmet, A. (2020) Delivery robot – market potential, dd. 4-12-2020. Internship report.

Ananichev, D. (2020) Autonomous delivery robot – implementation on BUas campus, 3-12-2020. Internship report.

Bierens, N. (2020) Delivery robots for last mile deliveries, dd. 2-7-2020. Internship report.

Elegeert, T. (2020) Logistics Facility Hub on the BUas Campus - Haalbaarheidsonderzoek voor de toelevering van facilitaire goederen via een Hub een doormiddel van een AGV, dd. 2-7-2020. Stageverslag.

Weppner, J. en H. Quak (2021) Technical & operational evaluation report automated logistical robot on BUAS campus. https://pure.buas.nl/ws/portalfiles/portal/10805894/Weppner_Quak_Achtergrondrapport_technische_evaluatie_bezorgrobot_BUas_campus.pdf