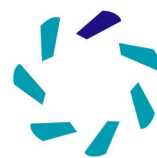
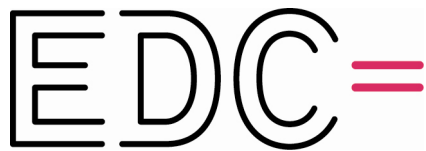


**Ontwikkeling van een realistische
bevallingssimulator voor teamtraining van
obstetrisch en gynaecologisch personeel**

**Rapportage prototype ontwikkeling en demonstratie in
het kader van de Pieken in de Delta subsidieregeling**

Januari 2010

Project met financiële steun van de subsidieregeling Pieken in de Delta Zuidoost-Nederland, een gezamenlijk programma van het Ministerie van Economische Zaken, de provincies Noord-Brabant en Limburg en het Samenwerkingsverband Regio Eindhoven, gericht op de ontwikkeling van Zuidoost-Nederland tot een toptechnologie-regio.



máxima
medisch centrum



Technische Universiteit
Eindhoven
University of Technology

Eindrapportage Pieken in de Delta project

Ontwikkeling van een realistische bevallingssimulator voor de training van obstetrisch en gynaecologisch personeel

Management samenvatting

Het project “Ontwikkeling van een realistische bevallingssimulator voor teamtraining van obstetrisch en gynaecologisch personeel” is uitgevoerd dankzij de steun van PID Zuidoost-Nederland. In een eerdere subsidieregeling, Stimulus, het Europese economische stimuleringsprogramma voor de Regio Noord Brabant, heeft verkennend onderzoek plaatsgevonden naar de ontwikkeling van medische simulatietraining. De daarin behaalde resultaten gaven aanleiding tot de aanbeveling te komen tot verbetering van patiëntenzorg en -veiligheid door toepassing van geavanceerde technologieën in het opleiden en trainen van medisch personeel.

In dit project hebben deskundigen uit meerdere disciplines van het European Design Centre, het Máxima Medisch Centrum, MedSim en de TU Eindhoven samengewerkt. De doelstelling van het project was om een grote stap voorwaarts te maken op het gebied van medische teamtraining door combinatie van technologieën waaronder 3D-tracking, virtual en augmented reality en robotica.

Een groot voordeel van simulatietraining is de mogelijkheid tot het trainen van weinig voorkomende of risicovolle klinische situaties die onethisch geacht worden om met echte patiënten uit te voeren. In dit project is ingezoomd op het specifieke gebied van de verloskunde maar het is duidelijk dat vooruitgang op dit ene gebied zich probleemloos laat vertalen naar andere gebieden.

Het huidige rapport beschrijft de route zoals die werd gevolgd door de projectpartners. Het liep van de identificatie van de bestaande technologie,

het bepalen van de vraag, het concretiseren van concepten en het ontwikkelen van de benodigde onderdelen.

De projectsamenwerking tussen de verschillende organisaties was ook gericht op het opbouwen en het implementeren van de High-Med Campus, een plaats waar kennisintensieve bedrijven en kennisinstellingen elkaar kunnen ontmoeten.

Als onderdeel daarvan is op 10 december 2009 het multidisciplinair simulatiecentrum Medsim in Eindhoven officieel geopend door Minister van Economische zaken mevrouw M. van der Hoeven tijdens een demonstratie “Bevallingsscenario met keizersnede en tangverlossing” door prof. dr. S.G. Oei.

Executive summary

The project “Development of a realistic delivery simulator for team training of obstetric and gynaecological staff” is carried out thanks to the support of PID Zuidoost-Nederland. In a former grant scheme, Stimulus, the European economic development programme for the region Noord Brabant, an investigating research was executed to the development of medical simulation training. The obtained results caused the recommendation to improve the care and safety for patients by applying advanced technology during the education and training of medical staff.

Experts from various disciplines working at the European Design Centre, the Máxima Medical Centre, MedSim and the Technical University Eindhoven have cooperated. The objective of the project was to make a big step forwards in the area of medical team training through integration of technologies like 3D-tracking, virtual and augmented reality and robotics. A major advantage of simulation training is the possibility to train risky clinical situations with only a slight possibility to occur and which cannot be performed on real patients for ethical reasons. This project has specifically focused on obstetrics; however, it is obvious that this field of interest can smoothly be transferred to other areas.

The current report describes the route that was taken by the project partners. It includes the identification of the state of the art of the technology, the

determination of the requirements, the realization of the concepts and the development of the necessary components.

The project collaboration between the various partners was also aimed at the set-up and implementation of the High-Med Campus, a place where knowledge intensive companies and knowledge institutes could meet each other. On December 10, 2009, the multi-disciplinary simulation centre Medsim in Eindhoven was inaugurated by the Minister of Economical Affairs Mrs. M. van der Hoeven during a demonstration “Delivery scenario with Caesarean and forceps delivery” by prof. dr. S.G. Oei.

Inhoudsopgave

Eindrapportage Pieken in de Delta project Ontwikkeling van een realistische bevallingssimulator voor de training van obstetrisch en gynaecologisch personeel	5
Management samenvatting	5
Executive summary	6
Inhoudsopgave	9
Projectomschrijving	11
1. Projectomschrijving.....	13
1.1 Betreffende de organisatorische aspecten	14
1.2 Betreffende de scenario-ontwikkeling [g.Oei]	15
1.3 Betreffende de technologie.....	19
1.4 Pieken in de Delta	20
1.5 Projectpartners	21
1.5.1 Máxima Medisch Centrum.....	21
1.5.2 MedSim	22
1.5.3 Technische Universiteit Eindhoven.....	22
1.5.4 European Design Centre	23
2. Onderzoek en ontwikkeling.....	25
2.1 Simulatietraining [O. Schimmel].....	27
2.1.1 Introductie.....	27
2.1.2 Waarom simulatietraining?	28
2.1.3 Ontwerp van medische simulatietraining	29
2.1.4 Systematische benadering	31
2.2 Scenario [A. Mérien, O. Schimmel].....	32
2.2.1 Training Noodzaak Analyse	32
2.2.2 Training Programma Design.....	34
2.2.3 Training Media Specificaties.....	38
2.2.4 Training Evaluatie.....	43
2.3 Simulatiesysteem (F. Delbressine).....	44

2.4	Hardware (F.L.M. Delbressine).....	50
2.4.1	Navelstreng obstructie detector (patent aangevraagd) (L. Feijs, F. Delbressine, J. Hu, P. Peters)	50
2.4.2	Skin color generering voor babymannequins t.b.v. APGAR scoring (patent aangevraagd) [F. Delbressine, L. Feijs, G. v.d. Boomen, P. Peters].....	51
2.4.3	Spierspanning generering voor babymannequins [T. Heesterbeek, F. Delbressine]	51
2.4.4	Moro-reflex voor babymannequins [T. Heesterbeek, F. Delbressine].....	53
2.4.5	Hartslag generering voor babymannequins [M. Croes, L. Feijs]	55
2.4.6	Een compact uitdrijfmechanisme [F. Delbressine].....	58
2.4.7	Babymannequin.....	61
2.5	Software [J. Hu, R.Laat, R.Daamen, P.Willems].....	67
2.5.1	MedSim Messaging Protocol.....	67
2.5.2	Simulator Software [R.Laat].....	70
2.6	Virtual/Augmented Reality [R.Daamen, P. Willems]	77
2.6.1	Inleiding	77
2.5.2	Simuleren van bloedsroming bij een keizersnede	78
2.7	Video tracking.....	80
2.7.1	Introductie.....	80
2.7.2	Oplossingen: Omgaan met dynamische belichting.....	81
2.7.3	Oplossingen: Een snel volg-algoritme gebaseerd op het mean-shift concept.....	81
2.7.4	Oplossingen: Patroonherkenning gebaseerd op een grafische theorie	82
2.8	Conclusie.....	84
3.	Literatuur.....	87
	Colofon	93

Projectomschrijving



1. Projectomschrijving

In dit project is samengewerkt door het European Design Centre, het Máxima Medisch Centrum, MedSim en de TU/e. De doelstelling van het project was om een grote stap voorwaarts te maken op het gebied van medische teamtraining door combinatie van technologieën waaronder 3D-tracking, virtual en augmented reality en robotica.

De achtergrond van dit project is het inzicht dat in de toekomst medische teamtraining een steeds grotere rol zal spelen bij het bewaken van de kwaliteit en de kosten van de gezondheidszorg. Door regelmatige training en toetsing van multidisciplinaire zorgteams in gesimuleerde spoedsituaties is het mogelijk om reflectie te geven op zowel de klinische kennis en vaardigheden, als de communicatie en samenwerking. De visie van dit project is dat regelmatige teamtraining in gespecialiseerde simulatiecentra een grote vlucht zal nemen en zal leiden tot hogere kwaliteit en lagere kosten in de gezondheidszorg. Dit zal worden bereikt door:

- 1) Verbetering van de competentie communicatie van medische en verpleegkundige professionals in spoedsituaties
- 2) Trainen, onderhouden en toetsen van de competentie samenwerking van medische en verpleegkundige professionals in spoedsituaties
- 3) Leren van nieuwe vaardigheden aan medici en verpleegkundigen in opleiding in een realistische setting zonder dat patiënten hierbij gevaar lopen

In dit project is ingezoomd op het specifieke gebied van de verloskunde maar het is duidelijk dat vooruitgang op dit ene gebied zich probleemloos laat vertalen naar andere gebieden. Om bovenstaande visie dichterbij te brengen is gewerkt aan drie belangrijke complementaire aspecten: namelijk organisatie, scenario-ontwikkeling en technologieontwikkeling.

1.1. Betreffende de organisatorische aspecten:

In dit Pieken in de Delta project waren partnerorganisaties betrokken met verschillende organisatorische structuren als ook verschillende werkmethodeken die niet altijd verenigbaar zijn. De gehanteerde projectorganisatiestructuur bestond uit verschillende werkgroepen die over verschillende perioden actief waren en zich richtten op verschillende aspecten van de ontwikkeling, waaronder niet alleen technische aspecten maar ook op de implementatie in de trainingsomgeving van Medsim. Wat betreft de ontwikkeling zijn de verantwoordelijkheden globaal verdeeld over de volgende gebieden:

- Medische scenario's: onder verantwoordelijkheid van MMC met substantiële inbreng van EDC en TU/e voor de omzetting van het scenario naar de technische stroomschema;
- Software + Augmented Reality + Virtual Reality": onder verantwoordelijkheid van EDC
- Hardware + mannequin elements: onder verantwoordelijkheid van TU/e - Integratie van hardware and software componenten: Werkgroep met deelnemers van EDC, TU/e, Medsim en MMC;
- Management van de teams en het totale project: onder verantwoordelijkheid van EDC.

Een gedetailleerde planning met duidelijk omliggende doelstellingen en deadlines was vastgesteld, zodat we ons verzekerden van de tijdige oplevering van alle componenten voor de officiële opening van Medsim's nieuwe huisvesting met een openbare demonstratie voor de media, deskundigen en regeringsvertegenwoordigers.

Tegelijkertijd is een nauwe koppeling onderhouden met de "Dutch Society for Simulation in Healthcare (DSSH)" (Nederlandse Vereniging voor Simulatie in de Gezondheidszorg) via de centrale betrokkenheid van MMC en Medsim in de projectorganisatie. De DSSH heeft een belangrijke rol gespeeld tijdens

het project omdat het voorzag in de verspreiding van de ontwikkelingen, discussies over de behoeften van medische professionals en de toekomst van medische simulatie en ook voorzag als belangrijke schakel in de ontwikkelingen van medische simulatie in een netwerk met veel relevante organisaties.

Alles overziend kan worden geconstateerd dat de structuur die is toegepast in het Pieken in de Delta project bewezen heeft flexibel en aanpasbaar te zijn wat betreft de specifieke behoeften in de verschillende ontwikkelingsfasen.

1.2. Betreffende de scenario-ontwikkeling [G. Oei]

Inleiding

Veel van de 30.000 patiënten die jaarlijks onnodig blijvende schade oplopen in Nederlandse ziekenhuizen, zijn het gevolg van het onvoldoende op elkaar ingespeeld zijn van medische teams. (NRC, 2005; Kohn et al., 1999; HealthGrades, 2004) Teamtraining in gesimuleerde situaties blijkt belangrijk bij te kunnen dragen aan het voorkómen van deze fouten. (Sachs, 2005; Leape, 2005; Draycott et al., 2006; Grogan et al., 2004). In het medisch simulatie centrum Medsim in Eindhoven worden multidisciplinaire team trainingen gegeven aan medische teams. Eerst is begonnen met het trainen van verloskundige teams. Alle gynaecologen, arts-assistenten, verloskundigen en verpleegkundigen van 24 Nederlandse ziekenhuizen worden in Medsim getraind in spoedscenario's. In totaal zullen meer dan 150 verschillende teams worden getraind. De multidisciplinaire trainingen met een bevallingsimulator zijn oorspronkelijk ontwikkeld in het Máxima Medisch Centrum in het Veldhoven (Oei, 2006; Oei et al., 2006; Crul, 2006; Oei, 2006) met als doel om het aantal medische fouten tijdens de bevalling te doen afnemen. Uit een analyse van de resultaten van de teamtraining is gebleken dat het aantal kinderen met een slechte start na de geboorte (navelstreng pH < 7,05) is afgenomen van 1,8% naar 0,4%. Het doel van de trainingen in Medsim is om het aantal kinderen in Nederland met een slechte start en daardoor blijvende schade met 50% te doen afnemen. De resultaten van dat onderzoek zullen echter pas over 2 jaar bekend zijn. In dit hoofdstuk wordt

de evaluatie beschreven door deelnemers van de eerste 10 trainingen in Medsim.

Opzet van de training

Als onderwijskundig uitgangspunt voor de training is het sociaal constructivisme genomen (Morrison et al, 2004) . Om de context van de training levensecht te maken vindt deze plaats in een volledig nagebouwde verloskamer die deel uitmaakt van een medisch simulatiecentrum. De deelnemers maken gebruik van alle materiaal dat nodig is voor de uitoefening van de patiëntenzorg. Om de werkelijkheid zo dicht mogelijk te benaderen wordt tijdens de training gebruikgemaakt van high fidelity 'fullbody patient simulators' (Noelle®, Gaumard Miami Florida, USA) en ECS, METI Sarasota Florida, USA. Voor de simulatie van een spoedkeizersnede wordt de nieuwe sectio simulator gebruikt.

De doelstelling van de training is het vergroten van de deskundigheid van een multidisciplinaire groep medewerkers op de verloskamers (gynaecoloog, arts-assistent, verloskundige, gespecialiseerde verpleegkundige en kraamverzorgende). En het voorkómen van inadequate communicatie tijdens vijf acute verloskundige situaties.

Uitvoering van de training

Allereerst vindt informatie over een casus plaats en worden de regels van de uitvoering van de casus en het samenspel uitgelegd. De uitvoering van de casus kenmerkt zich door een rollenspel. Op deze manier leren de deelnemers in een complexe context en in samenwerking met anderen. Voordat met het rollenspel wordt begonnen, wordt aangegeven wat de deelnemers van de patiëntsimulator kunnen verwachten. De patiëntsimulator bestaat uit een barendende vrouw met kind. Op deze manier kunnen de deelnemers het gehele geboorteprocess volgen, van het begin van de weeën tot en met de bevalling en het nageboortetijdperk. Dit biedt de mogelijkheden om Advanced Life Support (ALS) en obstetrische procedures te oefenen. De leden van de doelgroep voeren tijdens de training dezelfde taak uit die zij in

hun dagelijkse werkzaamheden uitvoeren. Elke simulatie begint met een introductie (briefing) van de casus door middel van een korte video van 3 minuten. Daarna vindt de simulatie plaats gedurende 10 minuten. De nabespreking (debriefing) wordt gedaan aan de hand van videobeelden van de gehele simulatie. Bij elke training zijn 2 instructeurs aanwezig: een communicatiedeskundige en een medisch deskundige (gynaecoloog). Eerst wordt de communicatie en samenwerking besproken en daarna de medische kennis en vaardigheden. In totaal duurt de training één dag.

Evaluatie training

Direct na de training vullen de deelnemers een evaluatieformulier in. De vragenlijst bestaat uit 31 items. In dit onderzoek worden de 5 vragen geanalyseerd die betrekking hebben op de manier waarop de deelnemers de training hebben ervaren.

Tabel 1. Evaluatie van de eerste 10 team trainingen in Medsim

Schaal	Vraag
1-5	Door deze training zal ik effectiever handelen in toekomstige hoogrisico situaties
1-5	Ik heb nieuwe kennis opgedaan op het gebied van communicatie en samenwerking
1-5	Ik heb nieuwe medische kennis en vaardigheden opgedaan
1-5	Teamtraining zal meehelpen vermijdbare medische schade te voorkomen
1-5	Teamtraining in verloskundige spoedsituaties is noodzakelijk
1-10	Overall cijfer voor deze training

Resultaten

Het aantal deelnemers bedroeg 69 personen, waarvan alle de vragenlijst hebben ingevuld. Dit betroffen 11 gynaecologen, 18 verloskundigen, 4 arts-assistenten en 36 verpleegkundigen.

Tabel 1. Evaluatie van de eerste 10 team trainingen in Medsim

Gemid .Cijfer	Vraag
4,3	Door deze training zal ik effectiever handelen in toekomstige hoogrisico situaties
4,5	Ik heb nieuwe kennis opgedaan op het gebied van communicatie en samenwerking
4,2	Ik heb nieuwe medische kennis en vaardigheden opgedaan
4,8	Teamtraining zal meehelpen vermijdbare medische schade te voorkomen
4,7	Teamtraining in verloskundige spoedsituaties is noodzakelijk

Het gemiddelde totaal cijfer dat arts-assistenten en gynaecologen hebben gegeven voor een dag training in Medsim was 8,4 (spreiding 8-9,5). Verloskundigen hebben de trainingen gewaardeerd met een 8,5 (spreiding 8-9) en verpleegkundigen met een 8,8 (spreiding 8-10).

Beschouwing

De term 'crew resource management' (CRM) is afkomstig uit de luchtvaartindustrie. De Institute of Medicine (IOM) en de Healthcare Research and Quality suggereren dat patiëntveiligheid kan worden verbeterd door CRM in te voeren in de gezondheidszorg. Er is aangetoond dat het geven van teamtraining aan klinische teams leidt tot verbeteringen met betrekking tot het omgaan met vermoeidheid, teambuilding, communicatie, herkenning van gevaarlijke situaties, besluitvaardigheid en geven van terugkoppeling. [7] Bij de trainingen in Medsim hebben we het eerder ontwikkelde concept van simulatietrainingen verder vormgegeven door samen te gaan werken met professionele communicatie deskundigen van het bureau Schouten en Nelissen. De inbreng van deze communicatiedeskundigen lijkt van grote toegevoegde waarde te zijn. Niet alleen de communicatievaardigheden en samenwerking komen hierdoor goed aan bod, ook de medische aspecten blijken beter opgenomen te

worden. De evaluatie van de eerste 10 teamtrainingen zijn zeer bemoedigend. Zowel de verpleegkundigen, als de verloskundigen, arts-assistenten en gynaecologen blijken de team trainingen hoog te waarderen.

1.3. Betreffende de technologie

Betreffende de technologie heeft het project een veelheid aan resultaten opgeleverd. Terwijl in een eerder project, en ook elders, is aangetoond dat zinnige teamtraining met een enkele patiëntsimulator mogelijk is, heeft dit project aangetoond dat het mogelijk is de simulatieomgeving vorm te geven als één intelligente omgeving waarin augmented-reality technieken, video-observatie, moederpop, en baby pop aan elkaar gekoppeld zijn. Dit is essentieel voor het realisme van de training omdat Laucken en Dieckmann hebben aangetoond dat er sprake is van drie vormen van realisme: fysiek realisme (hoe de simulatie er uit ziet), semantisch realisme (of de concepten en relaties kloppen) en fenomenologisch realisme (wat de deelnemer ervaart en hoe dat betrekking heeft op de werkelijkheid). In dit project is aan alle drie vormen van realisme gewerkt. Bijvoorbeeld de uitbreiding van een bestaande functionele pop tot een hoogzwangere is gedaan met een grote mate van fysiek realisme zonder verlies van functionaliteit. Het semantische realisme wordt sterk bevorderd door de gerealiseerde software architectuur die zorgt dat oorzaak/gevolg relaties van medisch handelen kloppen met de werkelijkheid. Tenslotte wordt door de gekozen scenario's, de opzet van de trainingen, de wijze van briefen enzovoort, ervoor gezorgd dat de deelnemers helemaal opgaan in de dynamiek van de bevallingsoperatie. De ontwikkelde analysesoftware van gedrag en groepsdynamiek zal bovendien leiden tot betere debriefings en relevantere feedback.

1.4 Pieken in de Delta

Het project Pieken in de Delta is ontwikkeld in samenwerking met deskundigen uit meerdere disciplines. De groep bestond uit het European Design Centre, het Máxima Medical Centre, MedSim en TU/e. Het project had ten doel de trainingsomgeving en –voorwaarden van medische teamtrainingen te perfectioneren. Dit gebeurt door het verbeteren van bestaande of het ontwikkelen van nieuwe oplossingen die virtual reality, augmented reality (toegevoegde realiteit) en robotica combineren. Daarnaast wordt de patiënt virtueel in kaart gebracht, alsmede de medische instrumenten en de omgeving.

Deze projectsamenwerking tussen de verschillende organisaties was ook gericht op het opbouwen en het implementeren van de High-Med Campus, een plaats waar kennisintensieve bedrijven en kennisinstellingen elkaar kunnen ontmoeten. Dat geeft ze de gelegenheid om elk hun verscheidenheid aan expertise in te brengen. Samen garanderen ze een langdurige en intensieve innovatiestimulans voor de medische wereld.

Het is nooit de opzet geweest om te concurreren met bestaande technologische oplossingen, maar meer om daarop voort te bouwen. Vandaar dat het project zich focuste op het ontwikkelen van technische ‘plug & play’ oplossingen die gekoppeld kunnen worden aan bestaande applicaties voor simulaties.

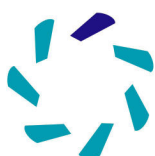
De ontwikkelingen en uitkomsten worden aan het eind van het project gepresenteerd. Nadat ze getest en goedgekeurd zijn, worden ze toegevoegd aan het teamtraining programma van Medsim.

Het medische simulatieveld verkeert nog in een prille fase (vooral in vergelijking met andere gebieden zoals de luchtvaart). De technische mogelijkheden voor verbetering lijken op dit moment bijna onuitputtelijk. Om duidelijke redenen, zoals die van tijdgebrek en financiële beperkingen, zijn ze niet allemaal uitgevoerd in de afgelopen twee jaar. Desondanks is er een wensenlijst gemaakt, waarin een combinatie van hardware en zachte componenten zijn opgenomen. Deze zullen doorlopend ontwikkeld en getest

worden en daarmee is het mogelijk de medische training voortdurend te verbeteren. Uiteindelijk resulteert dat in betere gezondheidsprofessionals. Het huidige rapport beschrijft de route zoals die werd gevolgd door de projectpartners. Het liep van de identificatie van de bestaande technologie, het bepalen van de vraag, het concretiseren van concepten en het ontwikkelen van de benodigde onderdelen.

1.5 Projectpartners

1.5.1 Máxima Medisch Centrum



**máxima
medisch centrum**

Het Máxima Medisch Centrum (MMC) heeft een topklinische functie voor perinatologie. In Noord-Brabant vervult het MMC de functie van derdelijns

verwijscentrum voor hoog-risico zwangerschappen en intensieve zorg voor zieke pasgeborenen. Het MMC heeft in Nederland een initiërende en innovatieve rol gespeeld op het gebied van de verloskundige zorg door de instelling van speciale afdelingen voor verloskundige en neonatale intensive care die als voorbeeld dienen voor de andere topcentra. Het MMC heeft een samenwerking met de Technische Universiteit Eindhoven op het gebied van klinisch wetenschappelijk onderzoek ter verbetering van medische zorg.

Het MMC heeft strategische samenwerkingsverbanden op het gebied van opleiding, onderwijs, en onderzoek met betrekking tot simulatietrainingen op nationaal en internationaal niveau. Met steun van grote organisaties zoals de Amerikaanse Society for Simulation in Healthcare (SSH) en de Society in Europe for Simulation Applied to Medicine (SESAM) wordt op nationaal niveau gesproken met zorgverzekeraars, inspectie van de gezondheidszorg, en beroepsverenigingen om te komen tot een jaarlijkse verplichte geaccrediteerde training voor teams die hulp verlenen in spoedeisende situaties.

Contact: prof.dr. S.G. (Guid) Oei

Email: g.oei@mmc.nl

1.5.2 MedSim



Medsim is een onafhankelijk research en trainingscentrum voor de medische zorg. Wij bieden unieke

multidisciplinaire teamtrainingen voor medische professionals, in een veilige en realistische omgeving. Medsim beschikt over een state-of-the-art simulatiecentrum en levert met onderzoek en innovatieve simulatietrainingen een fundamentele bijdrage aan de patiëntveiligheid. Anders dan andere centra stelt Medsim bij haar trainingen het multidisciplinaire team en het verbeteren van de teamkwaliteiten centraal.

Contact: drs. Rob A.J.Q. Steinweg:

Email: r.steinweg@medsim.nl

1.5.3 Technische Universiteit Eindhoven



De Technische Universiteit

Eindhoven (TU/e) wil een

onderzoeksgedreven en

ontwerpgerichte technologie-

universiteit van internationale allure zijn. De TU/e profileert zich als een internationaal vooraanstaande, in engineering science & technology gespecialiseerde universiteit, die met kwalitatief hoogwaardig onderwijs en onderzoek bijdraagt aan de vooruitgang van de technische wetenschappen, aan de ontwikkeling van technologische innovaties en daarmee aan de groei van welvaart en welzijn in zowel de eigen regio (technology & innovation hotspot Eindhoven) als daarbuiten.

Industrial Design/Designed Intelligence groep

De Designed Intelligence (DI) groep van de faculteit Industrial Design is gericht op het ontwerpen van intelligente systemen, producten, en diensten, vanuit de gedachte dat technologie een potentieel aan ontwerp mogelijk-

heden biedt om aan menselijke behoeften te voldoen. Deze systemen worden gekenmerkt door: 1) sensor-based input, 2) context awareness en adaptieve signaalverwerking, en 3) actuator-controlled output. De DI groep onderzoekt software en hardware architecturen door middel van “onderzoek door ontwerp”, en voorziet in de nodige multidisciplinaire expertise bij het ontwerpen van dergelijke systemen.

Electrical Engineering/Video Coding and Architectures groep

De Video Coding and Architectures (SPS-VCA) groep van de faculteit Elektrotechniek doet onderzoek in drie richtingen. De eerste richting is videocontent-analyse, variërend van het volgen en modelleren van bewegende voorwerpen, scene-level video analysis, tot analyse en simulatie van menselijk gedrag. De tweede onderzoeksrichting is videocompressie en driedimensionale processing (3-D) technieken voor televisietoepassingen, zoals 3-D video compressie voor 3D-TV, 3-D scene reconstructie en 3-D diepte generatie. De derde richting is architecturen en specifieke video implementaties, zoals real-time software architectuur ontwerp en FPGA acceleratie voor video analyse in televisiesystemen.

Contact: prof.dr.ir. L.M.G. (Loe) Feijs

Email: l.m.g.feijs@tue.nl

1.5.4 European Design Centre



— Het European Design Centre (EDC) ontwikkelt 3-D simulaties, Virtual Reality en Augmented Reality gereedschappen ten behoeve van training, research en

marketingcommunicatie voor overheden, bedrijven, musea, en onderzoeksinstituten, zoals bijvoorbeeld een Augmented Reality trainingsapplicatie ten behoeve van het trainen van brandweermensen voor het Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid (voorheen Nederlands Instituut voor Brandveiligheid NIBRA). Het EDC neemt actief deel in Europese RTD

projecten, beschikt over een uitgebreid track record in regionale, nationale en Europese ontwikkelprojecten, en is tevens initiatiefnemer in iBuild, een joint venture met TNO Bouw en Willems van den Brink architecten.

Contact: ing. J.C.R. (João) Mena de Matos

Email: jmm@edc.nl

Onderzoek en ontwikkeling



2. Onderzoek en ontwikkeling

In een eerdere subsidieregeling, Stimulus, het Europese economische stimuleringsprogramma voor de Regio Noord Brabant, heeft verkennend onderzoek plaatsgevonden naar de ontwikkeling van medische simulatietraining. De daarin behaalde resultaten gaven aanleiding tot de aanbeveling om het opgezette samenwerkingsverband tussen MMC, TU/e en EDC verder te ondersteunen in hun doel te komen tot verbetering van patiëntenzorg en -veiligheid door toepassing van geavanceerde technologieën in het opleiden en trainen van medisch personeel. Aan deze oproep is gevolg gegeven, en in het kader van de subsidieregeling Pieken in de Delta Zuidoost-Nederland heeft derhalve verder onderzoek naar en ontwikkeling van medische simulatietraining plaatsgevonden. In de hiernavolgende hoofdstukken worden de resultaten van dit onderzoeks- en ontwikkelingstraject beschreven, te beginnen met een introductie in de theoretische achtergronden en de algemene systeemopzet, om daarna de verschillende specifieke onderdelen in een bredere context te kunnen beschouwen.

2.1 Simulatietraining [O. Schimmel]

2.1.1 Introductie

Door de snelle ontwikkelingen in diagnostiek en behandelmethoden wordt het aanbieden van medische zorg steeds complexer. Als gevolg daarvan worden de eisen die gesteld worden aan medische opleidingen ook uitgebreider en ingewikkelder (Scalese et al., 2007). In de dynamiek van de gezondheidszorg legt het efficiënt aanleren en onderhouden van de benodigde vaardigheden een toenemende druk op opleiders en kwaliteitsmanagers. Het curriculum moet gelegenheid bieden om alle relevante vaardigheden te leren, en te waarborgen dat medisch personeel een hoog niveau van kennis en kunde hebben als ze op de werkvloer komen. Een relatief nieuwe toevoeging aan het spectrum van educatieve technieken om

kundigheid te ontwikkelen en te evalueren is simulatietraining (Hays en Singer, 1989; Gordon et al., 2001; Good, 2003; Maran en Glavin, 2003; Issenberg, 2006).

Simulatietraining kan worden gedefinieerd als "the application of an imitative representation of the functioning of one system or process by means of the functioning of another, in which activities are executed in interaction with a scenario in order to induce or promote learning" (Farmer et al., 1999, p. 92). Om het leerproces te ondersteunen wordt een taakomgeving nagebootst met voldoende realisme om het leerdoel te dienen, waarbij operationele systemen worden vervangen door interactieve simulatoren. Simulatietraining is niet bedoeld als vervanging voor de traditionelere leermethoden, maar als een complementaire aanvulling op het theoretische programma en het conventionele praktijkprogramma van toekijken en nadoen. Het paradigma van simulatietraining is effectief en bruikbaar gebleken om medische professionals voor te bereiden op de veelzijdigheid van de klinische realiteit en hun functioneren te verbeteren (Gordon et al., 2001; Magerko en Laird, 2002; Bradley en Postlethwaite, 2003; Weller, 2005; Wallin et al., 2007).

2.1.2 Waarom simulatietraining?

Een groot voordeel van simulatietraining is de mogelijkheid tot het trainen van weinig voorkomende of risicovolle klinische situaties die onethisch geacht worden om met echte patiënten uit te voeren (Gordon et al, 2001; Scalese et al., 2007), zoals een gecompliceerde bevalling. Een ander groot voordeel van simulatietraining is dat het gericht is op het leren en het leerproces, en niet op patiëntenzorg, hetgeen het mogelijk maakt om de simulatie toe te spitsen op de individuele leerbehoefte en af te wijken van de werkelijkheid waar nodig om het leerdoel te dienen (Issenberg, 2005; Dieckmann et al., 2007; Scerbo en Dawson, 2007). Het biedt een gecontroleerde omgeving waarin oefenen met verschillende leerstrategieën en oplossingen voor de gestelde problemen mogelijk is, zonder patiënten bloot te stellen aan de bijbehorende risico's (Jha et al., 2001). Verder stelt het in

staat om op basis van bepaald scenario's de ontwikkeling in vaardigheden van de deelnemers aan simulatietraining zo objectief mogelijk en over langere perioden te beoordelen (Devitt et al., 2001; Schuwirth en Van der Vleuten, 2003; Scalese et al., 2007). Zowel individuele als teamvaardigheden kunnen worden beoordeeld in een consistente manier, inclusief de niet-technische vaardigheden zoals interpersoonlijke communicatie, beslissingen nemen en problemen oplossen (Glavin en Maran, 2003; Gordon et al., 2003; Leonard et al., 2004; Salas et al., 2007). Vanwege deze voordelen van simulatietraining voor het verbeteren en bepalen van het niveau van functioneren van het medische personeel stijgt het aantal toepassingen van simulatietraining gestaag (Good, 2003).

In medische educatie is simulatietraining gericht op het reproduceren van diverse klinische condities die kunnen voorkomen en beheerst dienen te worden. Door gebruik te maken van gedeeltelijke of full-body patiënt-simulators om echte patiënten te vervangen, kan simulatietraining een volledig bereik aan vaardigheden helpen ontwikkelen, variërend van eenvoudige motorische vaardigheden (zoals bloedprikken) tot ingewikkelde procedurele (zoals toedienen van medicatie) en cognitieve vaardigheden (zoals diagnostiek van ziektebeelden). De complexiteit van de simulatie, en vaak ook de benodigde simulator(en), zal stijgen met de behoefte om ingewikkeldere of uitgebreidere klinische cases te simuleren. Waar een spons met naald en draad nog kan volstaan om op individuele basis hechten aan te leren, zal het trainen van het management van een noodsituatie op een operatiekamer aanzienlijk meer vragen van de simulatieruimte en de daarin aanwezige apparatuur en deelnemers.

2.1.3 Ontwerp van medische simulatietraining

Een intuïtieve benadering van het ontwerpen van simulatietraining is het kopiëren van de werkelijke toepassing in detail. Deze benadering is gebaseerd op de veronderstelling dat de effectiviteit van simulatietraining als educatief hulpmiddel vergroot wordt met een toename in fidelity, dat wil

zeggen de getrouwheid in fysieke en functionele overeenkomsten tussen de simulator en de werkelijkheid. Er is tot op heden geen causaal verband tussen de getrouwheid en het functioneren van medische professionals vastgesteld, en de effectiviteit van simulatietraining wordt geacht van andere factoren afhankelijk te zijn, zoals de gebruikte didactiek en de plaats van simulatietraining in het curriculum (Hays en Singer, 1989; Dieckmann et al. 2003, Scerbo en Dawson, 2007). Factoren die bijdragen tot effectief simulator-gebaseerd leren zijn beschouwd vanuit een pedagogisch perspectief (Issenberg, 2005). Echter, de meest belangrijke factor is om simulatietraining te zien als een sociale gebeurtenis, die van de deelnemers verwacht dat zij al hun cognitieve vermogens aanwenden om zin te geven aan de representatie van de werkelijkheid in een simulatie (Dieckmann et al., 2007). Zij moeten daarbij doen 'alsof' en een rol aannemen, en hun ongeloof in de representatie als gevolg van de kunstmatigheid ervan opzij zetten ten behoeve van het leerdoel.

In deze context kan een onderscheid gemaakt worden tussen de drie verschillende modi van realisme en de bijbehorende sociale praktijk (Laucken, 2003; Dieckmann et al., 2007), namelijk fysiek realisme (refererend aan de vertoning), semantisch realisme (refererend aan concepten en hun relaties), en fenomenaal realisme (refererend aan de ervaring en de relatie tot de werkelijkheid). Een simulatie kan effectief worden genoemd als het leerdoel als fenomenaal relevant wordt ervaren, en deelnemers de semantiek ervan kunnen begrijpen ondanks fysieke verschillen van de werkelijkheid. Om optimaal gebruik te maken van simulatie moet het ontwerp voldoende realisme van iedere modus bieden om het leerdoel te dienen. Vaak is het effectiever om een hoger semantisch en fenomenaal realisme na te streven dan om het fysieke realisme te verhogen (Dieckmann et al., 2007). Alhoewel fysiek realisme zeker bijdraagt aan de beleving en het conceptuele begrip van de medische casus, speelt het een ondergeschikte rol en dient het voornamelijk voor het engageren van de deelnemers in de simulatie (Rudolph et al., 2007). Het ontwerp van simulatietraining moet zich daarom ook richten op het begrip van de relatie tussen de

simulatie en klinische werkelijkheid, de zogenaamde construct validiteit of ecologische validiteit, en dus reëel zijn in plaats van enkel realistisch (Dieckmann et al., 2003; Scerbo en Dawson, 2007).

2.1.4 Systematische benadering

Om de veelheid van toepassingen voor medische simulatietraining doelmatig te kunnen ondersteunen, dienen technologische ontwikkelingen zo generiek opgezet te worden dat de resultaten van een specifiek ontwerp zich eenvoudig laten vertalen naar andere toepassingen. Veelbelovende ontwikkelingen zijn in dat opzicht de modulaire benaderingen en definitie van flexibele architecturen die een efficiënte productie van medische simulatoren mogelijk maken (Cotin et al., 2000; Montgomery et al., 2002; Cenk et al., 2004; Allard et al., 2007; Peters et al., 2008). Om de effectiviteit van een ontwerp te maximaliseren, en de kans op ontwerpfouten te minimaliseren, dienen alle aspecten die bijdragen aan de leerervaring systematisch benaderd te worden. Daartoe kan gebruik gemaakt worden van methodologie voor het ontwerpen van simulatietraining, ontwikkeld in andere domeinen die trainen met behulp van simulatie op laagfrequente, hoogrisico situaties, zoals het leger en de luchtvaartindustrie. Een dergelijke systematische aanpak is omschreven in de Military Applications of Simulation and Training based on Empirical Research (MASTER) methodologie (Farmer et al., 1999). Door de algemene opzet is deze methodologie zeer bruikbaar voor het ontwerpen van medische simulatietraining en wordt deze op beperkte schaal reeds toegepast voor de ontwikkeling van simulatoren voor het opleiden en trainen van professionals in de zorg.

De genoemde methodologie splitst het ontwerp van simulatietraining in vier fasen, te weten de Training Noodzaak Analyse (Training Needs Analysis), Training Programma Design (Training Programme Design), Training Media Specificaties (Training Media Specifications), en Training Evaluatie (Training Evaluation). Door deze fasen in volgorde te doorlopen, eventueel in een aantal iteraties, wordt een logisch geheel gevormd, waarin duidelijk gestelde

educatieve uitgangspunten de basis vormen voor het realiseren van de benodigde middelen om het omschreven doel te halen.

2.2 Scenario [A. Mérien, O. Schimmel]

Om te komen tot een systematische aanpak tot de ontwikkeling van obstetrische simulatietraining is het benodigde trainingsscenario geanalyseerd volgens de daartoe geëigende MASTER methodologie (Farmer, 1999). Hieronder volgt de gedetailleerde uitwerking van het gekozen scenario in het formaat van deze methodologie.

2.2.1 Training Noodzaak Analyse

Missie analyse

Het oplossen van een gecompliceerde bevalling met vier levensbedreigende situaties voor moeder en kind (een sectio ceasarea met vastzitten caput, massale haemorragia postpartum, reanimatie moeder, en reanimatie kind) na een mislukte vacuümextractie wegens foetale nood op een operatiekamer.

Taak analyse

Te verrichten taken (technisch):

- Intraveneus toedienen medicatie
- Ontwikkeling caput m.b.v. vacuüm/Kiwi-cup
- Opduwen caput
- Uitvoeren sectio ceasarea
- Ontwikkeling caput d.m.v. forceps
- Verlengen incisie Onderste Uterus Segment
- Reanimatie pasgeborene
- Reanimatie moeder
- B-lynch suture aanleggen
- Bacri ballon inbrengen

Te verrichten taken (niet-technisch):

- Tonen van leiderschap door verantwoordelijken
- Verdeling en coördinatie van de medische handelingen
- Tonen van adequate onderlinge besluitvorming
- Tonen van communicatie/samenwerking tussen betrokkenen (inclusief patiënt)

Trainee analyse

De trainees zijn allen ervaren professionele hulpverleners werkzaam op de verloskamer en operatiekamer, te weten:

- Gynaecoloog
- Arts-assistent gynaecologie
- Operatieverpleegkundige
- Omloopverpleegkundige
- Anesthesioloog
- Anesthesieverpleegkundige
- Kinderarts
- Kinderarts-assistent
- Kinderverpleegkundige

Training analyse

De training beoogt oprissing van de medische kennis en technische vaardigheden m.b.t. de klinische casus, en optimalisatie van de niet-technische vaardigheden. Het team moet onder extreme tijdsdruk optimaal met elkaar samenwerken en communiceren om de uiterst kritieke situaties tot een goed einde te brengen, Daarbij dient gebruik gemaakt te worden van principes zoals SBAR (Situation, Background, Assessment, Recommendation) en closed-loop communication. De te verrichten handelingen moeten goed gecoördineerd worden uitgevoerd. Alle teamleden hebben een specifieke taak in de training die zij moeten volbrengen.

2.2.2 Training Programma Design

Training en instructie

Voorafgaande de simulatietraining hebben de deelnemers zich via e-learning en microsimulaties op een computer moeten voorbereiden om het leereffect m.b.t. het teamsamen spel tijdens de simulatie te verhogen. Hierbij hebben ze instructie gehad over de mogelijkheden en onmogelijkheden van de patiënt-simulatoren en de te verwachten scenario's. De deelnemers hebben dus al geoefend en door het succesvol afleggen van een examen bewezen dat zij in staat zijn het scenario uit te kunnen voeren. De instructie door de trainer zal hierdoor beperkt kunnen blijven tot het uitleggen van het scenario. Het scenario wordt dan in principe zonder onderbreking uitgespeeld. Daarna zal de instructeur tijdens een debriefing aan het team feedback geven over de verrichte handelingen en resultaten aan de hand van beeld- en geluids-opnames alsmede metingen van fysiologische parameters van de simulator en de trainees.

De instructie waarin de casus wordt uitgelegd duurt 20 minuten, inclusief 10 minuten tijd om te overleggen. De simulatie van de operatie duurt 20 minuten. De debriefing duurt 30 minuten. De totale trainingsduur is ongeveer 70 minuten.

Training doelstellingen

De doelstelling van de simulatietraining is het optimaliseren van communicatie en samenwerking bij het oplossen van vier kritieke obstetrische situaties op de operatiekamer, te weten:

- Sectio Caesarea met forcipale extractie
- Sectio Caesarea met massale haemorrhagia postpartum
- Reanimatie zwangere
- Reanimatie pasgeborene

Training activiteiten en scenario's

Er is sprake van een gecompliceerde bevalling bij foetale nood. Eerst is door de gynaecoloog een vacuümextractie geprobeerd op de operatiekamer. Doordat het kind te groot is, en met het achterhoofd naar achteren is gedraaid (kruinligging), lukt het ook met de vacuüm niet om het kind geboren te laten worden. Hierna begint het scenario met de kritieke obstetrische situaties op de operatiekamer (*zie stroomdiagram van beslismomenten*).

De omgeving moet een nabootsing zijn van de eigen operatiekamer. De simulatie begint direct nadat een vacuümextractie wegens foetale nood op de operatiekamer, die uitgevoerd is door de gynaecoloog, niet gelukt is. Hierna wordt besloten tot een spoedsectio door de gynaecoloog. De anesthesioloog geeft lokale verdoving door middel van een ruggenprik. De patiënt wordt geïsoleerd en afgedekt met steriele doeken. Vóór het begin van de operatie wordt een time-out procedure uitgevoerd. Hierbij wordt, ondanks de tijdsdruk, vóór de incisie vastgesteld wie de patiënt is, wat het probleem is, en welke complicaties verwacht kunnen worden. Dit duurt maximaal 1 minuut. Hierna wordt door de arts-assistent de buikwand in lagen geopend. De operatieverpleegkundige geeft de instrumenten aan. De gynaecoloog assisteert. De anesthesioloog en de anesthesiologisch verpleegkundige letten op de patiënt. Op het moment dat er complicaties ontstaan (er moet door de placenta heen gesneden worden en het hoofd kan niet geboren worden omdat die te vast zit in het bekken) neemt de gynaecoloog de leiding over. De anaesthesioloog geeft op verzoek van de gynaecoloog die vraagt om verslapping van de baarmoeder ritodrine/nitroglycerine intraveneus of besluit tot intubatie en algehele anesthesie (narcose). Er is massaal bloedverlies waardoor extra infusen moeten worden ingebracht, bloedvervangende vloeistof (Ringer's lactaat) moet worden geven, en bloed moet worden besteld (erythrocyten en fresh frozen plasma). De omloopverpleegkundige legt de forceps klaar. De assistent duikt onder de groene doeken om het kind vaginaal op te drukken. De gynaecoloog legt via de open buikwond en uterus de lepels van de forceps aan en ontwikkelt het kind. De kinderarts neemt het kind daarna over met een verpleegkundige en onderzoekt het kind op de

reanimatietafel. Het kind heeft een slechte start, hetgeen blijkt uit het ontbreken van ademhaling, hartactie, reflexprikkelbaarheid, spierspanning en kleur (Apgar score). Het kind wordt gereanimeerd door middel van hart-massage en beademing op de kap en tenslotte intubatie van de luchtpijp (trachea), waarna de hartslagfrequentie, ademhaling, bewegingen en spierspanning toenemen, en de kleur verandert van blauw-wit naar roze. De placenta wordt geboren, maar het bloedverlies stopt niet door verslapping van de baarmoeder. Oxytocine wordt in de baarmoeder geïnjecteerd door de gynaecoloog zonder resultaat. De baarmoeder blijft echter slap en bloeden. De moeder raakt in shock en krijgt een hartstilstand. De moeder moet worden gereanimeerd. Hierna wordt besloten tot het leggen van een hechting volgens B-Lynch. Hierbij wordt de baarmoeder ingesnoerd in een lange hechtdraad als ware het een rollade. Tenslotte wordt vaginaal een Bacri ballon ingebracht die als tamponade dient voor het bloedende onderste segment van de uterus. Het bloedverlies stopt hierna en de simulatie training is achter de rug. Het team moet optimaal samenwerken om het leven van moeder en kind te redden. Crew resource management (CRM) is hiervoor essentieel. Naast goed leiderschap moet ieder zich verantwoordelijk voelen voor het welslagen van de operatie. De handelingen moeten snel en kundig worden uitgevoerd en stress mag niet leiden tot slechte communicatie of samenwerking.

Situatieschets:

- Een à terme zwangere vrouw, 35 jaar, G1 P0, AD 40 wkn, BMI 37 (obesitas), ongecompliceerde zwangerschap, geschat foetaal gewicht 8 pond
- Ingestuurd i.v.m. niet vorderende ontsluiting
- Syntocinon bijstimulatie + EDA tijdens ontsluiting
- Langdurige ontsluitingsfase 2cm/3 uur
- Tijdens uitdrijving deceleraties en caput op H3-
- Micro Bloed Onderzoek toont pH: 7.15
- I.v.m. mislukte vacuüm wordt besloten tot spoedsectio

- Tijdens sectio zit caput vast in baringskanaal, derhalve is het kind niet te ontwikkelen
- Kind ligt met achterhoofd achter, waardoor een vacuümextractie tijdens de sectio niet mogelijk is
- Kind is na de geboorte ernstig asfyctisch (Apgar 1 na 1 minuut) waardoor reanimatie door kinderarts en -verpleegkundige noodzakelijk is
- Moeder blijft na de geboorte van kind en placenta veel bloed verliezen door atonie, en raakt hierdoor in shock, waardoor reanimatie moeder door operatiekamerteam noodzakelijk is
- Bloeding stopt pas na aanleggen B-Lynch suture en vaginaal inbrengen Bacri ballon.

Instructie

De instructie voor de trainees is als volgt:

Een à terme zwangere (G1 P0) van 35 jaar, BMI 37, geschat foetaal gewicht 8 pond, is ingestuurd vanwege niet-vorderende ontsluiting. Bijstimulatie met syntocinon en epidurale anaesthesie vindt plaats. De zwangere heeft een langdurige ontsluitingsfase 2cm/3 uur. CTG tijdens uitdrijving: late deceleraties. Micro Bloed Onderzoek ter bepaling van de zuurgraad en conditie van het kind toont een pH van 7,15. Besloten wordt tot een vacuümextractie, die stagneert met caput op H3. Vervolgens wordt besloten tot een spoedsectio. Bij poging tot ontwikkeling van het kind zit het caput vast.

Methodologie

De simulatie is erop gericht een multidisciplinair team bestaande uit hoogopgeleide professionals in een situatie te brengen die volledig aanvoelt als een zeer stressvolle praktijksituatie die levensbedreigend is voor moeder en kind. Daartoe is een volledige simulatie van een operatiekamer noodzakelijk, inclusief full-body patiëntsimulatoren van een zwangere met kind.

Optimalisatie

Het team is in de operatiekamer aanwezig zonder instructeur. Het scenario wordt in principe zonder onderbreking uitgespeeld. De modellen moet derhalve automatisch kunnen reageren op handelingen van het team. Om de instructeur tijdens de simulatie zoveel mogelijk de gelegenheid te geven om het team te observeren dienen de bevallingssimulator en babysimulator modelgedreven te zijn. Indien nodig moet het echter wel mogelijk zijn om in te grijpen in het proces. Hierbij moet de instructeur in staat zijn om dit vanuit de controlekamer te doen.

2.2.3 Training Media Specificaties

De simulatieomgeving bestaat uit de volgende elementen:

- Trainee-simulator interface: Multimedia en multisensing briefing- en operatiekamer
- Database(s):
 - Opslag van alle modellen m.b.t. de benodigde simulaties en simulatoren
 - Opslag van alle gegevens gemeten aan simulatoren, trainees en omgeving
- Simulatiemodel(len): Model aangedreven high-fidelity full-body birthing simulator en babysimulator
- Beeldsysteem: Videocamera's met automatische bewegingsanalyse van teamleden
- Geluidssysteem: Geluidsregistratie briefing- en operatiekamer
- Instructiesysteem: Vooraf e-learning en microsim module, zo min mogelijk tijdens training, reproductie van de resultaten tijdens debriefing

Beschrijving van functionele simulator eisen t.a.v. de trainees:

- De omgeving moet een nabootsing zijn van de eigen operatiekamer en kunnen worden aangepast aan het betreffende team

- In de briefingkamer moet het team met de casus worden geconfronteerd als voorbereiding op de simulatie in de operatiekamer met behulp van multimedia
- In de debriefingkamer moet het team in een als veilig aanvoelende omgeving door de instructeur door middel van analyse van beeld, geluid en meetresultaten onmiddellijk feedback kunnen krijgen op de verrichtingen tijdens de simulatie
- De bevallingssimulator moet een full-body, high-fidelity (modelgedreven, dus autonoom werkende simulator welke in staat is te reageren op externe stimuli en op een fysiologisch realistische wijze) zwangere vrouw zijn met een buik tot aan de ribbenboog, met daarin een autonoom werkende babysimulator, placenta en vruchtwater. Haemodynamiek is te zien op computerscherm.
- Een vaginale kunstverlossing met behulp van een vacuümextractie moet kunnen worden nagebootst, inclusief het falen daarvan
- Een sectio caesarea moet kunnen worden gesimuleerd
- De anesthesioloog moet de bevallingssimulator spinaal anesthesie kunnen geven
- De anesthesioloog moet de bevallingssimulator algehele anesthesie kunnen geven
- De anesthesioloog moet de bevallingssimulator kunnen reanimeren
- De bevallingssimulator moet kunnen worden geïsoleerd
- De buikwand moet in lagen kunnen worden geopend door een dwarse incisie tot aan de baarmoeder
- De blaas van de bevallingssimulator moet kunnen worden afgeschoven
- De baarmoeder moet kunnen worden geopend door middel van een dwarse incisie in het onderste uterussegment
- De baarmoeder moet fors kunnen bloeden (4 liter in 10 minuten)
- De babysimulator moet klemmen in het geboortekanaal en vaginaal kunnen worden opgeduwd om ruimte te krijgen voor het aanleggen van de lepels van de forceps

- Het hoofd van de babysimulator moet kunnen worden ontwikkeld met behulp van een forceps volgens Naegele (tangverlossing)
- De babysimulator heeft ademhaling, hartactie, reflexprikkelbaarheid, spierspanning en kleur (Apgar score) en reageert op adequate hartmassage en beademing
- De placenta moet eenvoudig kunnen worden ontwikkeld met controlled cord traction of manuele placentaverwijdering
- De baarmoeder voelt aan als een slappe zak en blijft bloeden
- Een B-Lynch hechting moet kunnen worden aangelegd (insnoeren baarmoeder)
- Het bloedverlies moet stoppen na adequaat aanleggen van de B-Lynch suture
- Er moet een Bacri ballon ingebracht kunnen worden

Beschrijving van functionele simulator eisen t.a.v. de instructeur(s):

- De instructeur(s) moet vanuit de controlekamer de simulatoren, camera's, beeldapparatuur en geluidsapparatuur kunnen bedienen in de simulatiekamer
- Vanuit de controlekamer moet goed zicht zijn op de simulatie zonder dat de trainees hierdoor worden afgeleid
- In de controlekamer moet de gehele simulatie vanuit drie verschillende hoeken op video kunnen worden vastgelegd
- Belangrijke momenten voor terugkoppeling moeten kunnen worden gemarkeerd door de instructeur in de beeld- en geluidsregistratie
- In de controlekamer moet elke conversatie die plaats vindt tijdens de simulatie zo goed mogelijk opgenomen kunnen worden
- In de simulatiekamer moeten de hartslagfrequentie, hartslagvariabiliteit, mate van transpiratie en positiewisselingen van de individuele teamleden kunnen worden gemeten zonder dat de teamleden daar enig hinder van hebben
- Er moet draadloos van buitenaf ingegrepen kunnen worden door een instructeur op de bevallingssimulator en babysimulator

De haemodynamiek van de bevallingssimulator zoals te zien door de deelnemers in de simulatieruimte (Normaalwaarden haemodynamiek in de zwangerschap; Clark, 1989).

Cardiac output (CO)	6,2 ± 1,0 liter/min
Systemische vaat weerstand (SVR)	1210 ± 266 dyne.cm.sec ⁻⁵
Colloïd osmotische druk	18,0 ± 1,5 mm Hg
Mean arterial pressure	90,3 ± 5,8 mm Hg
Pulmonary capillary wedge pressure (PCWP)	7,5 ± 1,8 mm Hg
Centraal veneuze druk	3,6 ± 2,5 mm Hg

Zuurstofsaturatie 98%; RR 120/70 mm Hg

Fase 1: Start sectio i.v.m. mislukte vacuüm; patiënte op OK-tafel, steriel afgedekt; openen buik in lagen (3 min)

HR = 92 bpm

BP = 120/70 mmHg

SpO₂ = 98%

V_t = 600mL

RR = 22 /min met ademgeruis

Fase 2: Caput zit vast, niet te ontwikkelen (3 min)

HR = 92 bpm

BP = 120/70 mmHg

SpO₂ = 98%

V_t = 600mL

RR = 22 / min met ademgeruis

Fase 3: Kind en placenta zijn geboren maar moeder blijft ernstig bloedverlies houden (3 min)

HR = 140 bpm

BP = 40/0 mmHg

SpO₂ = 89%

Vt = 600mL

RR = 22 / min met ademgeruis

Toestand kind direct na de geboorte: Apgar 1 na 1 minuut

Kleur: wit

Ademhaling: geen

Hartslagfrequentie: 40 per minuut

Tonus: geen

Reflexprikkelbaarheid: geen

Fase 4: Situatie moeder weer onder controle na opvullen, reanimatie en stoppen bloeding (3 min)

HR = 92 bpm

BP = 120/70 mmHg

SpO₂ = 98%

Vt = 600mL

RR = 22 / min met ademgeruis

Toestand kind direct na de geboorte: Apgar 9 na 10 minuten na reanimatie

Kleur: rose, perifeer blauw

Ademhaling: normaal

Hartslagfrequentie: 100 per minuut

Tonus: goed

Reflexprikkelbaarheid: normaal

2.2.4 Training Evaluatie

Er dient zowel aan de simulator gemeten te kunnen worden of de juiste handelingen worden uitgevoerd als door de omgeving. De verrichtingen en reacties van de teamleden worden vastgelegd op video en de mate van stress wordt met draadloze apparatuur gemeten om goede feedback te kunnen geven. Daarbij mogen zij niet gehinderd worden door instructeurs of meetapparatuur die hun uit de illusie kunnen halen dat zij bezig zijn met een werkelijke praktijksituatie.

Bepaling beste trainingsmethode en vaststellen van verworven vaardigheden, uitvoering en voortgang trainees.

Meting resultaten

Meting uitvoering individuele deelnemers: beperkt

Meting werkbelasting

Meting belasting individuele deelnemers: beperkt

Meting teamresultaten

Meting teamoptreden: CRM principes en video analyse

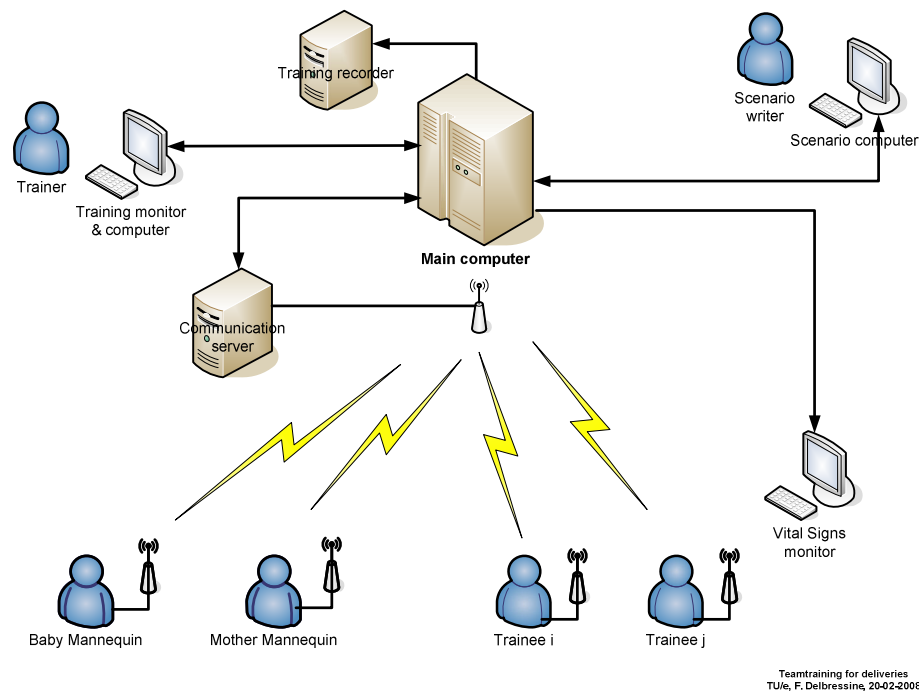
Meting teambelasting: hartslagvariabiliteit en transpiratievocht

- Het team krijgt als geheel terugkoppeling volgens CRM principes. Hierbij wordt gezocht naar verbeterpunten van het teamsamenstel.
- Bij de terugkoppeling wordt gebruik gemaakt van beeldanalyse waarbij het aantal positiewisselingen van de teamleden wordt beoordeeld.
- Er wordt gebruik gemaakt van analyse van hartslagfrequentie, spectraal analyse van hartslagvariabiliteit en productie van transpiratievocht als maat voor de stress van de individuele teamleden.

- De Apgar score van het kind, de zuurgraad van de navelstreng arterie en zuurstofsaturatie geven een maat voor de toestand van het kind ná de geboorte.
- De bloeddruk van de moeder, frequentie van de hartslag, hoogte van het hemoglobinegehalte en zuurstofsaturatie geven aan hoe het gesteld is met de conditie van de moeder.

2.3 Simulatiesysteem [F. Delbressine]

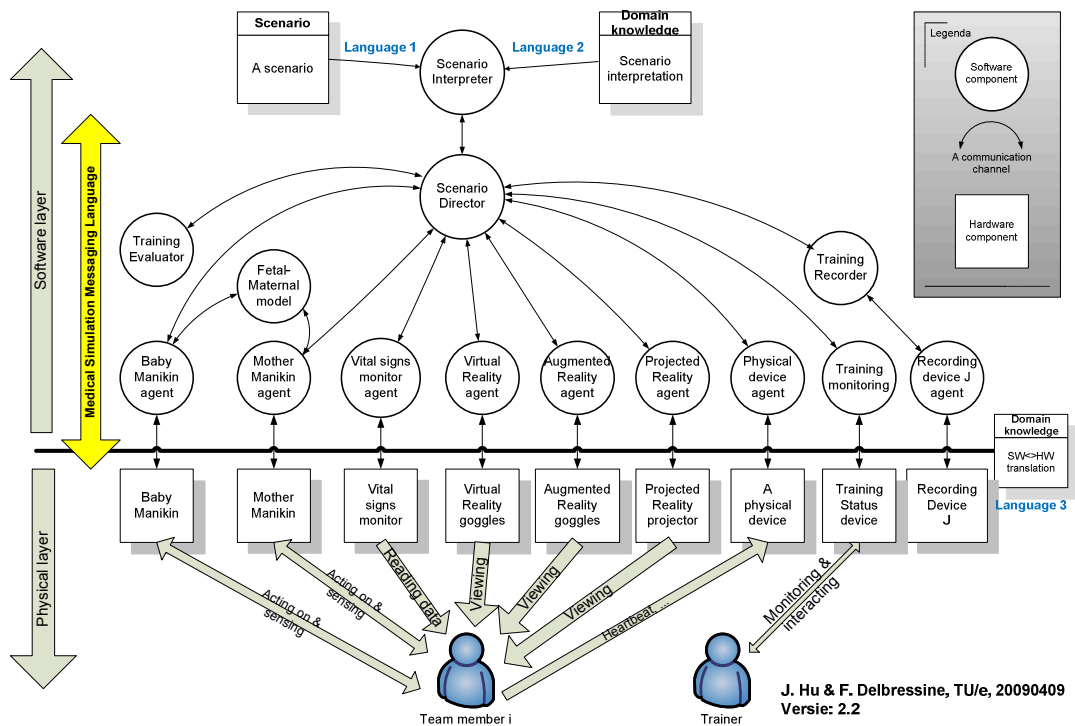
Het simulatie systeem is gespecificeerd door middel van een grondige analyse van de teamtrainingen en een analyse van de gewenste functionaliteit. Het eerste schema dat gegenereerd is weergegeven in Figuur 1 het structuur diagram. De scenario writer genereert trainingsscenario's die opgeslagen worden in de hoofdcomputer. De trainer selecteert en activeert uit de beschikbare scenario's een geschikt scenario uit de beschikbare scenario's. De hoofdcomputer activeert het scenario en activeert alle benodigde computers en hulpapparatuur.



Figuur 1. Structuurdiagram van het systeem

Om beter te begrijpen hoe alles samenwerkt, is het structuurdiagram uit Figuur 1 verder uitgewerkt tot het agent structuurdiagram zoals weergegeven in Figuur 2. Figuur 2 onderscheidt software-, hardware agenten en communicatiekanalen.

De inhoud van de messages is gespecificeerd in een formele taal gebaseerd op XML het eXtended Markup Language protocol. Onderstaand treft u een voorbeeld van een message aan. In het onderstaande voorbeeld stuurt de software component `SWComponent_BabyAgent` aan de hardware component `HWComponent_BabyManikin` een message `SetHeartbeatValue` om de hartslag te zetten op 100 slagen per minuut. De message heeft voor debugging redenen een aantal extra informatie componenten zoals een unieke identificator en een tijd.



Figuur 2. Agent structuurdiagram

```
<Envelope>
  <Header>
    <Sender> SWComponent_BabyAgent </Sender>
    <Destination> HWComponent_BabyManikin
  </Destination>
    <MessageID> uuid:09233523-... </MessageID>
    <ResponseTo> uuid:09233521-... </ResponseTo>
    <TimeStamp> 2009-04-08T12:31:05Z </TimeStamp>
  </Header>
  <Body>
    <SetHartbeatValue> 100 </SetHartbeatValue>
  </Body>
</Envelope>
```

Messaging language voorbeeld

De software is gespecificeerd door middel van een pseudo computertaal gebaseerd op de programmeertalen Pascal en Modula. Onderstaand voorbeeld geeft een specificatie van de software component Baby. Deze software component heeft een communicatie kanaal genaamd `theCommunicationChannel`. De software component begint met een initialisatie. Daarna wordt oneindig vaak, door het `LOOP-ENDLOOP` statement, alle code tussen het `LOOP` en `ENDLOOP` statement uitgevoerd. In dit geval ontvangt de software component een XML message door het uitvoeren van het `receiveMessage()` statement. Na een dissectie van de `XMLString` worden een aantal, voor deze component en de ontvangen message, specifieke commando's uitgevoerd. Daarna worden indien nodig berichten verstuurd naar andere hard- of software componenten. Door het `LOOP` commando worden de statements tussen de `LOOP` en `ENDLOOP` statements oneindig vaak uitgevoerd.

De component definitie `SWCOMPONENT` en `HWCOMPONENT` bevatten functions voor het ontvangen en versturen van berichten. Het versturen naar en ontvangen van berichten voor `HWCOMPONENTEN` c.q. `SWCOMPONENTEN` wordt door het onderliggende software – c.q. besturingssysteem automatisch

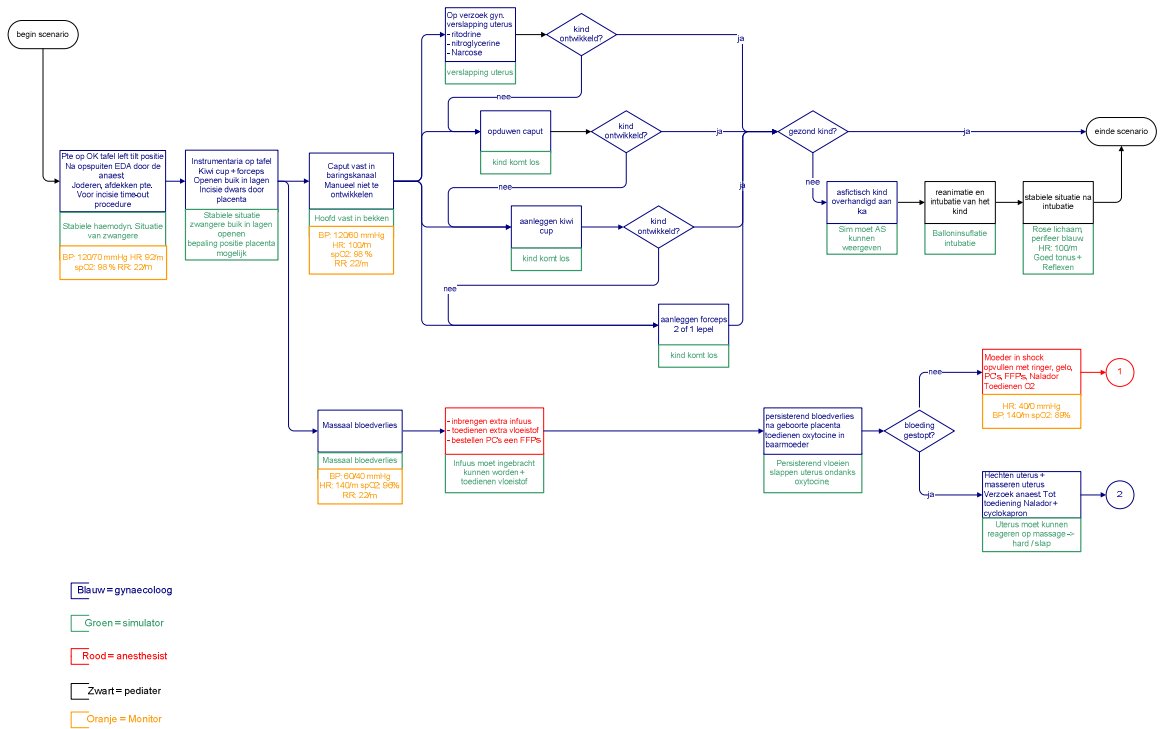
afgehandeld. In het kader hiervan is een zogenaamde messaging bus in de programmeertaal Java ontworpen.

```
SWCOMPONENT Baby;
VARIABLE:
    COMMUNICATION_CHANNEL:  theCommunicationChannel;
    ...
BEGIN
    Initialise();
    LOOP
        XMLString  message := receiveMessage();
        % Disect XML string into ..., do processing, generate
        message for HWComponent baby manikin
        ...
        success := sendMessage(messageForHWComponentBaby);
        % Do more input processing, get new inputs, send
        outputs, do ...
        ...
    ENDLLOOP;
END;
```

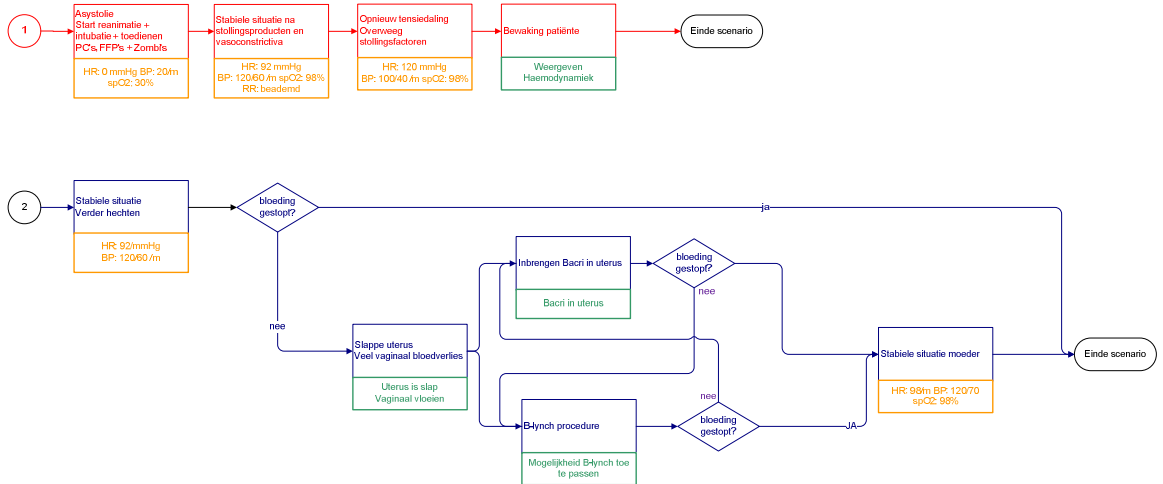
Software agent specificatie voorbeeld

De figuren Figuur 3 en Figuur 4 laten de flowcharts van het te simuleren scenario zien. Deze flowcharts zijn vertaald in zogenaamde zwembanen diagrammen, zie de figuren Figuur 5 en Figuur 6. Deze diagrammen zijn daarna vertaald in software-, hardware componenten, communicatie kanalen en de sequentie plus inhoud van communicatie tussen de soft- en hardware componenten.

Ontwikkeling van een realistische bevallingssimulator voor teamtraining van obstetrisch en gynaecologisch personeel

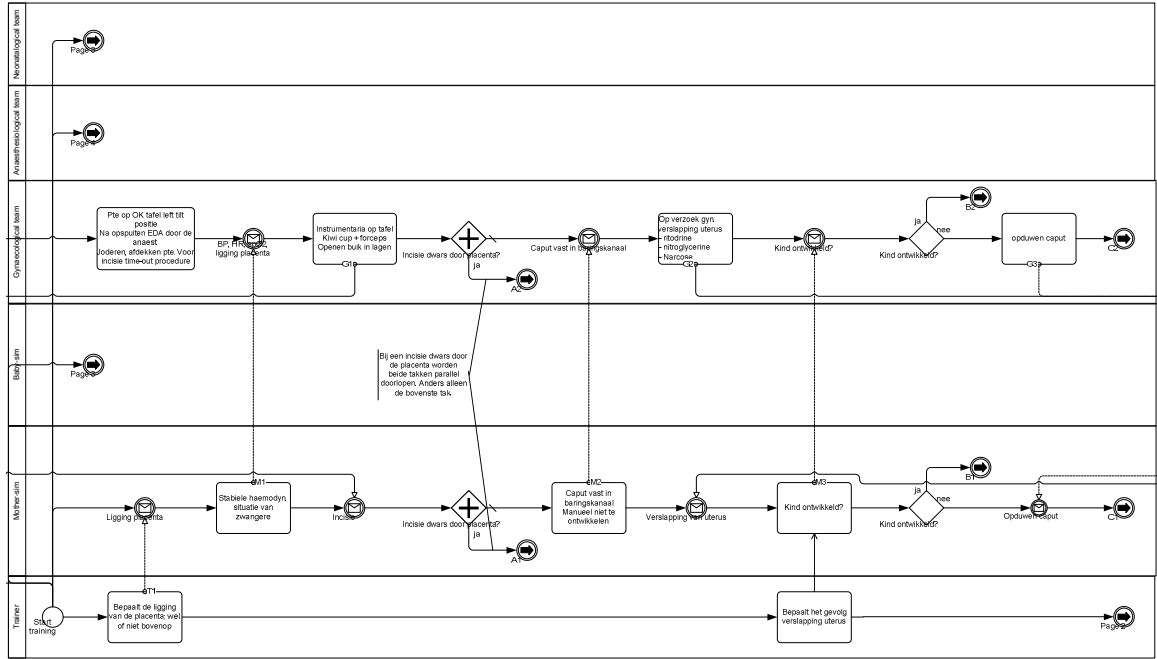


Figuur 3. Flow chart te simuleren scenario deel 1

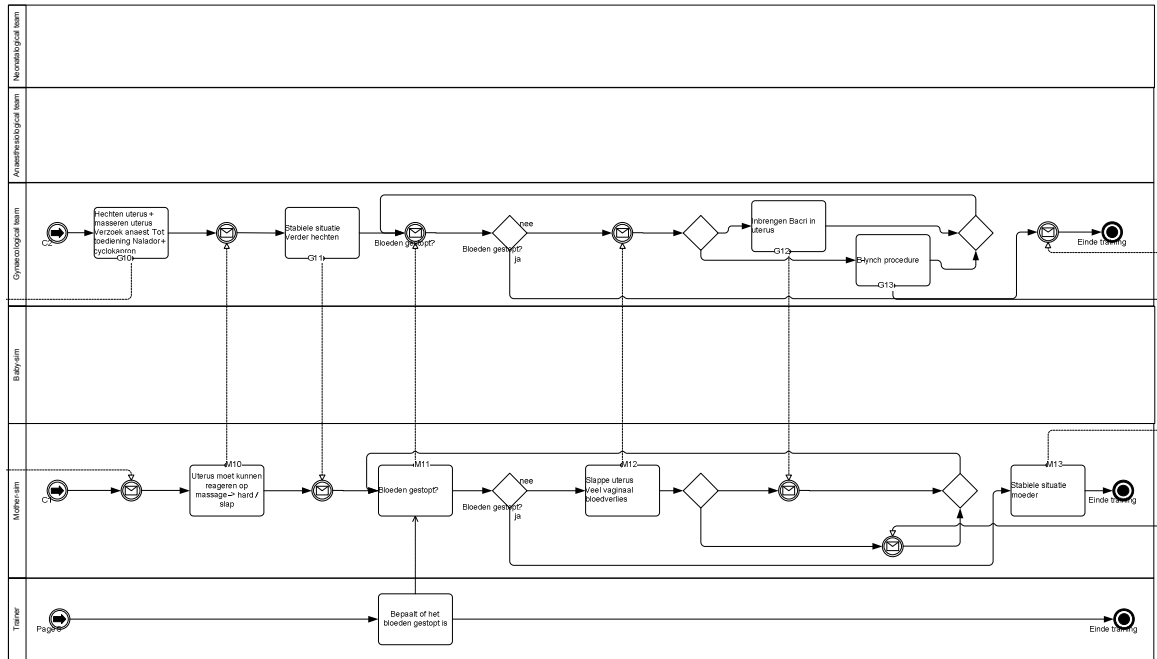


Figuur 4. Flow chart te simuleren scenario deel 2

Ontwikkeling van een realistische bevallingssimulator voor teamtraining van obstetrisch en gynaecologisch personeel



Figuur 5. Zwembanen diagram te simuleren scenario deel 1



Figuur 6. Zwembanen diagram te simuleren scenario deel 6

2.4 Hardware [F.L.M. Delbressine]

De Technische Universiteit Eindhoven faculteit Industrial Design heeft in dit project gewerkt aan de volgende hardware onderwerpen:

- Navelstreng obstructie detector (patent aangevraagd) (L. Feijs, F. Delbressine, J. Hu, P. Peters)
- Skin color generering voor babymannequins t.b.v. APGAR scoring (patent aangevraagd) (F. Delbressine, L. Feijs, G. v.d. Boomen, P. Peters)
- Spierspanning generering voor babymannequins (T. Heesterbeek, F. Delbressine)
- Moro-reflex voor babymannequins (T. Heesterbeek, F. Delbressine)
- Hartslag generering voor babymannequins (M. Croes, L. Feijs)
- Hardware platform voor een babymannequin (P. Peters)
- Een compact uitdrijfmechanisme (F. Delbressine)

2.4.1 Navelstreng obstructie detector (patent aangevraagd) [L. Feijs, F. Delbressine, J. Hu, P. Peters]

L. Feijs, F. Delbressine, J. Hu en P. Peters hebben tezamen een patent aangevraagd genaamd "SENSOR AND SYSTEM FOR FLUID FLOW SIMULATION".

Ten behoeve van de patentaanvraag is een werkend prototype gemaakt. De uitvinding simuleert een navelstreng van een of andere samenstelling van aders of slagaders t.b.v. medische trainingen voor Eerste Hulp, Obstetrie en andere acute.

2.4.2 Skin color generering voor babymannequins t.b.v.

APGAR scoring (patent aangevraagd) [F. Delbressine, L. Feijs, G. v.d. Boomen, P. Peters]

De onderhavige uitvinding heeft in eerste aspect betrekking op de simulatie van huidverkleuring voor een patiëntsimulator, hetzij een volwassen patiëntsimulator hetzij een (premature) babysimulator.

Bij de opleiding van medisch personeel worden patiëntsimulators gebruikt. Deze simulators bootsen (een gedeelte van) het lichaam van een patiënt na en hierop kan een grote verscheidenheid aan medische handelingen worden geoefend.

2.4.3 Spierspanning generering voor babymannequins

[T. Heesterbeek, F. Delbressine]

Probleemstelling was om een realistische representatie te genereren van de spierspanning ten behoeve van de APGAR score van een pasgeborene baby mannequin.

De baby mannequin diende een realistische spierspanning te genereren alsook de afwezigheid ervan.

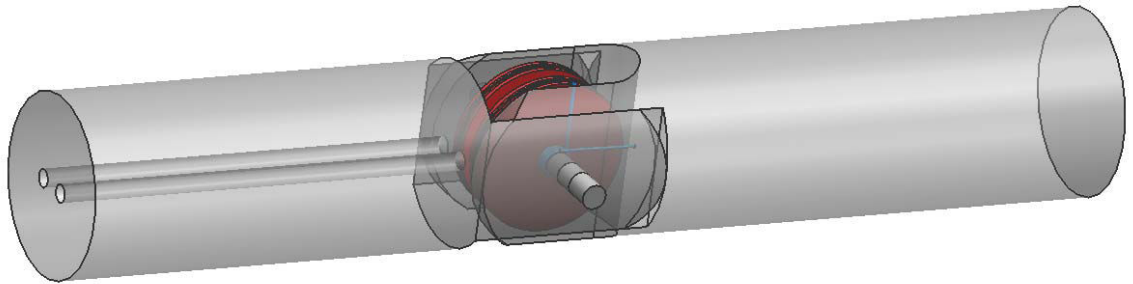
De oplossing dient geschikt te zijn voor het gebruik door medische professionals.

De oplossing moest in een babymannequin passen. De benodigde energie moest direct of via een energieomzetting door een batterij te leveren zijn. De oplossing diende zo stil mogelijk te zijn en weinig warmte te produceren. Tot slot de oplossing diende op afstand controleerbaar te zijn.

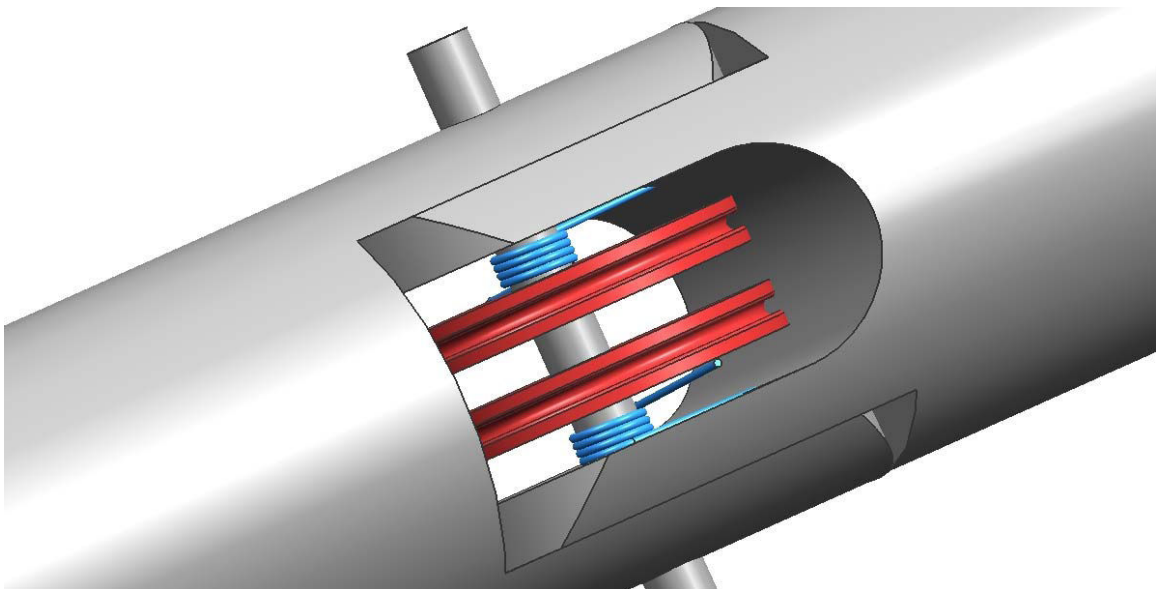
De spierspanning is slechts 1 onderdeel van de APGAR test. Voor medische professionals is de spierspanning echter een moeilijk aspect omdat de spierspanning slechts kwalitatief te meten is. Het is daarom moeilijk om medici te trainen hoe deze spierspanning zou moeten aanvoelen. De gerealiseerde oplossing is daarom getest door medici en goed bevonden.

Als oplossing is gekozen voor 2 veren respectievelijk vastgemaakt aan de onderarm en de bovenarm, zie Figuur 7, Figuur 8 en Figuur 9. Elke veer is aan het ander uiteinde vast gemaakt ieder aan zijn eigen katrol. Iedere katrol

heeft een touw om zich heen gewikkeld. Door nu aan de touwen van beide katrollen gelijkmatig te trekken is de spierspanning in te stellen op een gewenste waarde.



Figuur 7. CAD model armgewricht



Figuur 8. CAD model arm gewricht met 2 katrollen en de voorgespannen veren



Figuur 9. Armgewricht met katrollen en veren

De touwen worden elk door een eigen luidspreker motor aangespannen, zie Figuur 10.

Een uitgebreidere beschrijving inclusief alle berekeningen zal nog gepubliceerd worden in een wetenschappelijk tijdschrift.



Figuur 10. Luidspreker motor

2.4.4 Moro-reflex voor babymannequins [T. Heesterbeek, F. Delbressine]

De Moro-reflex is voor het eerst geobserveerd en beschreven door de Oostenrijkse kinderarts Ernst Moro (1874-1951). Het is een van de infantiele reflexen. De Moro-reflex is in incomplete vorm aanwezig in prematuur geboren baby's vanaf de 28^e week van de zwangerschap. In complete vorm is deze aanwezig vanaf de 34^e week van de zwangerschap. Voor normale pasgeborenen is de reflex aanwezig tot de 4^e of 5^e maand na de geboorte. De reflex kan gewoon verdwijnen of de baby wordt minder gevoelig ervoor en deze verdwijnt langzaam.

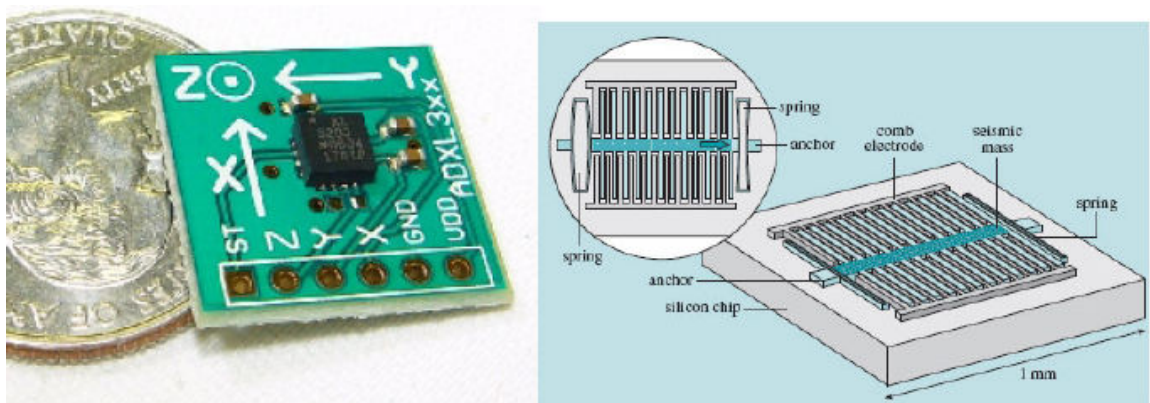
De Moro-reflex wordt geactiveerd indien de baby voelt dat hij/zij valt, een onverwacht geluid hoort of een onverwachte beweging vindt plaats. Het valgevoel is het sterkst in het hoofd van de baby, het hoofd maar een beetje achterover laten vallen kan de reflex activeren.

De Moro-reflex bestaat uit 4 fasen:

1. Het schrikken
2. De abductie (spreiden van de armen)
3. De adductie (ontspreiden van de armen)
4. Huilen

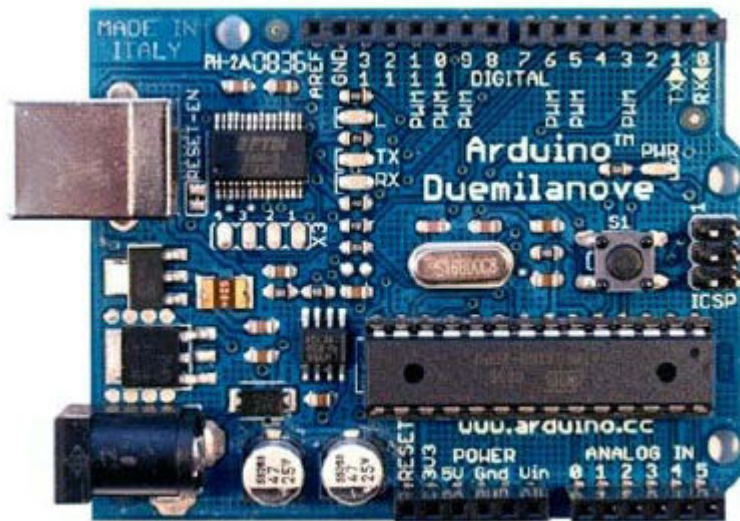
Doel was de technologie te ontwerpen die past in het lichaam van een interactieve babysimulator en die de Moro-reflex realistisch simuleert. Het realisme is door artsen geverifieerd.

De oplossing moest in een babymannequin passen, De benodigde energie moest direct of via een energie omzetting door een batterij te leveren zijn. De oplossing diende zo stil mogelijk te zijn en weinig warmte te produceren. Tot slot diende de oplossing op afstand controleerbaar te zijn.



Figuur 11. Gebruikte versnellingssensor

De oplossingen voor de spierspanning en de Moro-reflex lijken erg op elkaar, echter voor de spierspanning is constante actuatie van de 2 motoren nodig. Voor de Moro-reflex is een snelle actuatie van 1 motor nodig daarna een langzame actuatie voor de tegengestelde beweging door een andere motor. Verder dient, voordat de actuatie van de Moro-reflex plaats kan vinden, de versnelling, zie Figuur 11, van het hoofd gemeten te worden en bij een versnelling groter dan een bepaalde grenswaarde geëvalueerd door een controller dient de arm geactueerd te worden, zie Figuur 12.

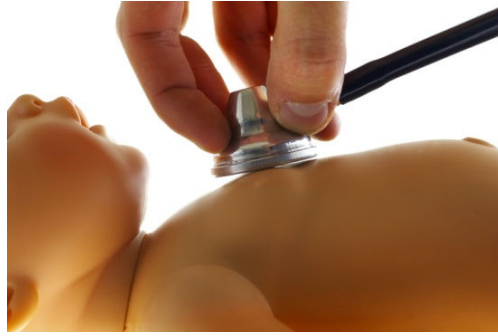


Figuur 12. De gebruikte Arduino Duemilanove controller

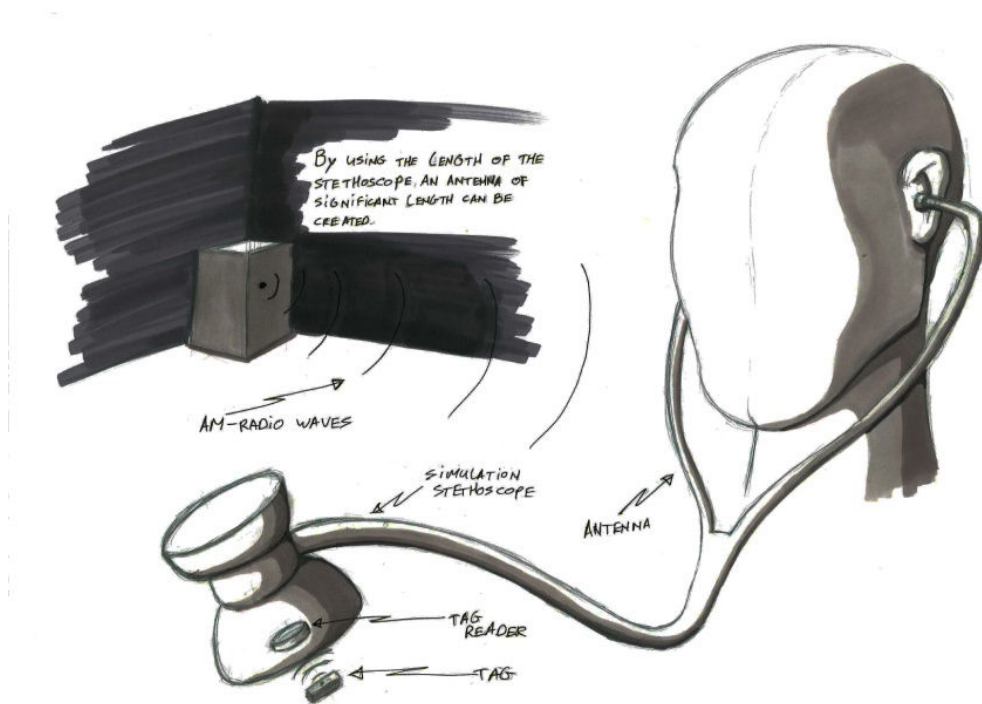
2.4.5 Hartslag generering voor babymannequins (M. Croes, L. Feijs)

Het probleem was om een hartslag te generen voor een babymannequin ten behoeve van APGAR scoring. Een van de grote problemen is het ruimtegebrek in een babymannequin en de grote hoeveelheid functies die aangebracht moeten worden in de babymannequin.

Daarom is gekozen voor een oplossing waarbij het grootste gedeelte van de benodigde componenten niet in de babymannequin hoeft te worden geplaatst. Gekozen is voor het genereren van het hartslaggeluid in een stethoscoop. De stethoscoop, zie Figuur 13, is daarom voorzien van een luidsprekertje. Om het gewicht van de stethoscoop niet extreem te verhogen is gekozen voor een passieve luidspreker zonder voeding.



Figuur 13. Met een stethoscoop luisteren naar de hartslag

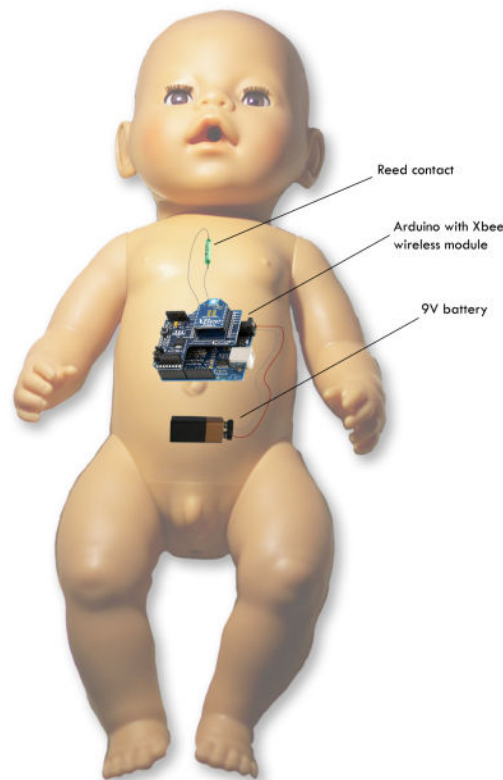


Figuur 14. Het concept

De stethoscoop, zie Figuur 14 en Figuur 18, bevat naast een luidspreker een antenne. Deze antenne vangt een AM radiosignaal (zie Figuur 17) op en de luidspreker geeft dit signaal weer. De AM radiozender, zie Figuur 16, is in de nabijheid van de stethoscoop in de simulatieruimte geplaatst. De stethoscoop bevat een "tag" wiens nabijheid door de babymannequin kan worden gedetecteerd. De nabijheid van de stethoscoop "tag" wordt gedetecteerd door een Reed-contact in de babymannequin, zie Figuur 15. Nadat de nabijheid van de "tag" is gedetecteerd, door het Reed-contact, wordt de AM zender, afhankelijk van de gewenste APGAR scoring, ingeschakeld. Deze

genereert dan de gewenste hartslag gecorrigeerd voor de vervorming door de radiotransmissie en de overdracht van de luidspreker.

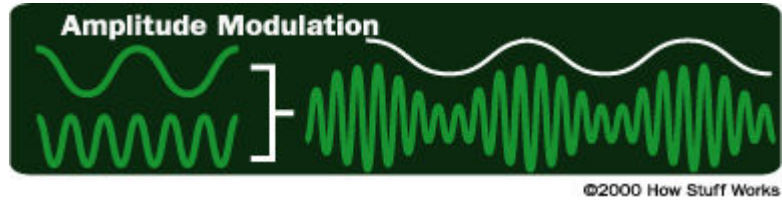
Het contact tussen de babymannequin en de AM zender vindt plaats via wireless communicatie. Deze wireless communicatie module (Xbee wireless module in Figuur 15) neemt enige ruimte in maar is ook benodigd voor het realiseren van andere functionaliteit.



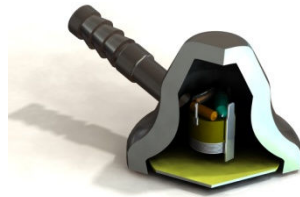
Figuur 15. Reed contact in de babymannequin



Figuur 16. De radiozender



Figuur 17. Amplitudemodulatie van het radio signaal

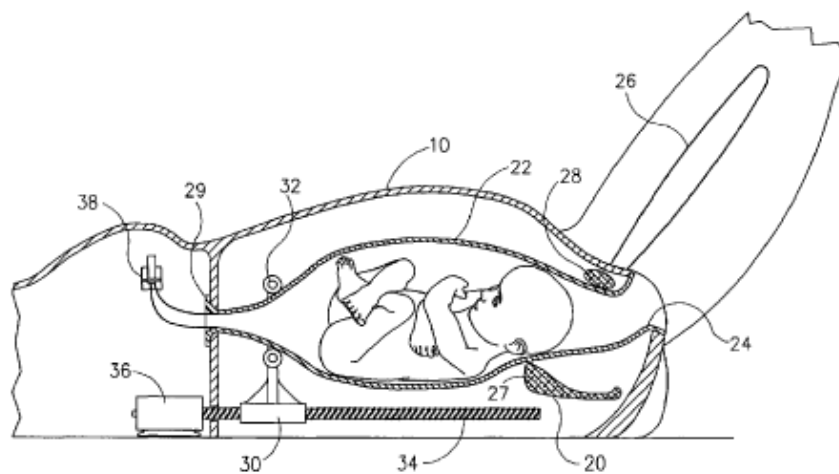


Figuur 18. De stethoscoop met ingebouwde luidspreker en ontvanger

Op deze wijze is het mogelijk, op een compacte wijze, een hartslaggeneratie in een babymannequin te genereren.

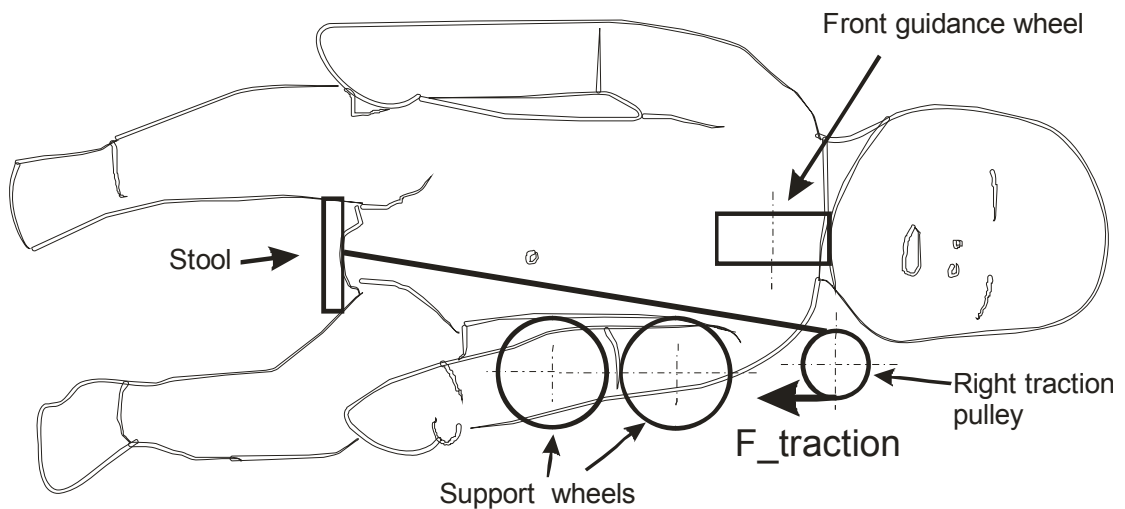
2.4.6 Een compact uitdrijfmechanisme (F. Delbressine)

Binnen dit project is een compact uitdrijfmechanisme ontwikkeld. Allereerst is een uitgebreid patent- en literatuuroverzicht (zie Figuur 19) gegeneerd. Op basis van dit patent- en literatuur overzicht is een nieuw en compact uitdrijfmechanisme concept ontwikkeld.

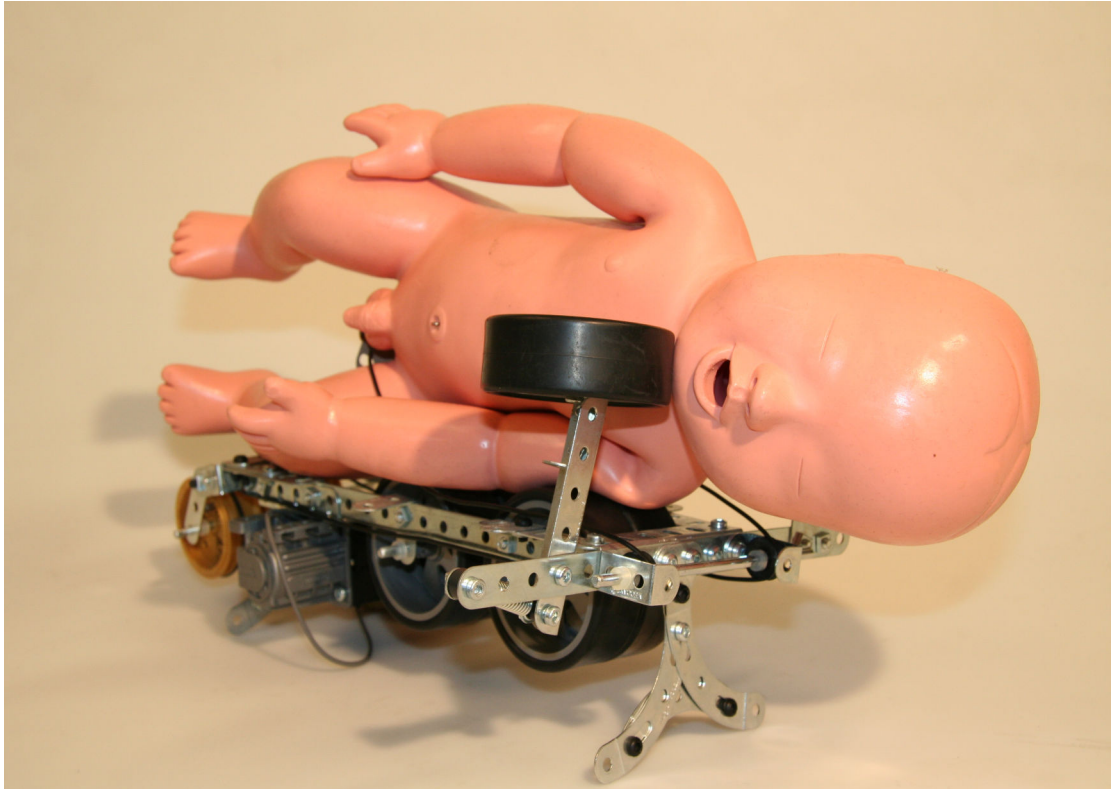


Figuur 19. Het Ohel patent

Het ontwikkelde mechanisme is gebaseerd op aandrijfkabels die een zitvlak naar voren trekken in de richting van de baarmoederuitgang. Een uitgebreide beschrijving, inclusief berekeningen, argumentaties van de gekozen oplossing en foto's is aangeboden ter publicatie in een internationaal tijdschrift. Een schematische weergave en foto van de gekozen oplossing zijn te zien in Figuur 20 en Figuur 21.



Figuur 20. Schematische weergave van het zogenaamde tractiekabel ontwerp

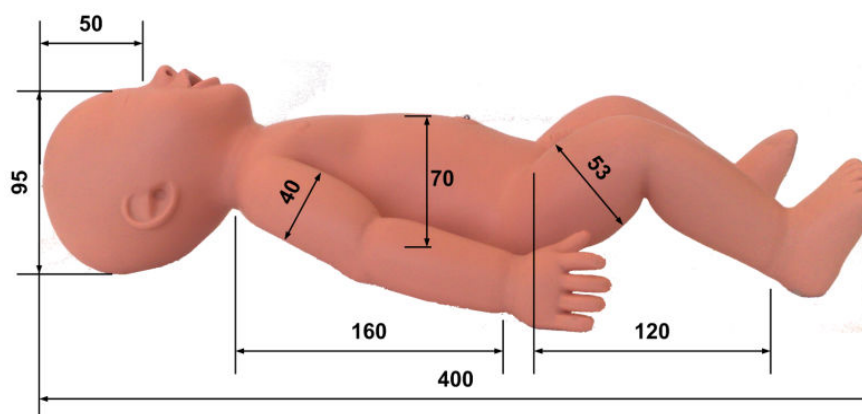


Figuur 21. Foto van het tractiekabel ontwerp

2.4.7 Babymannequin

Introductie

De babymannequin is een model van een volgroeide baby die bepaalde externe en interne kenmerken kan vertonen die door gynaecologen onmiddellijk na de geboorte worden onderzocht om de gezondheid van de baby te bepalen. Deze kenmerken kunnen worden beïnvloed afhankelijk van het scenario dat wordt gebruikt voor een training. In de volgende paragrafen wordt beschreven welke dynamische externe en interne kenmerken kunnen worden bestuurd, hoe deze te besturen en welke implementatie overwegingen zijn gemaakt om deze kenmerken te realiseren.



Figuur 22. Babymannequin zijaanzicht

Ontwerp

Behalve de selectie van de aangewezen sensoren en actuatoren voor het meten en besturen van de vereiste fysieke parameters, is ook het basis-systeem ontworpen dat de sensoren uitleest en de actuatoren bestuurd. Onafhankelijkheid van het type en het aantal sensoren en actuatoren is van belang om eenvoudig nieuwe functionaliteit te kunnen toevoegen. Dit is gerealiseerd door een losse koppeling te creëren tussen de mannequin en het basis systeem, gebruik makend van berichtuitwisseling, waarmee gelezen sensorwaarden en commando's uitgewisseld worden. Een modulair softwareontwerp in de babymannequin maakt eenvoudige configuratie en

toevoegingen mogelijk. Door gebruik te maken van digitale I/O en analoge I/O zijn tevens de meest voorkomende I/O protocollen zoals pulsbreedte modulatie en verscheidene standaard communicatie protocollen te gebruiken. De keuze van input en output signalen die mannequin ondersteund zijn vooralsnog gebaseerd op de op dit moment voorziene typen sensoren en actuatoren.

Alle functionaliteit van de baby mannequin is gerealiseerd met een micro-controller en specifieke software.

Het merendeel van de sensoren en de elektronica, de voeding inbegrepen, zullen in de babymannequin worden geplaatst. Dat vormt een aanzienlijke beperking op de grootte en plaatsing van alle componenten, aangezien het daadwerkelijke bruikbare volume (zie Figuur 22) klein is. Tevens moet de babymannequin er zo echt en natuurlijk mogelijk uitzien en aanvoelen, wat extra beperkingen oplevert op de manier waarop externe kenmerken gerealiseerd kunnen worden.

Het gewicht van de componenten is ook een belangrijke factor. Het totaalgewicht van de babymannequin moet realistisch zijn ligt tussen 3000 tot 4000 gram. De gewicht- en groottebeperkingen beïnvloeden ook direct andere factoren zoals het beschikbare vermogen van de voeding (batterijgrootte) en de beschikbare kracht van actuatoren (motorgrootte). Ook moeten de verbindingen tussen de componenten minimaal zijn, vooral als het aantal componenten groeit als in de toekomst de hoeveelheid functionaliteit vergroot wordt. Dit zal onder andere gevolgen hebben voor verbindingselementen zoals connectoren, bussen en bedrading.

Functionaliteit

Gebaseerd op de eisen die zijn opgesteld door gynaecologen zijn verscheidene functies ingebouwd in de baby. De functionaliteit die is gerealiseerd en de manier waarop ze worden aangestuurd/gemeten is te zien in Tabel 1.

Tabel 1. Functionaliteit

Functie	Actuator/Sensor
Moro reflex / Spiertonus	Versnellingsensor Trek magneten
Huidskleur	EL folie
Hartslag	Luidspreker
Hart massage	Druksensor

De mannequin is een zelfstandig systeem dat communiceert via een draadloze verbinding. Commando's van het basissysteem worden ontvangen en verwerkt, en resulteren mogelijk in actuator-acties of het terugsturen van gelezen sensor-informatie. Een lijst van commando's en de resulterende is te vinden in Tabel 2. Mogelijke sensor output is te zien in Tabel 3.

Tabel 2. Commando's en resultaten

Commando	Waarde	Effect
set mororeflex	0/1	0 – Moro-reflex niet geactiveerd 1 – Moro-reflex geactiveerd
set skincolor	0..255	Blauw intensiteit, 0 = minimaal, 255 = maximaal
set heartbeat	0..255	Hartslag ritme in slagen per minuut
get chestpressure		Lees borstkas druksensor waarde (zie Tabel 3)
get chestfrequency		Lees borstkas druksensor frequentie (zie Tabel 3)
mode chestpressure	0/1/2	Druksensor waarde wordt: 0: gestuurd op aanvraag 1: gestuurd bij verandering van sensorwaarde 2: gestuurd om de 100 ms
Mode chestfrequency	0/1/2	Druksensor frequentie wordt: 0: gestuurd op aanvraag 1: gestuurd bij verandering van sensorwaarde 2: gestuurd om de 100 ms

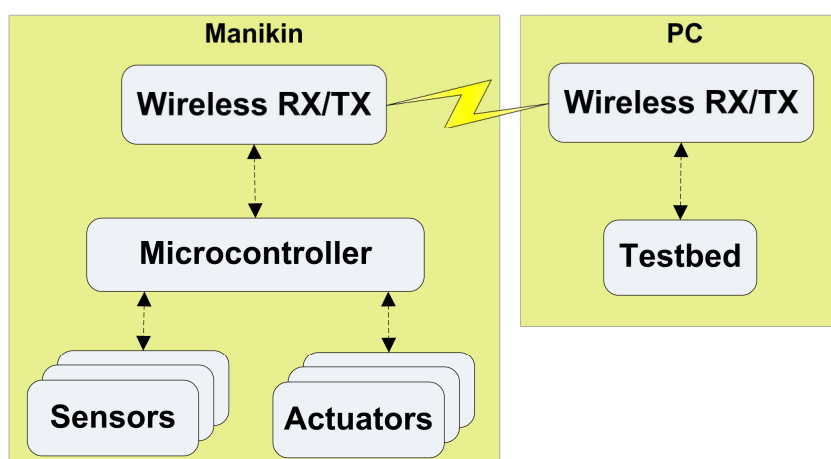
Tabel 2. Commando's en resultaten en Tabel 3 laten de commando's en respons zien zoals ze zijn gedefinieerd in de babymannequin. De werkelijk uitgewisselde berichten met het basissysteem zullen anders zijn. Om dit op te vangen is een conversiemodule in het basissysteem voorzien. Deze constructie maakt een nagenoeg volledig onafhankelijke ontwikkeling van de babymannequin mogelijk.

Tabel 3. Sensorrespons

Respons	Waarde	Betekenis
chestpressure	0..255	Toegepaste druk op de borst
chestfrequency	0..255	Frequentie van de borst druk in druk per minuut

Hardware Implementatie

Zoals vermeld op pagina 62, is de bedoeling dat een grote verscheidenheid aan actuatoren en sensoren toegepast kan worden indien nodig, en alhoewel het huidige prototype er slechts een klein aantal gebruikt, is de hardware en software ontworpen met het oog op uitbreiding. Aangezien tijdens de ontwikkeling van de babymannequin het basissysteem niet beschikbaar was is een testomgeving gebruikt om de implementatie van de functionaliteit te testen. Een blokdiagram van de mannequin en de testomgeving is te zien in Figuur 23. Babymannequin systeem- en testomgeving.

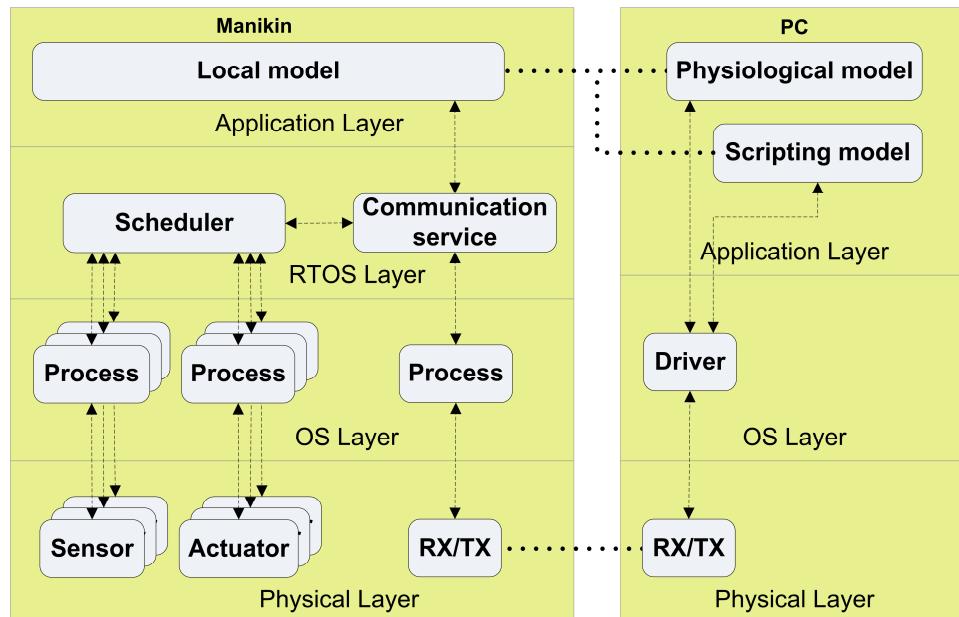


Figuur 23. Babymannequin systeem- en testomgeving

De sensoren in het prototype zullen specifieke fysische waarden in elektronische signalen converteren. Deze signalen zullen meestal analoog zijn, soms digitaal, afhankelijk van de gebruikte sensor. Actuatoren in het prototype zullen elektronische signalen (digitaal of analoog, afhankelijk van het type van actuator) in specifieke fysische waarden omzetten. De gekozen microcontroller (NXP LPC2148) heeft mogelijkheden om analoge en digitale input te lezen, digitale output (met inbegrip van pulsbreedtemodulatie) te doen evenals beperkte analoge output. Verder zijn er voorzieningen voor asynchrone communicatie (RS232) alsook synchrone communicatie (I2C, SPI) en USB. Een WIFI-module verbonden met de controller zorgt voor een draadloze communicatie. Data wordt gecommuniceerd over dit kanaal gebruikmakend van het standaard TCP/IP protocol. Het minimaliseren van het verbruik van het prototype wordt gedaan door geschikte sensoren te kiezen die een laag verbruik hebben en door gebruik te maken van de sleepmode van de microcontroller en de communicatie module. De voeding van het prototype is gerealiseerd met een 3.7 Volt 700 mAh lithium-ion accu.

Software Implementatie

De software zorgt voor het lezen van sensoren, het besturen van de actuatoren, het doen van benodigde conversies, het bewaken van tijdsrelaties en voor communicatie. Een beperkt overzicht van de architectuur van de software is te zien in Figuur 24. Op de microcontroller loopt een real-time operating system (FreeRTOS) en verschillende processen die het lezen van de sensoren en het aansturen van de actuatoren verzorgen. Een apart proces zorgt voor de communicatie. Te zien is dat de software opgesplitst is in lagen die specifieke functies uitvoeren zoals fysieke interactie, abstractie naar logische services en de werkelijke functionaliteit van de mannequin. Iedere laag communiceert met de boven- en onderliggende laag. De werkelijke verbinding tussen de mannequin en de rest van het system (het "PC" blok in Figuur 24) gebeurt via de fysieke laag. Logisch gezien communiceren lagen met dezelfde namen, zoals weergegeven met de gestippelde lijnen in Figuur 24.



Figuur 24. Software architectuur

De gebruikte programmeertaal voor de microcontroller is C. Het real-time operating system zorgt voor scheduling en prioriteitsverdeling van de verschillende processen, waarbij elk proces zijn eigen specifieke functionaliteit verzorgt. Logisch bekeken bestaat het hoofdprogramma uit een oneindige lus waarin alle sensoren gelezen worden, de binnenkomende seriële data wordt verzameld, filtering wordt gedaan op de gelezen data, de actuators worden aangestuurd afhankelijk van de binnengekomen seriële communicatie en het sturen van uitgaande seriële communicatie. Een van de zwaarwegende factoren voor soft- en hardware keuze zijn de eisen voor timing. Bepalend hierin is de werkelijke snelheid die nodig is voor het lezen van de sensoren en het aansturen van de actuators. Het operating systeem kan tot ongeveer eens in de 5 ms sensoren lezen en actuators aansturen, wat in principe voldoende is voor de implementatie van dit prototype. Als in de toekomst ook geluid wordt toegevoegd – zoals te voorzien is- zal deze snelheid onvoldoende zijn en moet er gekeken worden naar extra hardware zoals een snelle A/D convertor of een specifieke audio chip.

2.5 Software [J. Hu, R. Laat, R. Daamen, P. Willems]

2.5.1 MedSim Messaging Protocol

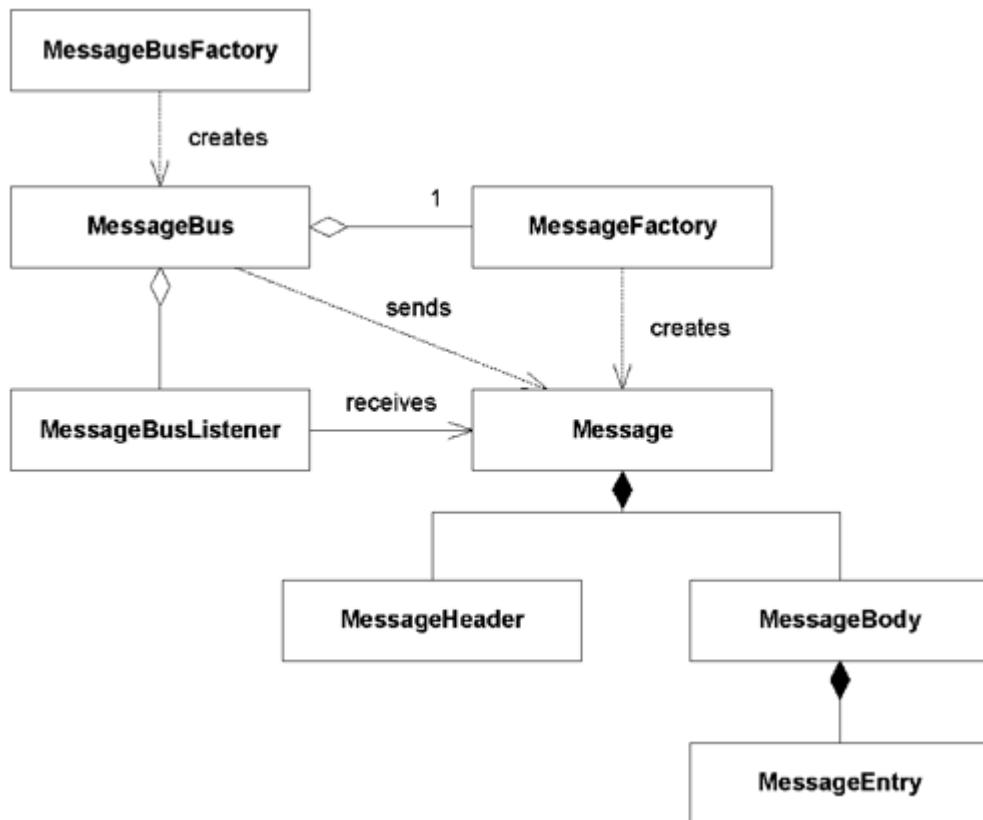
In het beoogde simulatiesysteem werken de onderdelen onafhankelijk van elkaar, in een gedecentraliseerde manier. Communicatie tussen de onderdelen is zo ontworpen dat deze niet door een centrale computer geregeld worden, maar verlopen volgens een XML-gebaseerd (eXtended Markup Language) protocol, dat op zijn beurt weer onafhankelijk is van netwerkprotocollen, hardware- en softwareplatformen en programmeertalen. Het doel is dan niet alleen dat een onderdeel zich zonder problemen bij een al draaiend systeem kan aan- of afmelden, al naar gelang de noodzaak om dat onderdeel te gebruiken bij de simulatietraining, maar ook dat nieuwe onderdelen door derden ontwikkeld kunnen worden, zolang ze het gespecificeerde protocol maar volgen.

XML-gebaseerde messages zijn makkelijk uitbreidbaar, te lezen (ook als platte tekst) en uit te wisselen. Er zijn diverse varianten van XML-protocollen, zoals bijvoorbeeld XML-PRC, SOAP, WDDX, XMI, Jabber, ebXML, WSDL, WIDL, SCL. Het ontwerp van het messaging protocol voor het MedSim systeem heeft een aantal iteraties ondergaan, en de uiteindelijke versie (0.1.3) is gebaseerd op SOAP (Simple Open Access Protocol). Alhoewel SOAP oorspronkelijk ontworpen is als een basaal raamwerk voor het bouwen van webservices, is het later uitgebreid voor generieke toepassingen waarbij gestructureerde informatie in een gedecentraliseerde omgeving kan worden uitgewisseld, onafhankelijk van een bepaald programmeermodel of andere implementatieafhankelijke zaken. Hiermee wordt direct aan de gestelde vereisten voor robuuste communicatie tussen de simulatoronderdelen voldaan. In feite is het MedSim Messaging Protocol een toepassing van SOAP, waarbij gebruik kan worden gemaakt van de rijke mogelijkheden van bestaande SOAP-gebaseerde communicatie softwarebibliotheken voor veel verschillende hardware- en softwareplatformen.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<SOAP-ENV:Envelope
xmlns:SOAP-ENV=http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/
xmlns:medsim="http://www.deliverysimulator.id.tue.nl/medsim/">
  <SOAP-ENV:Header>
    <medsim:Sender>Baby</medsim:Sender>
    <medsim:Receiver>Mother</medsim:Receiver>
  </SOAP-ENV:Header>
  <SOAP-ENV:Body>
    <medsim:HeartBeat>
      <rate>100</rate>
      <isNormal>true</isNormal>
    </medsim:HeartBeat>
  </SOAP-ENV:Body>
</SOAP-ENV:Envelope>
```

Messaging bus

De communicatiekanalen in de systeemarchitectuur zijn geïmplementeerd als een functie van de messaging bus, waarin de onderdelen boodschappen naar elkaar kunnen sturen of van elkaar kunnen ontvangen. De structuur van deze messaging bus is getoond in Figuur 25. De onderdelen in deze structuur zijn gespecificeerd als abstracte software interfaces, zodat ze gebruikt kunnen worden voor ontwikkeling van simulatieonderdelen door derden, met verschillende gereedschappen op verschillende computerplatforms.



Figuur 25. Schematische structuur van de MedSim messaging bus

In het huidige project zijn twee referentie implementaties gedaan in de programmeertaal Java, te weten local en multicast. De local messaging bus is gebouwd voor het testen van het systeem, en de communicatiekanalen blijven beperkt tot onderdelen die op dezelfde computer draaien. De Multicast messaging bus, bedoeld voor zelfstandige onderdelen, is geïmplementeerd met gebruik van JXTA protocollen, een set van zes protocollen die speciaal zijn ontworpen voor verschillende manieren van netwerken. Met behulp van deze JXTA protocollen kunnen de onderdelen van het systeem zelforganiserende en zelfconfigurerende groepen vormen, ongeacht hun positie in het netwerk. De multicasting messaging bus stuurt de boodschap naar alle onderdelen die aangesloten zijn op hetzelfde kanaal. Alhoewel multicasting een hogere belasting van het netwerkverkeer betekent, is dat voor een kleine groep onderdelen geen probleem. Als de groep opschaaft en dit alsnog een probleem zou kunnen vormen, dan kan deze multicasting bus eenvoudig vervangen worden voor een andere, bijvoorbeeld een unicasting

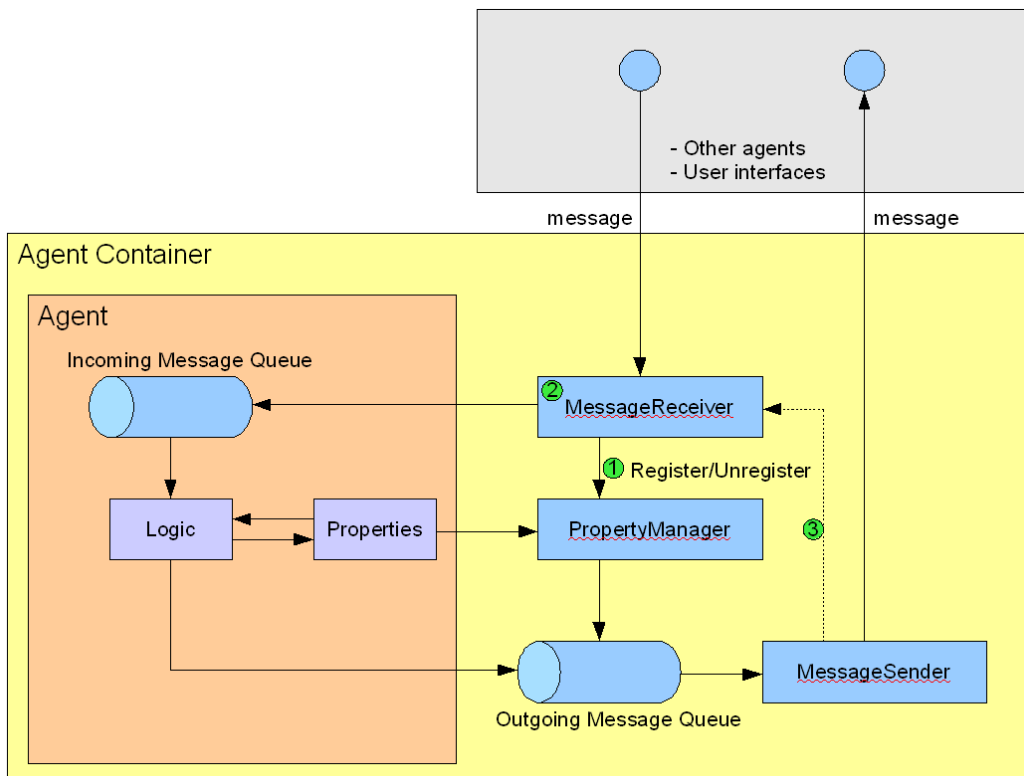
bus waarin slechts een enkele zender en ontvanger zitten, door via het vastgelegde protocol een andere "MessagingBusFactory" aan te vragen.

2.5.2 Simulator Software [R. Laat]

Er zijn twee verschillende software systemen gebouwd, elk met een andere invalshoek. Het eerste systeem is gebaseerd op autonome agents, het tweede systeem is gebaseerd op het afdraaien van een van te voren vastgelegd scenario.

Autonome Agents

Agents zijn software modules die intern hun eigen staat bijhouden, en kunnen communiceren met de buitenwereld (bijvoorbeeld met andere agents). Een Agent draait altijd binnen een Agent Container. De Agent Container is verantwoordelijk voor de communicatie met de buitenwereld. Hieronder staat een diagram van het ontwerp:



Logic

De Logic component representeert een continue draaiend proces. Het kan nieuwe berichten lezen van de “Incoming Message Queue”. Het kan ook properties lezen en schrijven. Het schrijven van properties gebeurt transactioneel, zodat wanneer er fouten optreden, de andere – binnen dezelfde transactie weggeschreven waarden – teruggedraaid kunnen worden. Dit zorgt ervoor dat de properties zich altijd in een consistente toestand bevinden. De Logic component ziet altijd de volledige oude toestand van de properties tijdens een transactie zodat de nieuwe toestand altijd gebaseerd zal zijn op de consistente oude toestand. Hetzelfde transactionele karakter wordt gebruikt bij het versturen van berichten.

Properties

De Properties component bevat een lijst van waarden die de totale toestand van de Agent definiëren. Andere Agents en user interface componenten kunnen zich abonneren (of hun abonnement opzeggen) op bepaalde properties, zodat ze genotificeerd worden wanneer een property verandert.

Incoming Message Queue

Deze queue dient om de berichten over te geven van de thread die de inkomende berichten inleest en de thread van de Agent voor wie het bericht bestemd is. Op deze manier kan de Logic component van de Agent zelf beslissen wanneer inkomende berichten verwerkt worden.

Message Receiver

De Message Receiver ontvangt alle inkomende berichten voor de Agent Container. Gebaseerd op het type bericht kunnen er verschillende acties uitgevoerd worden. Een bericht om te abonneren/abonnement opzeggen zal doorgestuurd worden naar de Property Manager.

Property Manager

De Property Manager regelt het abonneren en abonnement opzeggen van componenten die geïnteresseerd zijn/waren in bepaalde properties. Zodra er properties veranderen waar componenten in geïnteresseerd zijn, zullen berichten verstuurd worden via de “Outgoing Message Queue”.

Outgoing Message Queue

Een queue die Agent Container breed is, en waar de uitgaande berichten in bewaard worden.

Message Sender

De Message Sender component leest en verstuurt continue uitgaande berichten uit de “Outgoing Message Queue”.

Overige opmerkingen bij het diagram:

1: Op dit moment bepaalt de Property Manager of de component die het bericht verstuurd voldoende rechten heeft om een bepaalde property uit te lezen.

2: De Message Receiver bepaalt of de verzendende component genoeg rechten heeft om dit type bericht naar deze Agent te sturen.

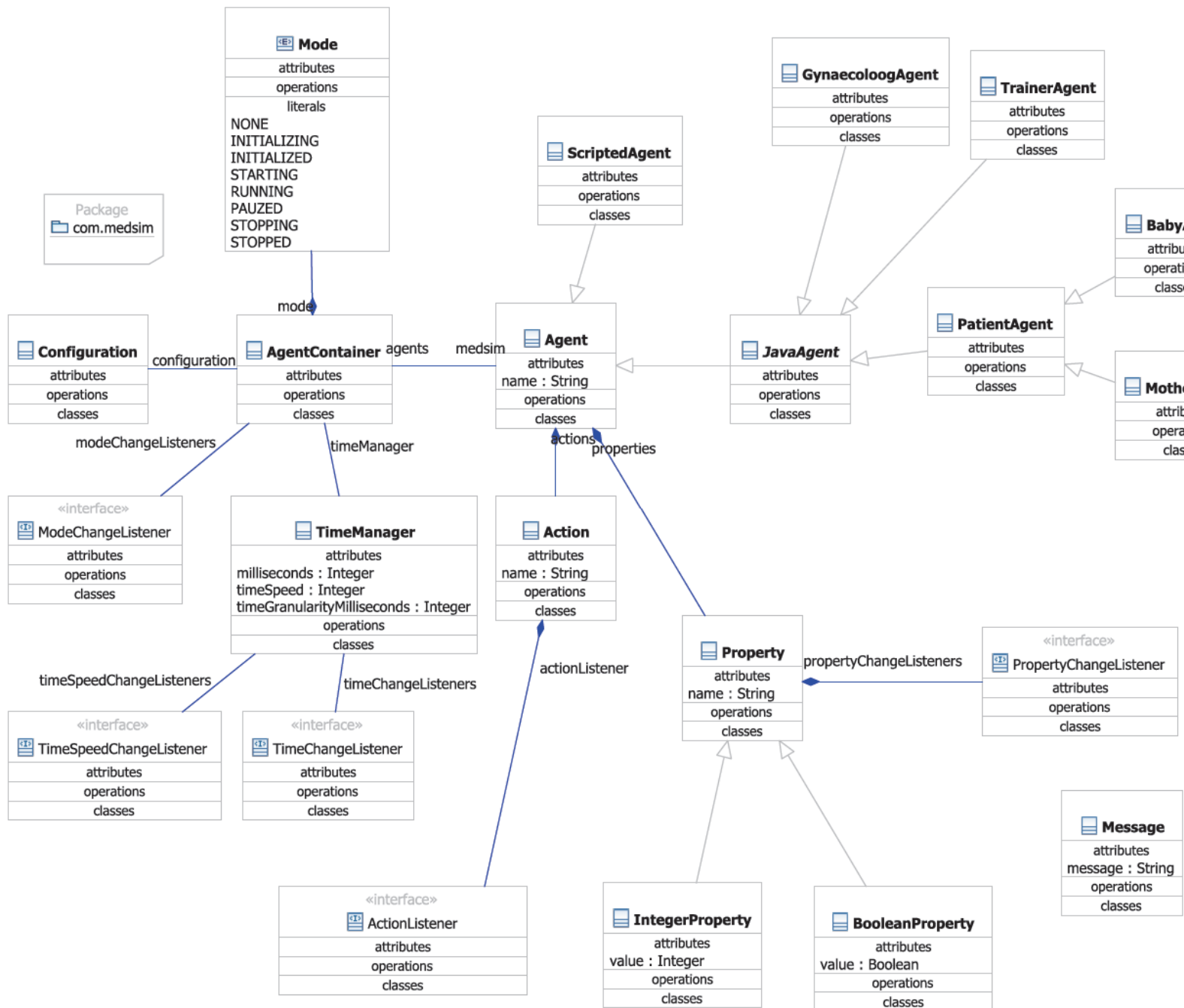
3: Wanneer Agents binnen dezelfde Agent Container draaien kunnen ze door een interne koppeling direct met elkaar communiceren.

Communicatie tussen de verschillende Agents gebeurt door de broadcasting van berichten, waarbij elke Agent Container de berichten, bestemd voor Agents die binnen de Agent Container draaien, doorgeeft.

Om snel verschillende Agents te laden binnen een Agent Container is er de mogelijkheid om een configuratie te laden uit een XML bestand. Verder leest

elke Agent Container uit een ander XML bestand de naam van de container (welke uniek moet zijn) en gegevens over de te gebruiken netwerkinterface en gebruikerstaal.

Klasse diagram:



Screenshot van de Agent software:

The screenshot displays the MedSim software interface, titled "MedSim - default - Test Configuration 1". The interface includes a control bar with buttons for "Initialize", "Start", "Stop", "Pause", "Continue", and navigation arrows, along with a timer showing "00:00:06" and a version indicator "X 1.0".

The main area is divided into four panels, each representing an agent's configuration:

- Baby:** A table with columns "Property" and "Value". The "heartRate" property is set to "100".
- Mother:** A table with columns "Property" and "Value". Properties include "bloodPressureL" (120), "gejodeerd" (false), "bloodPressureH" (70), "heartRate" (92), "rr" (22), "spO2" (98), "buikwandGeop..." (false), "afgedekt" (false), and "eda" (false).
- Gyneacoloog:** A table with columns "Property" and "Value". The "timeoutdone" property is set to "false". Below the table are four action buttons: "openBuikwand", "dienEdaToe", "jodeer", and "dekaf".
- Trainer:** A table with columns "Property" and "Value". Below the table is one action button: "timeout".

At the bottom of the interface is a "Log" window with a tab labeled "Environment". The log contains several entries, all starting with "Sending AgentOnlineMessage" and detailing the agent's name and online status.

Scenario Gebaseerd

Om de scenariosoftware te initialiseren wordt een XML bestand van disk ingelezen. Dit XML bestand bevat dezelfde informatie als de eerder getoonde plaatjes van scenario's, maar dan gestructureerd.

Voorbeeld scenario (basis) XML:

```
<?xml version="1.0" encoding="ASCII"?>
<scenario:Scenario xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
instance" xmlns:scenario="http://medsim/scenario" image="schema2.png">
  <items xsi:type="scenario:Start" id="1" description="Activity 1" title="Activity
1" next="//@items.1">
    <coord x="130" y="130"/>
  </items>
  <items xsi:type="scenario:Activity" id="2" description="Activity 2"
title="Activity 2" next="//@items.2">
    <coord x="650" y="130"/>
  </items>
  <items xsi:type="scenario:Activity" id="3" description="Activity 3"
title="Activity 3" next="//@items.3">
    <coord x="650" y="650"/>
  </items>
  <items xsi:type="scenario:Activity" id="4" description="Activity 4"
title="Activity 4" next="//@items.0">
    <coord x="130" y="650"/>
  </items>
</scenario:Scenario>
```

Na het inlezen van het scenario kan het scenario gestart worden. Bij elke stap binnen het scenario zijn er in 4 kwadranten de volgende gegevens zichtbaar:

- Beschrijving: Een beschrijving van de huidige stand van zaken, hierin staan bijvoorbeeld gegevens over de bloeddruk e.d.
- Taken: Hierin staan de voor deze stap in het scenario specifieke punten die de trainer moet controleren en aanvinken indien uitgevoerd.
- Scenariovisualisatie: Hierin staat een visualisatie van het scenario, waarbij de huidige stap in het scenario wordt gecentreerd.
- Parameters: Afhankelijk van de stap in het scenario zijn er

verschillende vervolgstappen mogelijk, de trainer kiest zelf de vervolgstap.

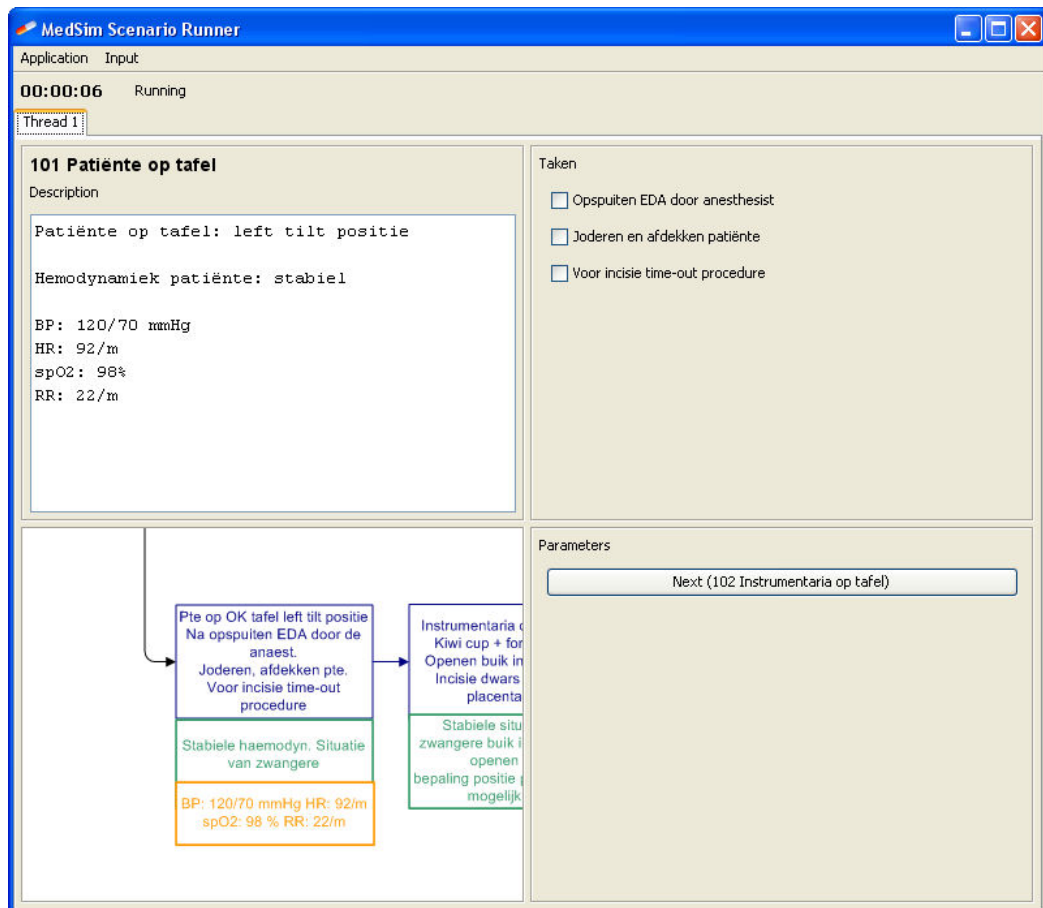
Scenario draaien

Gedurende de uitvoer van een scenario kunnen bepaalde splitsingen in het scenario voorkomen die er voor zorgen dat er meerdere processen tegelijk gaan lopen. In dit geval verschijnt er een tweede tab (Thread 2 genoemd) waarin dezelfde 4 schermen te zien zijn als bij de eerste Thread.

Tijdens het draaien van een scenario kunnen 1 video en 1 audio spoor worden opgenomen via de interne video/geluidskaart van de PC en via de eventueel aangesloten USB camera.

Wanneer alle threads afgerond zijn stopt de uitvoer van het scenario. Na de uitvoer is het mogelijk om het scenario opnieuw af te spelen. Hierbij zijn de eventueel opgenomen audio en video tracks beschikbaar en zullen de stappen die zijn uitgevoerd op het scherm voorbij komen.

Screenshot van de Scenario Software:



2.6 Virtual/Augmented Reality [R. Daamen, P. Willems]

2.6.1 Inleiding

Technieken als Virtual Reality (http://nl.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality) of Augmented Reality (http://nl.wikipedia.org/wiki/Augmented_reality) bieden de mogelijkheid onderdelen van de simulatie niet in hardware maar in software uit te voeren. Hierdoor kan de verzameling mogelijke scenario's van de simulator enorm worden uitgebreid. Het beste resultaat wordt verkregen wanneer gebruik wordt gemaakt van een VR-bril, waarmee de waarneming volledig kan worden gecontroleerd. Hier kleven ook een aantal nadelen aan:

- De systemen zijn nog niet echt wireless, zodat men ofwel met kabels aan de omgeving verbonden is (dat de bewegingsvrijheid belemmert) of dat apparatuur moet worden meegedragen (wat ook een beperking is)
- Oogcontact tussen de leden van het team wordt belemmerd.

Een andere optie is gebruik te maken van projectie. Deze mogelijkheid is toegepast in de demonstratie van 10 december 2009. In deze demonstratie werd een bevalling gesimuleerd van een vrouw die slachtoffer was in een verkeersongeluk.

Voor de trainingssimulator wordt voornamelijk gedacht aan Augmented Reality (ook wel als Mixed Reality aangeduid). AR biedt als voordeel boven VR dat maar een deel van de omgeving virtueel is. De werkelijkheid wordt als het ware aangevuld met virtuele elementen. Dit heeft het grote voordeel dat alleen die onderdelen gemodelleerd en gevisualiseerd hoeven worden die er echt toe doen.

Bij de huidige stand van de techniek kan helaas nog niet alles met AR worden gesimuleerd. Vooral tastbare onderdelen of objecten die fysische weerstand moeten bieden zijn nog een probleem. Voor een specifiek trainingsscenario zal per onderdeel bekeken moet worden of de uitvoering in software (AR) dan wel in hardware moet plaatsvinden. Trainingsdoelen en

het belang van bepaalde onderdelen in het scenario zullen bij deze keuze een rol spelen. Zo kan een incisie virtueel worden gesimuleerd door het 3D tracken van het mes en de dynamische projectie van de effecten. Maar een hardware uitvoering van het daadwerkelijk doorsnijden van weefsels onder het vrijkomen van rode vloeistof is ook een mogelijkheid. Tenslotte is ook een tussenvorm denkbaar: echte doorsnijding van weefsels met projectie van virtueel bloed.

2.6.2 Simuleren van bloedstroming bij een keizersnede

Een onderdeel van het scenario is de uitvoering van een keizersnede. Deze sectie levert een bloedstroming op nadat enkele weefsellagen doorsneden zijn. De manier waarop de bloedstroming verloopt is een indicator voor een aantal beslismomenten in de teamtraining. Zo kan de hoeveelheid bloed (liters/minuut), de variatie hiervan in de tijd, de kleur en de transparantie een beeld geven van de ontwikkeling van het scenario.

De visualisatie vindt plaats vanuit een projector geplaatst in het plafond. Door gebruik te maken van een DLP projector¹ kan het zwart ook daadwerkelijk geen licht op de pop achterlaten zoals bij oa. LCD. Op deze manier is het projectievlak niet aanwezig als een virtuele laag voor de gebruikers. Voor de gebruiker valt het niet op dat er geprojecteerd wordt omdat enkel een aantal onderwerpen oplichten ipv een geheel vlak,

Het bloed wordt van bovenaf over de pop geprojecteerd. De projectie bestaat uit een spotlicht zoals normaal in de OK om het te opereren deel uit te lichten. De bloedkleur is daarmee ook donkerder dan zijn omgeving zodat het bloed massiever overkomt in tegenstelling tot een enkel oplichtende projectie.

Voor de visualisatie hiervan wordt gebruikt gemaakt van het realtime renderen van een vloeistof simulator. De simulator berekent de vloeistof als

¹ Een DLP projector heeft een hoger contrast dan LCD en de pixels zijn minder nadrukkelijk aanwezig door een kleinere rand.

een cloud met particles, waarbij elke particle grafische eigenschappen meekrijgt voor de rendering. De particles hebben onderling meerdere parameters om het gedrag van de vloeistof te simuleren, zoals viscositeit en kleverigheid. Daarnaast houdt de simulatie rekening met zwaartekracht en extra force fields. Op deze manier kunnen de 3D eigenschappen van het lichaam gemapt worden aan de visualisatie. De vloeistof lijkt op de juiste manier over de vorm van het lichaam te stromen.

Al deze parameters kunnen realtime bestuurd worden. Een preset is een van te voren ingestelde vorm om een van de beslismomenten in het scenario verloop vooraf te definiëren.

Deze presets kunnen realtime aangeroepen worden met het Medsim Messaging protocol en start vanaf een trigger nadat de incisie is begonnen.

2.7 Video tracking

2.7.1 Introductie

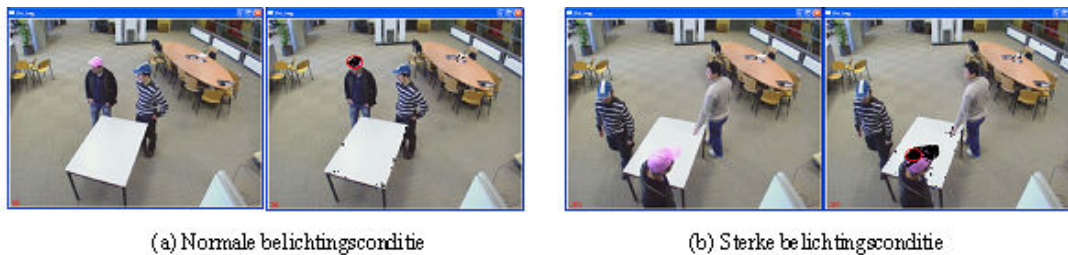
Binnen de context van dit project is het doel een geautomatiseerd systeem te ontwikkelen dat het gedrag van deelnemers aan een simulatietraining kan evalueren. Daartoe worden videobeelden van de training gemaakt en geanalyseerd met een computerprogramma om de gedragingen van de leerlingen te volgen, en de verrichtte handelingen te registreren en vergelijken met het gewenste gedrag. Wanneer de getoonde gedragingen op specifieke dimensies, zoals in geografische afstand en in de tijd, teveel afwijken van de gestelde normen wordt een alarm afgegeven aan de trainer.

Om dit doel te realiseren dienen drie technische problemen te worden opgelost. Ten eerste moeten de deelnemers aan de training geïdentificeerd kunnen worden. Om dit complexe herkenningsprobleem binnen dit onderzoekstraject te ondervangen wordt aan de deelnemers gevraagd hoofdeksels van verschillende kleuren te dragen, waarbij het systeem zo geprogrammeerd dient te worden dat kleurbeïnvloeding door veranderlijke belichting geneutraliseerd wordt. Ten tweede moeten vier tot vijf personen tegelijkertijd gevolgd kunnen worden, en dit volgalgoritme (tracking) moet in real-time kunnen werken. Ten derde moet geschikte patroonherkenning gevonden worden om een model van het gespeelde scenario te realiseren.

2.7.2 Oplossingen: Omgaan met dynamische belichting

Om het eerstgenoemde herkenningsprobleem op te lossen worden allereerst de kleuren van de pixels (beeldelementen) omgezet van de normaliter gebruikte RGB kleurenruimte naar de HSV kleurenruimte, omdat deze laatste robuuster is gebleken tegen veranderingen in belichting. Daarna wordt een zogenaamd Gaussian Mixture Model gebruikt om de kleuren onder veranderende omstandigheden te modelleren. Er worden monsters genomen van de verschillende, te volgen kleuren onder normale, sterke en zwakke belichting, om het model van de juiste informatie te voorzien en de aanwezigheid van deze kleur in het beeld te kunnen vaststellen. Om de exacte plaats te

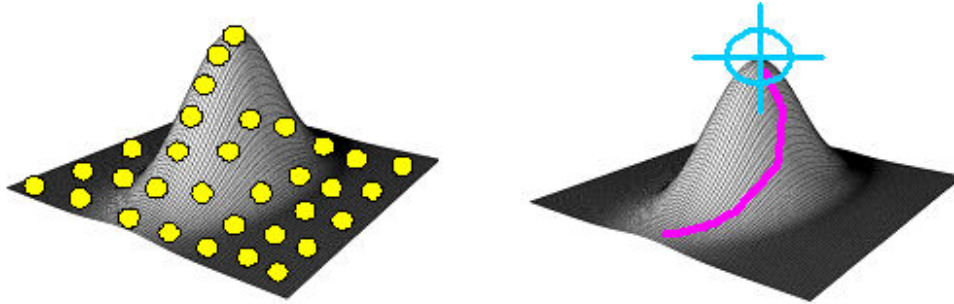
kunnen bepalen wordt een zogenaamd K-means clustering algoritme gebruikt, en een ellips om deze positie in het beeld geprojecteerd om deze te markeren. Figuur 26 toont twee voorbeelden waarin een rood hoofddekseel succesvol gelokaliseerd wordt onder verschillende belichtingscondities.



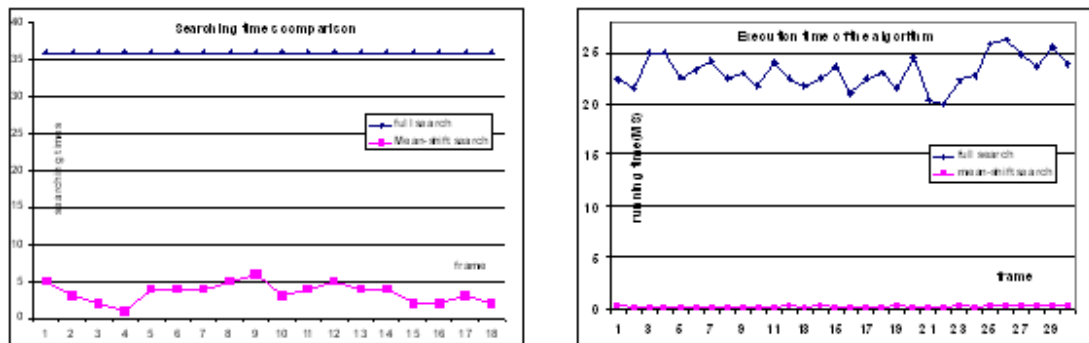
Figuur 26. Twee voorbeelden van de werking van het systeem onder verschillende belichtingscondities. Ieder linkerfiguur van een paar toont het originele beeld, het rechterfiguur geeft het resultaat van de plaatsbepaling door het systeem weer.

2.7.3 Oplossingen: Een snel volg-algoritme gebaseerd op het mean-shift concept

De oplossing voor het als tweede genoemde probleem, de tracking, werd gevonden in de toepassing van een mean-shift concept algoritme, een snelle manier om bepaalde verschijningsvormen in een dataset (hier kleuren in een beeld) te vinden op basis van de functie van de waarschijnlijkheidsdichtheid. Omdat het gebruik van een full-search algoritme erg rekenintensief is, werd het systeem zo aangepast dat het gebruik maakt van de informatie uit voorgaande beelden, en zo richtingsvectoren voor de punten met de hoogste dichtheid uit de functie van de waarschijnlijkheidsdichtheid te definiëren en te volgen (ref. Han en De With, in voorbereiding). Figuur 27 toont de principeschillen in benadering voor twee algoritmen. Waar eerst alle gele punten in de linkerfiguur doorgerekend dienen te worden, wordt in de nieuwe methode enkel de parse vector in de rechterfiguur gedefinieerd en gevolgd. Met deze efficiënte benaderingswijze wordt een aanzienlijke snelheidswinst in de verwerking van de beeldelementen behaald, zoals te zien is in de performance indicatoren in Figuur 28. Dit voordeel is van groot belang in een real-time systeem.



Figuur 27. Beschrijving van de het mean-shift concept. Links: de gele punten vertegenwoordigen alle posities die verwerkt moeten worden. Rechts: mean-shift vector in de zoekrichting als efficiëntere rekenmethode.



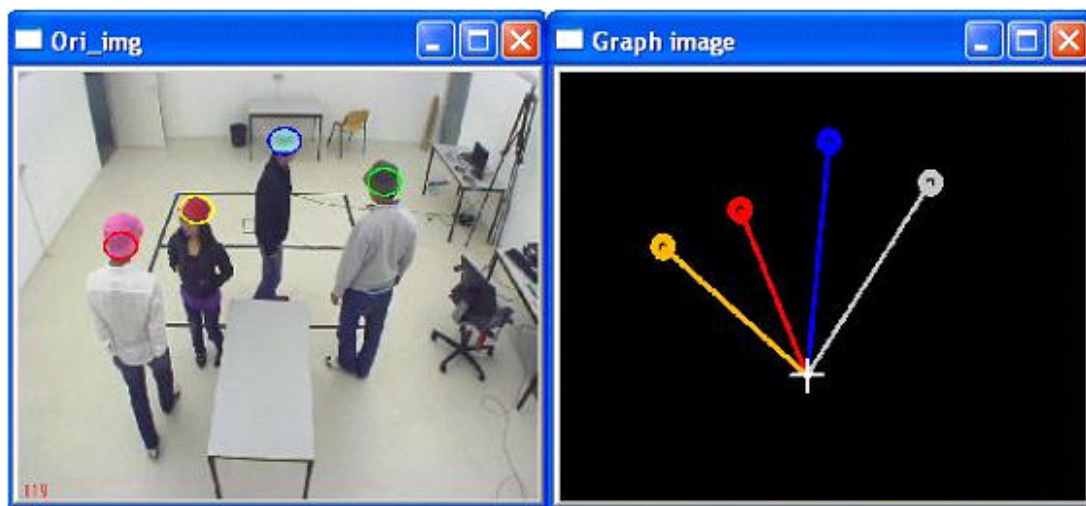
Figuur 28. Efficiëntie van het systeem. Links: de zoektijden van het originele en het aangepaste algoritme. Rechts: de uitvoeringstijden van beide algoritmen zoals uitgevoerd op een PIII-3G PC.

2.7.4 Oplossingen: Patroonherkenning gebaseerd op een grafische theorie

Het gedrag van deelnemers in een bevallingssimulatietraining heeft twee eigenschappen. Ten eerste, de deelnemers zijn in hun verplaatsingen beperkt tot een specifieke geografische ruimte. Dit kan leiden tot diverse geometrische configuraties, zoals een vierkant met het patiënt-bed als midden, maar kan verschillend zijn in andere scenario's. Ten tweede, het gedrag is in de tijd duidelijk gestructureerd. Als een scenario bijvoorbeeld 10 minuten duurt, dan kunnen bepaalde acties daarna verwacht worden, als gevolg van de eerdere actie. Op basis van deze twee observaties is gekozen voor grafische theoriegebaseerde patroonherkenning. Het gekozen algoritme

kan op natuurlijke wijze de geografische en temporele relaties van de deelnemers modelleren (Han *et al.*, 2009). Figuur 29 geeft een voorbeeld, waarin door middel van het volgen van de hoofden van de deelnemers een geografische kaart kan worden geconstrueerd.

Om het model van de juiste informatie voor automatische evaluatie te voorzien, bestaat de patroonherkenningsmodule uit twee delen: het trainingsgedeelte en het testgedeelte. In het trainingsgedeelte wordt het "standaardgedrag" gespeeld door ervaren instructeurs om het model te laten leren. Dit gedrag kan worden gesplitst in kleinere relevante onderdelen, afhankelijk van de context en het belang van de specifieke handelingen. Gedurende een het testgedeelte wordt hetzelfde algoritme toegepast. Als de statistische verschillen klein zijn, dan is het getoonde gedrag vergelijkbaar met het gewenste gedrag. Als deze verschillen groter worden dan een bepaalde waarde, dan is het getoonde gedrag niet acceptabel vergeleken met het gewenste gedrag. Deze informatie kan de instructeur gebruiken om het getoonde gedrag te corrigeren.



Figuur 29. Links: het originele beeld met het volgen van de hoofden. Rechts: grafische kaart van de volgdetectie

2.8 Conclusie

Medische simulatie is nog ver verwijderd van de technologische state-of-the-art simulatoren die gebruikt worden in andere werkgebieden, zoals die van de luchtvaart of nationale veiligheid. Op deze terreinen zijn de ervaringen met simulaties cruciaal om de uitvoering van het werk te maximaliseren en de fouten die in het dagelijks leven kunnen ontstaan te minimaliseren.

Verplichte en regelmatige simulatie oefeningen op deze terreinen zorgen niet alleen voor de verbetering van de individuele vaardigheden maar tevens voor het verbeteren van het teamwerk. Medische professionals werken ook in team verband en voor hen geldt eveneens dat de communicatie tussen de leden van het team doorslaggevend is voor tijdige en doelmatige reacties. Deze overwegingen waren de drijfveer achter ons project. In het begin ervan hebben we veel onderzoek gedaan naar de mogelijkheden. Een aantal van de onderzochte methodes leverden onvoldoende werkelijke toegevoegde waarde aan de trainingsomgeving. De andere mogelijkheden leken wel daadwerkelijk bij te dragen aan het voordeel van de medische simulatie, als er voldoende onderzoek naar werd gedaan.

Tijdens de looptijd van het Pieken in de Delta (PiD) project heeft het ontwikkelingsteam de mogelijkheden onderzocht en de opties ontwikkeld zoals die werden voorzien in het projectvoorstel. Aan het eind van het project konden de resultaten geïntegreerd worden in de uiteindelijke trainingsomgeving, in dit geval de recentelijk geopende Medsim trainingsfaciliteiten. Daarnaast zijn er nog een aantal mogelijkheden die daadwerkelijk potentieel hebben en die verder onderzocht en opgewaardeerd kunnen worden om daarmee de medische simulatie verder te verbeteren. Zoals hiervoor al werd gezegd heeft de medische simulatie nog een lange weg te gaan en zijn er veel gebieden die zich lenen voor verder onderzoek en mogelijke implementatie.

Er werd vooral aandacht gegeven aan het omzetten van de geschreven medische scenario's naar technische flow charts, waarin alle technische

details werden onderscheiden die zich voordoen tijdens alle verschillende fasen van het scenario.

De flowchart was daarmee de basis van het verloop van het ontwikkelingswerk: het maakte de software mogelijk om een virtuele simulator te ontwerpen die in staat is om de vitale condities van moeder en kind na te bootsen, die de uit te voeren taken van de trainees kan identificeren en die de trainer de mogelijkheid biedt om alle handelingen te overzien en te controleren. Het maakte het ook mogelijk om robotica en operationele oplossingen te verbinden met virtuele elementen in de werkelijkheid en uit te voeren tijdens het scenario.

Deze PiD is een goede start geweest. Dankzij de samenwerking van het ontwikkelingsteam en omdat de projectresultaten zeer gunstig waren, is er al actie ondernomen om het werk dat in PiD werd gestart verder uit te voeren. Het is onze overtuiging dat het voortgezette onderzoek en de integratie van aanvullende technologieën zoals robotica en augmented reality, engineering en interactieve software leiden naar meer realistische, betrouwbare en effectieve medische simulatie hulpmiddelen. We hopen daarmee in de komende jaren een daadwerkelijke contributie op dit gebied te maken.

Literatuur



3. Literatuur

- Allard J, Cotin S, Faure F, Bensoussan P-J, Poyer F, Duriez C, Delingette H, Grisoni L. SOFA - An open source framework for medical simulation. *Proceedings of Medicine Meets Virtual Reality XV*, 2007; 13-18.
- Bradley P, Postlethwaite K. Simulation in clinical learning. *Medical Education* 2003; 37 (Suppl. 1): 1-5.
- Cenk Çavuşoğlu M, Göktekin TG, Tendick F, Sastry S. GiPSi: An open source/open architecture software development framework for surgical simulation. *Proceedings of Medicine Meets Virtual Reality XII*, 2004; 46-48.
- Clark SL, Cotton DB, Lee W, Bishop C, Hill T, Southwick J, Pivarnik J, Spillman T, DeVore GR, Phelan J, et al. Central hemodynamic assessment of normal term pregnancy. *American Journal of Obstetric Gynecology* 1989; 161 (6 Pt 1): 1439-42.
- Cotin S, Shaffer DW, Meglan DA, Ottensmeyer MP, Berry PS, Dawson SL. CAML: A general framework for the development of medical simulations. *Proceedings of SPIE 4037: Battlefield Biomedical Technologies II*, 2000.
- Devitt JH, Kurrek MM, Cohen MM, Cleave-Hogg D. The validity of performance assessment using simulation. *Anesthesiology* 2001; 95: 36-42.
- Dieckmann P, Manser T, Wehner T. Presence and high fidelity patient simulators in anaesthesiology: Influences derived from interviews and questionnaires. *Proceedings of the 6th International Workshop on Presence*, Aalborg, Denmark, 2003.
- Dieckmann P, Gaba D, Rall M. Deepening the theoretical foundations of patient simulation as social practice. *Simulation in Healthcare* 2007; 2: 183-193.
- Draycott T. et al. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology* 2006;113:177-182.
- Farmer E, van Rooij J, Riemersma J, Jorna P, Moraal J. *Handbook of Simulator-Based Training*. Aldershot, Ashgate Publishing, 1999.
- Glavin RJ, Maran NJ. Integrating human factors into the medical curriculum. *Medical Education* 2003; 37 (Suppl. 1): 59-64.

Good ML. Patient simulation for training basic and advanced clinical skills. *Medical Education* 2003; 37 (Suppl. 1): 14-21.

Gordon JA, Wilkerson WM, Shafer DW, Armstrong EG. "Practicing" medicine without risk: Students' and educators' responses to high-fidelity patient simulation. *Academic Medicine* 2001; 76: 469-472.

Gordon JA, Tancredi DN, Binder WD, Wilkerson WM, Shafer DW. Assessment of a clinical performance evaluation tool for use in a simulator-based testing environment. *Academic Medicine* 2003; 78: S45-S47.

Grogan EL, Stiles RA, France DJ, Speroff T, Morris JA Jr, Nixon B, Gaffney FA, Seddon R, Pinson CW. *The impact of aviation-based teamwork training on the attitudes of health-care professionals*. J Am Coll Surg 2004;199:843-8.

Han J., Feng M., de With P.H.N., "A real-time video surveillance system with human occlusion handling using nonlinear regression". *Proceedings IEEE Conference on Multimedia and Expo*, pp.305-308, June. 2008.

Han J., Feng M., de With P.H.N., "Vision-based group-behavior evaluation in delivery simulation training: A view-independent approach". *Proceedings Asian Conference on Computer Vision Workshop on Video Event Categorization, Tagging and Retrieval*, 2009 (invited paper).

Han J., de With P.H.N., "Real-time multiple people tracking for automatic group-behavior evaluation in delivery simulation training". *Accepted by International Journal of Multimedia Tools and Applications*.

Hays RT, Singer MJ. *Simulation Fidelity in Training System Design: Bridging the Gap Between Reality and Training*. New York: Springer; 1989.

Health grades quality study. Patient safety in American hospitals 2004.
http://www.healthgrades.com/media/english/pdf/HG_Patient_Safety_Study_Final.pdf Pagina bekeken op 04-11-05.

Issenberg SB, McGaghie WC, Petrusa ER, Gordon DL, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: A BEME systematic review. *Medical Teacher* 2005; 27: 10-28.

Issenberg SB. The scope of simulation-based healthcare education. *Simulation in Health-care* 2006; 1: 203-208.

Jha AK, Duncan BW, Bates DW. Simulator-based training and patient safety. In: *Making Health Care Safer: A Critical Analysis of Patient Safety Practices*. AHRQ Evidence Report/Technology Assessment 43, 2001, pp. 511-518.

Redactie J.J.E. van Everdingen e.a. Bohn, Stafleu van Loghum, Houten 2006. p.315-319.
Morrison GR, Ross SM, Kemp, JE. Designing effective instruction. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2004.

Kohn, Linda T., Corrigan, Janet M., and Donaldson, Molla S., To Err Is Human: Building a Safer Health System. Editors; Committee on Quality of Health Care in America, Institute of Medicine.

Laucken U. *Theoretische Psychologie: Denkformen und Sozialpraxen* (Theoretical Psychology: Modes of Thinking and Social Practices). Oldenburg: Bibliotheks- und Informationssystem der Universität Oldenburg, Germany, 2003.

Leape LL, Berwick DM. *Five years after To Err Is Human: what have we learned?* JAMA. 2005;293:2384-90.

Leonard M, Graham S, Bonacum D. The human factor: The critical importance of effective teamwork and communication in providing safe care. *Quality and Safety in Health Care* 2004; 13: i85-i90.

Magerko B, Laird J. Towards building an interactive, scenario-based training simulator. *Proceedings of the 11th Behavior Representation and Computer Generated Forces Conference*, Orlando, FL, 2002.

Maran NJ, Glavin RJ. Low- to high-fidelity simulation – A continuum of medical education? *Medical Education* 2003; 37 (Suppl. 1): 22-28.

Montgomery K, Bruyns C, Brown J, Sorkin S, Mazzella F, Thonier G, Tellier A, Lerman B, Menon A. Spring: A general framework for collaborative, real-time surgical simulation. *Proceedings of Medicine Meets Virtual Reality X*, 2002; 23-26.

NRC Handelsblad, *3.000 Patiënten onnodig dood in Nederlandse Ziekenhuizen*. 24 oktober 2005, p 3.

Oei SG. *Multidisciplinaire teamtraining van professionals in een medisch simulatie centrum*. Praktijkboek patiëntveiligheid.

Oei SG. Wat draagt het fantoom bij aan opleiding, training en praktijk? In: Reproductieve geneeskunde, gynaecologie en obstetrie anno 2007. Redacteur: E.Slager. DCHG, Haarlem, 2007,543-549.

Oei SG, Koops W. Training individueel en in teams. In: Reproductieve geneeskunde, gynaecologie en obstetrie anno 2007. Redacteur: E.Slager. DCHG, Haarlem, 2007,676-681.

Oei SG, Koops W, van Uytrecht C, Porath M, Mulders LGM. Op elkaar inspelen. *Multidisciplinaire teamtraining verbetert patiëntveiligheid*. Medisch Contact 2006;61:904-906.

Crul BVM. Teamwork. Hoofdredactioneel commentaar. Medisch Contact 2006;61:904-906.
Oei SG. *Medische simulatie en patiëntveiligheid*. NTOG 2006;119:59.

Peters P, Feijs L, Oei G. Plug and play architectures for rapid development of medical simulation manikins. *Proceedings of the 12th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics*, Orlando, FL, 2008; II: 214-219.

Rudolph JW, Simon R, Raemer DB. Which reality matters? Questions on the path to high engagement in healthcare simulation. *Simulation in Healthcare* 2007; 2: 161-163.

Sachs BP. *The importance of patient safety in our profession: the role of team training*. J Perinat Med 2005;33 Suppl 1:8.

Salas E, Wilson-Donnelly KA, Sims DE, Shawn Burke C, Priest HA. Teamwork training for patient safety: Best practices and guiding principles. In: Carayon P (ed.) *Handbook of Human Factors and Ergonomics in Health Care and Patient Safety*. Mahway, NJ: Lawrence Erlbaum; 2007, pp. 803-822.

Scalese RJ, Obeso VT, Issenberg B. Simulation technology for skills training and competency assessment in medical education. *Journal of General Internal Medicine* 2007; 23 (Suppl. I): 46-49.

Scerbo MW, Dawson S. High fidelity, high performance? *Simulation in Healthcare* 2007; 2: 224-230.

Schuwirth LWT, Van der Vleuten CPM. The use of clinical simulations in assessment. *Medical Education* 2003; 37 (Suppl. 1): 65-71.

Wallin C-J, Meurling L, Hedman L, Hedegård J, Felländer-Tsai L. Target-focused medical emergency team training using a human-patient simulator: Effects on behaviour and attitude. *Medical Education* 2007; 41: 173-180.

Weller JM. *Evaluation of simulation-based education in the management of medical emergencies*. Ph.D. Dissertation. Auckland, New Zealand: University of Auckland; 2005.

Colofon

Aan dit rapport werkten mee:

Máxima Medisch Centrum

prof.dr. Guid Oei

dr. Ashley Mérien

ir. Beatrijs van der Hout

MedSim

drs. Rob Steinweg

ing. René Vetjens

Technische Universiteit Eindhoven

prof.dr.ir. Loe Feijs

prof.dr.ir. Peter de With

dr.ir. Frank Delbressine

dr.ir. Jungong Han

dr. Jun Hu, M. Sc.

dr. Othmar Schimmel

ir. Peter Peters

Teun Heesterbeek, B.Sc.

European Design Centre

ing. João Mena de Matos

Barbara Cruz

dr.ir. Peter Willems

Rien Daamen, B.des.

Ruben de Laat

Pieter Kok

