

UNIVERSITEIT HASSELT
2016-2017

Een robot-like monitoring systeem voor medische parameters

Bachelorproef voorgedragen tot het behalen van de graad
van bachelor in de informatica

Auteur:
Mannu LAMBRICHTS

Promotor:
Prof. dr. Kris LUYTEN

Copromotor:
dr. Gustavo ROVELO RUIZ

Begeleiders:
Mevrouw Eva GEURTS
Mevrouw Supraja SANKARAN

Grafisch designer:
De heer Karel ROBERT



Abstract

Hartpatiënten die een ingreep ondergingen of patiënten met een verhoogde kans op hartproblemen dienen een gezondere levensstijl te hanteren om het risico op herval en hartfalen zo klein mogelijk te houden. Dit houdt in dat zij voldoende moeten bewegen, op hun voeding letten en hun medicatie nauwgezet innemen. Hierbij komt ook kijken dat artsen hen moeten kunnen monitoren tijdens bijvoorbeeld het sporten, nemen van hun medicatie of volgen van een dieet. Dit kan onder andere door wekelijkse of maandelijkse afspraken in een revalidatiecentrum of door middel van telemonitoring (het opvolgen van de patiënt op afstand).

Een ander belangrijk aspect bij de revalidatie is dat de medische parameters (bloeddruk, glucosegehalte, hartslag,...) van patiënten nauwkeurig opgevolgd kunnen worden. De patiënt moet hiervoor op regelmatige basis terug naar het revalidatiecentrum om zijn vooruitgang te meten, wat uiteraard veel tijd in beslag neemt.

Het alternatief is dat de patiënt zelf de meetapparatuur aanschaft en thuis de nodige metingen doet. Eventueel kan door middel van telemonitoring de vooruitgang van de patiënt opgevolgd worden. Indien dit niet het geval is, ligt de verantwoordelijkheid bij de patiënt zelf om zijn of haar parameters te meten. Hierbij lopen ze het risico snel gedemotiveerd te raken en minder nauwkeurig om te gaan met de metingen, medicatie en opgelegd dieet.

Deze thesis onderzoekt de mogelijkheid om het meten van de medische parameters bij de patiënt thuis te laten gebeuren. Hierbij wordt zowel gekeken naar gebruiksvriendelijkheid als betrouwbaarheid, waardoor een applicatie voor smartphones een logische keuze was. De interactie met de fysieke sensoren wordt voorzien door een externe robot. Het is de taak van de dokter om het systeem in te stellen aan de start van de revalidatie.

Het algemeen doel van het systeem is dat patiënten een virtueel huisdier gelukkig houden door medische metingen te voltooien. Ook worden alle onzekerheden rond deze metingen weggenomen door voldoende informatie en feedback te voorzien. Resultaten worden op een grafische manier weergegeven om zo een duidelijk overzicht over de vooruitgang te verkrijgen.

Voorwoord

Deze thesis is geschreven voor het behalen van de graad van bachelor in de informatica. In de eerste plaats heb ik voor deze opdracht gekozen omdat ik graag werk aan projecten met Arduino's. Wat deze opdracht zo interessant maakte is het gegeven dat mijn uitwerking gebruikt kan worden in de medische wereld en patiënten er echt mee geholpen kunnen worden.

Als ik terugkijk op het hele proces kan ik met volle overtuiging zeggen dat ik ervan genoten heb deze bachelorproef uit te werken. Ik had een zeer grote vrijheid wat betreft de uitwerking en realisatie van de opdracht waardoor ik mij er volledig in kan terugvinden.

Graag zou ik ook nog een aantal personen willen bedanken zonder wie deze bachelorproef niet mogelijk was geweest. In de eerste plaats zou ik graag mijn promotor Prof. dr. Kris Luyten en copromotor dr. Gustavo Roveló Ruiz willen bedanken voor de mogelijkheid tot deze opdracht. Ook zou ik graag Mevrouw Eva Geurts en Mevrouw Supraja Sankaran willen bedanken voor de dagelijkse begeleiding bij de bachelorproef. Zij waren er steeds voor al mijn vragen en gaven me vele ideeën om dit alles mogelijk te maken. Mevrouw Eva Geurts nam ook de taak op zich om mijn thesis vele keren na te lezen en mij te helpen met de inhoud ervan. Tot slot zou ik ook nog graag De heer Karel Robert willen bedanken voor het grafisch design van de robot en de afbeeldingen in de applicatie.

Tot slot wil ik nog een klein woordje richten aan alle personen die het systeem getest hebben. Zonder hen was de applicatie nooit kunnen worden zoals hij nu is. Als laatste wil ik mijn ouders nog bedanken voor het nalezen van mijn thesis en mij te wijzen op de kleine en grotere foutjes erin.

Mannu Lambrichts, Mei 2017

Inhoudsopgave

Abstract	i
Voorwoord	ii
Inhoudsopgave	iii
Lijst van figuren	vi
Lijst van tabellen	vii
1 Inleiding	1
2 Hartrevalidatie	3
2.1 Geschiedenis	3
2.2 Patiënten geschikt voor hartrevalidatie	4
2.3 Fases in hartrevalidatie	4
2.3.1 Fase 1	5
2.3.2 Fase 2	5
2.3.3 Fase 3	5
2.4 Onderdelen van hartrevalidatie	5
2.4.1 Fysieke activiteiten	6
2.4.2 Roken	6
2.4.3 Voeding	7
2.4.4 Psychologische problemen	9
2.4.5 Seksuele problemen	9
2.4.6 Alcoholgebruik	10
2.5 Voordelen en risico's	10
2.5.1 Voordelen	10
2.5.2 Risico's	10
2.6 Kiezen voor hartrevalidatie	11
2.6.1 Barrières	11
2.6.2 Tevredenheid verhogen	11
2.7 Conclusie	12

3	Motiveren van personen	13
3.1	Fysieke interactie	13
3.2	Psychologische signalen	14
3.3	Taal interactie	14
3.4	Sociale interactie	15
3.5	Sociale rol	15
3.6	Bestaande voorbeelden	15
3.7	Conclusie	16
4	Medische toestellen	17
4.1	Hartslag en bloeddruk	17
4.2	Gezondheid	18
4.3	Activiteit	18
4.4	Conclusie	18
5	Design Tars	20
5.1	Algemene werking	21
5.2	Startscherm	22
5.2.1	Vrolijkheid	23
5.2.2	Opdrachten	23
5.2.3	Systeem informatie	23
5.3	Opdrachtweergave	23
5.3.1	Stappenplan	24
5.3.2	Opdrachten	25
5.3.3	Prioriteit	27
5.3.4	Voltooien van een opdracht	28
5.3.5	Slaaptijd	28
5.4	Resultatenweergave	28
5.5	Help weergave	28
5.6	Instellingen weergave	29
5.7	Telefoonnummers weergave	30
5.8	Afbeeldingen	30
5.9	De robot	32
5.9.1	Vorm	32
5.9.2	Feedback op metingen	32
5.9.3	Ogen	33
5.10	Dokters tool	33
6	Implementatie Tars	39
6.1	Ontwerpkeuzes	39
6.2	Initialisatie van de data	40
6.3	Sensoren	41
6.4	Onderdelen van een opdracht	42
6.4.1	Opdracht	42

6.4.2	Prioriteit en gewicht	43
6.4.3	Achtergrond opdrachten	43
6.4.4	Deadlines	44
6.4.5	Stappenplan	45
6.4.6	Voltooien van een opdracht	46
6.5	Metingen	46
6.5.1	Timeout	47
6.5.2	Vragen	47
6.5.3	Google Fit	48
6.5.4	Interpretatie van resultaten	48
6.6	Notificaties	49
6.6.1	Alarmen	50
6.6.2	Herinneringen	50
6.6.3	Slaaptijd	51
6.7	Resultaten	51
6.8	Help, instellingen en telefoonnummers	51
6.9	Connectie met de robot	52
6.9.1	MeasurementInterface	52
6.9.2	Protocol	53
6.9.3	ConnectionInterface	53
6.9.4	Level2	54
6.9.5	Level1	54
6.9.6	Level0	55
6.9.7	ConnectionManager	55
6.10	Flexibiliteit van de applicatie	55
6.11	Implementatie robot	55
6.11.1	BrugArduino	56
6.11.2	SensorArduino	56
6.11.3	Schematische weergave opstelling	57
6.12	Dokters tool	57
7	Conclusie	59
7.1	Extra onderzoek	59
7.2	Bronnen	60
7.3	Ondervonden problemen	61
7.3.1	Bloeddrukmeter	61
7.3.2	OTG verbinding tussen Android en Arduino	61
	Bibliografie	62

Lijst van figuren

5.1	Het volledige systeem	21
5.2	Startscherm van de applicatie	22
5.3	Informatieve stappenplanpagina's.	24
5.4	Stappenplanpagina voor het uitvoeren van een meting.	25
5.5	Stappenplanpagina voor een vraag aan de gebruiker.	26
5.6	Weergave voor de resultaten van de metingen	29
5.7	Weergave voor het verkrijgen van meer informatie.	30
5.8	Weergave voor het instellen van de applicatie.	31
5.9	Weergave van de telefoonnummers.	31
5.10	De verschillende emoties van de applicatie.	32
5.11	Afbeelding van de fysieke robot, in de vorm van een hondje.	33
5.12	De verschillende emoties van de robot.	34
5.13	De robot wanneer hij knippert met zijn ogen.	34
5.14	Oorspronkelijk ontwerp blijde emotie.	34
5.15	Dokters tool voor het instellen van het systeem.	36
5.16	Weergave van de resultaten van een meting.	37
5.17	Interactie met de dokters tool vanuit de applicatie.	37
5.18	Voorbeeld gegenereerde QR code voor het instellen van de applicatie	38
5.19	Voorbeeld gegenereerde QR code voor exporteren van de resultaten	38
6.1	Schema van de structuur voor het beheer van de database	41
6.2	Protocol voor het uitvoeren van een meting	53
6.3	Grafische weergave van alle verbonden componenten van het systeem.	57

Lijst van tabellen

2.1	De mogelijke uitkomsten voor bovendruk en onderdruk bij een bloeddruk meting.	8
-----	--	---

Hoofdstuk 1

Inleiding

Hartrevalidatie is er voor alle personen die een hartaandoening hebben of gehad hebben. Dit zijn zowel jonge als oude mensen, zowel vrouwen als mannen. Onder een hartaandoening verstaan we alle hartproblemen waarvoor de patiënt behandeld is geweest of nog steeds voor in behandeling is. Hartrevalidatie houdt in dat de patiënt aan lichamelijk herstel werkt en het vertrouwen in zijn of haar lichaam terug opbouwt. Het leren omgaan met de gevolgen van een hartaandoening is hierbij een belangrijke stap in de revalidatie. Patiënten volgen een revalidatieprogramma dat kan bestaan uit verschillende onderdelen, zoals bijvoorbeeld informatie, begeleiding en/of training. In de meeste gevallen is het de bedoeling dat de patiënt voor deze onderdelen zich naar het ziekenhuis begeeft. Hier staat hij of zij onder toezicht van een team specialisten die nauwgezet de vooruitgang van de patiënt volgen en hem of haar bijstaan bij alle vragen en twijfels die er zijn.

Een groot probleem van het revalidatie programma is dat de patiënt voortdurend terug naar het ziekenhuis moet. Dit kost veel tijd en kan na verloop van tijd als frustrerend ervaren worden, zeker indien de patiënt zijn of haar werk wil hervatten. Het alternatief hierop is dat de patiënt het revalidatieprogramma thuis verder zet waarbij hij of zij vanop afstand begeleid wordt doorheen het programma. Een vereiste hiervoor is dat de patiënt de nodige apparatuur en sensoren bezit en steeds gemotiveerd blijft om de trainingen en metingen vol te houden.

Deze thesis onderzoekt de mogelijkheden die er zijn om het revalidatieprogramma bij de patiënt thuis verder te zetten. Hierbij ligt de focus voornamelijk op het voorzien van de sensoren en het blijven motiveren van de patiënt. Ook wordt er gekeken naar opties om het leven van de patiënt zo aangenaam mogelijk te maken. Op het einde van dit onderzoek zal een systeem ontwikkeld worden dat toelaat medische parameters te meten. Het systeem zal ook instaan voor de planning van metingen en het geven van feedback over de

resultaten. Naast metingen voorzien zal het systeem ook instaan voor het motiveren van de patiënt, het bijhouden van de resultaten en het geven van voldoende informatie over hartaandoeningen.

Het volgende hoofdstuk gaat dieper in op de context van hartrevalidatie. Het hoofdstuk erna zal onderzoeken hoe personen te motiveren. Hierna worden het concept en de functies van het systeem besproken, gevolgd door de details van de implementatie ervan. Als laatste wordt een terugblik op het volledige project geworpen en worden de moeilijkheden en problemen beschreven die zijn opgetreden.

Hoofdstuk 2

Hartrevalidatie

Hartrevalidatie is een begrip dat het herstel na een hartaandoening beschrijft. Het is hierbij belangrijk dat de patiënt zijn vroegere leven terug kan opnemen en een gezondere levensstijl gaat hanteren. Hartrevalidatie is aangepast aan de individuele situatie van elke patiënt, waardoor de revalidatie voor iedereen verschilt.

Dit hoofdstuk gaat dieper in op wat hartrevalidatie precies inhoudt en onderzoekt het algemene revalidatieproces. Hierbij wordt gekeken naar bestaande revalidatieprogramma's in Belgische ziekenhuizen om een zo goed mogelijk beeld te vormen van de doelgroep. Ook wordt er onderzocht welke andere aandoeningen veel voorkomend zijn bij hartpatiënten.

Als bron voor dit hoofdstuk werd voornamelijk gebruik gemaakt van het onderzoek van professor *Warner M. Mampuya*¹ [1] en het resultaat van de samenwerking van het projectteam NVVC en de projectgroep PAAHR² [2].

2.1 Geschiedenis

Tot in de jaren '60 moesten hartpatiënten voornamelijk rusten tijdens hun revalidatie. Dit had echter een nadelig effect dat hartpatiënten niet meer uit hun zetel kwamen en dus ook niet meer aan het werk gingen. Hun algemene conditie nam sterk af en bovendien werd men angstig voor elke vorm van inspanning. Patiënten bleven hierdoor in een vicieuze cirkel zonder zicht op verbetering.

¹Professor Warner M. Mampuya, MD, PhD. Hij is momenteel professor aan de *University of Sherbrooke* en is bestuurder van het hartrevalidatieprogramma van *Sherbrooke University Hospital*. Zijn vakgebied bestaat uit echocardiografie, preventieve cardiologie en hartrevalidatie. <http://cdt.amegroups.com/user/view/51>

²<https://www.nvvc.nl/>

Tegenwoordig is er geen overeenkomst meer tussen revalidatie vroeger en nu. Na een korte periode in het ziekenhuis mogen de meeste patiënten naar huis om de revalidatie poliklinisch verder te zetten. Dit wil zeggen dat zij voor de programmaonderdelen naar het ziekenhuis of revalidatiecentrum komen en na afloop weer naar huis gaan. Een kleinere groep van patiënten moet echter klinische revalidatie volgen. Deze patiënten hebben meerdere medische aandoeningen, psychische en/of sociale problemen. Zij worden opgenomen in een gespecialiseerd revalidatiecentrum en staan intensief onder begeleiding van een team van specialisten [3].

2.2 Patiënten geschikt voor hartrevalidatie

Elke patiënt die een hartaandoening heeft meegemaakt komt in aanmerking voor hartrevalidatie, zowel mannen als vrouwen van eender welke leeftijd. Onder hartaandoening vallen alle soorten hartproblemen waarvoor de patiënt onder behandeling is of is geweest. Enkele voorbeelden van hartproblemen zijn [3]:

- Angina pectoris (pijn op de borst)
- Hartinfarct
- Dotterbehandeling of omleidingsoperatie (vernauwde kransslagader openen)
- Hartklepoperatie
- Plaatsing ICD of pacemaker
- Hartfalen
- Hartritmestoornissen
- Reanimatie
- Aangeboren hartaandoeningen
- Harttransplantatie

2.3 Fases in hartrevalidatie

Om de revalidatie zo makkelijk en begrijpbaar mogelijk te maken, is er een onderscheid gemaakt tussen drie fases. Elke fase omschrijft een bepaalde situatie waarin de patiënt zich bevindt en voorziet specifieke richtlijnen. Hierdoor is er een duidelijk overzicht over de revalidatie en de vooruitgang zodat de patiënt gemotiveerd blijft om de revalidatie verder te zetten.

2.3.1 Fase 1

In fase 1 revalidatie bevindt de patiënt zich nog in het ziekenhuis. Het doel van fase 1 is om de patiënt bewust te maken van zijn aandoening en de gevolgen hiervan. Aan het einde van fase 1 revalidatie moet de patiënt in staat zijn eenvoudige huishoudelijke taken uit te voeren. Met de huidige moderne cardiologie zijn ziekenhuisopnames korter geworden waardoor fase 1 revalidatie voornamelijk gelimiteerd is tot een aantal oefeningen met als doel dat de patiënt terug voor zichzelf kan zorgen. Hierbij wordt ook een korte infosessie gegeven over de aard van de aandoening, de behandeling, de risico's en de te volgen planning.

2.3.2 Fase 2

Fase 2 wordt ook wel ambulante fase of revalidatiefase genoemd. Deze houdt in dat de patiënt oefeningen moet doen in een gespecialiseerd revalidatiecentrum en nadien terug naar huis mag. Ook moet de patiënt indien nodig zijn leefwijze aanpassen om een gezondere levensstijl te hanteren. In het revalidatiecentrum staat de patiënt onder toezicht van een team van specialisten die helpen bij alle mogelijke problemen en vragen. Het doel van fase 2 revalidatie is het risico op herval zo snel mogelijk te verlagen. Fase 2 revalidatie duurt gemiddeld 3 weken tot 6 maanden, afhankelijk van het revalidatiecentrum, de patiënt of de ernst van de aandoening.

2.3.3 Fase 3

Fase 3 revalidatie of postrevalidatie start aan het einde van fase 2 revalidatie. De patiënt moet niet meer wekelijks naar het revalidatiecentrum waardoor hij nu vooral op zichzelf aangewezen is. Uiteraard zal de patiënt nog steeds af en toe op controle moeten en kan hij nog steeds terecht bij de specialisten voor eventuele vragen. De patiënt zal bij hem thuis een aantal oefeningen moeten blijven doen om zijn of haar conditie op pijl te houden en om de risicofactoren te laten verminderen. Hierbij is het ook belangrijk dat de patiënt zijn gezondere levensstijl onderhoudt. Het grootste probleem dat voorkomt in deze fase is het gemotiveerd blijven om de oefeningen te doen en om regelmatig een aantal medische parameters te meten. Deze kunnen immers na verloop van tijd vervelend worden waardoor ze niet meer strikt opgevolgd worden. Dit heeft als gevaar dat het risico op herval of zelfs sterfte vergroot.

2.4 Onderdelen van hartrevalidatie

Naast het uitvoeren van oefeningen en metingen moeten patiënten ook een gezondere levensstijl hanteren. Zo is het ten eerste aangeraden te stoppen

met roken en overmatig alcohol te beperken. Ook een gezonde voeding speelt een rol bij het revalidatieproces. Patiënten met een te hoge cholesterol of bloeddruk hebben meer kans op herval of zelfs sterfte. Bij de start van een revalidatieprogramma stelt het team van specialisten een planning samen die rekening houdt met alle factoren.

2.4.1 Fysieke activiteiten

Fysieke oefeningen kunnen nooit kwaad, en al zeker niet tijdens hartrevalidatie. Verschillende studies hebben aangetoond dat risico op herval of sterfte aanzienlijk vermindert door het uitvoeren van de oefeningen. Zo zijn er tot 28% minder sterfgevallen bij patiënten die regelmatig fysieke oefeningen doen.

Uiteraard mag de patiënt niet te ver gaan in zijn oefeningen waardoor hij of zij aan de start van de revalidatie onder strikte begeleiding van een kinesitherapeut staat. Hierdoor leert de patiënt zijn limieten kennen en wordt het vertrouwen met zijn of haar lichaam terug opgebouwd [4]. Het staat vast dat fysieke oefeningen een positieve rol spelen tijdens het revalidatieproces. Hierbij is er ook een positief effect op gewichtsverlies, verlaging van de bloeddruk en de cholesterol.

De fysieke oefeningen zijn aangepast aan elke patiënt afzonderlijk. Zo wordt er aan het begin van de revalidatie een test afgenomen die de risico's voor die patiënt aantoonst. Op basis van deze test wordt een planning gemaakt waarbij rekening gehouden wordt met de intensiteit, duur en frequentie van de oefeningen.

De meeste richtlijnen zeggen dat oefeningen minimum 30 minuten per dag moeten duren ten minste 5 dagen per week, bij voorkeur zelfs dagelijks [1]. De hartslag van de patiënt moet gemiddeld 60% tot 75% van de maximale hartslag bereiken. Deze richtlijnen moeten zoveel mogelijk worden nagestreefd, want de leuze geldt niet voor niets: "Weinig activiteit is beter dan geen activiteit, maar meer activiteit zorgt voor meer voordelen".

2.4.2 Roken

Stoppen met roken heeft een belangrijke invloed op het revalidatieproces. Het risico op sterven vermindert met 50% indien de patiënt stopt met roken [1]. Na vijf tot vijftien jaar zonder sigaret ligt de kans op sterfte zelfs gelijk aan die van niet-rokers.

Desondanks is het niet eenvoudig te stoppen met roken. Dit heeft te maken met het feit dat het lichaam verslaafd is geraakt aan nicotine. Roken is niet alleen een fysiek probleem, maar heeft ook psychologische kenmerken. Zo

zijn veel rokers bang dat ze nooit gaan kunnen stoppen of durven ze de eerste stap niet te nemen om professionele hulp te gaan zoeken. Naast het lager risico op hartfalen zijn er zeer veel andere voordelen aan het stoppen met roken. Ex-rokers hebben het voornamelijk over een beter gevoel en smaak, frissere lucht, betere gezondheid, en besparing van tijd en geld [5].

2.4.3 Voeding

Het is altijd belangrijk gezond te eten, en al zeker tijdens hartrevalidatie. Aangetoond is dat overgewicht en obesitas een negatief effect hebben op de bloeddruk, cholesterol en diabetes. Hierdoor wordt het revalidatieproces bemoeilijkt waardoor de kans op herval of sterfte stijgt. Patiënten kunnen hiervoor terecht bij de diëtist.

Bloeddruk

Hoge bloeddruk is veel voorkomend bij hartpatiënten. Eet- en leefgewoonten kunnen een negatieve invloed hebben op de bloeddruk, denk maar aan overgewicht of het drinken van te veel koffie en alcohol. Ook het eten van geraffineerde koolhydraten zoals bijvoorbeeld wit brood en pasta of “verborgen” suikers dragen bij tot een te hoge bloeddruk [6][7]. Een verlaging van de bloeddruk kan de kans op een hartaanval tot 42% verminderen waardoor het dus zeker belangrijk is deze onder controle te houden.

De bloeddruk kan gemeten worden door een bloeddrukmeter thuis of bij de dokter en wordt bepaald door twee waarden: bovendruk of systolische druk en onderdruk of diastolische druk. Bovendruk is de maximale druk die wordt gecreëerd door het samentrekken van de linkerhartkamer. Onderdruk is het minimum van de druk die optreedt tussen twee samentrekkingen van het hart [8].

De meest voorkomende vorm van een abnormale bloeddruk is een te hoge bloeddruk. Tabel 2.1 toont de mogelijke resultaten van de boven- en onderdruk en hun betekenis [8]. Patiënten met een te hoge bloeddruk zullen regelmatig hun bloeddruk moeten meten en medicatie nemen om de bloeddruk te verlagen.

Cholesterol

Voeding heeft een belangrijke invloed op de cholesterol. Een voorbeeld van voedingsstoffen die de cholesterol verlagen zijn vezels. Vezels zijn terug te vinden in groenten, fruit, peulvruchten en granen. Hierdoor is het aangeraden minstens twee stukken fruit en 250 gram verse groenten per dag te eten. Ook bonen, avocado, soja en vis zijn goed voor de cholesterol. Gefrituurd voedsel, gebak, koekjes en chips daarentegen bevatten veel vet waardoor ze een negatieve invloed hebben op de cholesterol. Deze voedingsstoffen zijn

	Bovendruk	Onderdruk
Lage bloeddruk	< 90	< 60
Optimale bloeddruk	ca.120	ca.80
Gezonde bloeddruk	< 140	< 90
Hoge bloeddruk	< 160	< 100
Zeer hoge bloeddruk	> 160	> 100

Tabel 2.1: De mogelijke uitkomsten voor bovendruk en onderdruk bij een bloeddruk meting. Enkel de bovendruk of onderdruk moet voldoen aan de gegeven vergelijking om onder het overeenkomende type van bloeddruk te vallen.

samen met rood vlees beter te vermijden indien de patiënt een te hoge cholesterol heeft [9].

Een te hoge cholesterol is de grootste risico factor voor herval na een hartaandoening. Cholesterol is een vetstof die lichaamscellen opbouwt en hormonen, vitamine D en galzuren produceert. Cholesterol wordt vaak als negatief beschouwd, ondanks elk lichaam het nodig heeft. Het gevaar treedt pas op als er te veel cholesterol in het bloed zit. Dit kan immers leiden tot een vernauwing in de aders die de doorstroming van het bloed belemmerd. Cholesterol komt niet alleen via voeding in het lichaam, ook de lever produceert ruim 80% van de hoeveelheid cholesterol [10].

Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee eiwitten die instaan voor het transport van cholesterol: LDL en HDL.

LDL staat voor *Low Density Lipoproteïne* en brengt cholesterol van de lever naar de verschillende organen. Bij een teveel aan LDL-eiwit wordt er veel cholesterol naar de organen vervoerd wat voor ophopingen kan zorgen in de bloedbanen. Dit veroorzaakt een slechte doorstroming en verhoogt het risico op hartfalen. LDL wordt dus ook wel slechte cholesterol genoemd [10].

HDL ofwel *High Density Lipoproteïne* verwijdert de cholesterol uit de organen en brengt het terug naar de lever. Omdat het HDL-eiwit de cholesterol uit de organen wegvoert, wordt het bestempeld als goede cholesterol [10].

Een aanvaardbare HDL waarde bedraagt minstens 50mg/dl, het optimale niveau is 60mg/dl. Het gewenste LDL niveau ligt onder de 100mg/dl. De cholesterol ratio wordt berekend door de totale cholesterol te delen door de HDL waarde. De ideale ratio zou 3,5:1 moeten bedragen [11]. Cholesterol kan verminderd worden door fysieke oefeningen en aangepaste voeding. Bij een langdurige hoge cholesterol kan er overgegaan worden naar cholesterolverlagende geneesmiddelen [10].

Diabetes

Ook bij diabetes speelt voeding een belangrijke rol. Patiënten met diabetes moeten zeer goed letten op hun voeding om de aandoening onder controle te houden. De Vlaamse diabetesliga³ heeft een tabel⁴ opgesteld die patiënten hierin kan helpen. Deze tabel maakt onderscheid tussen drie categorieën: “Bij voorkeur”, “Middenweg” en “Uitzonderlijk”. Patiënten met diabetes moeten zoveel mogelijk voeding uit de categorie “Bij voorkeur” kopen [12]. Ongeveer 26% van de patiënten in hartrevalidatie hebben diabetes. Zij hebben een zeer hoog risico op herval en/of sterfte waardoor er specifieke begeleiding voorzien is.

Gemiddeld heeft 93% van de patiënten nog een andere aandoening of gewoonte die het risico op herval of sterfte nog sterker verhoogt, zoals roken (16%), hoge bloeddruk (54%), hoge cholesterol (51%), overgewicht (40%) en/of obesitas (34%).

2.4.4 Psychologische problemen

Naast de fysieke problemen ondervinden patiënten met een hartaandoening vaak nog psychologische problemen. Ongeveer 20% van de patiënten ondervindt een vorm van depressie, angst en/of ontkenning. Ook speelt stress een belangrijke rol bij het revalidatieproces. Na cholesterol en roken is het de derde grootste risicofactor voor herval of zelfs sterfte. Veel revalidatieprogramma's bieden daarom de hulp van een psycholoog en/of relaxatietherapeut aan.

Niet alleen voor de patiënten kan de situatie stresserend zijn. Ook de partner en naasten moeten leren leven met de hartaandoening van de patiënt. Zij voelen zich vaak onzeker, machteloos of neerslachtig. In de meeste revalidatiecentra zijn er daarom speciale informatieavonden georganiseerd speciaal voor partners die meer informatie wensen over de hartaandoening en hoe daar mee om te gaan [3].

2.4.5 Seksuele problemen

Seksuele problemen zijn niet ongewoon bij patiënten met een hartaandoening. Dit komt door de bijwerkingen van de medicatie en het bestaan van andere risicofactoren zoals diabetes, hoge cholesterol, roken en hoge bloeddruk. Ook psychologische factoren zoals depressie, angst voor een hartaanval spelen een belangrijke rol. Aangezien seksuele activiteiten bijdragen aan de

³<https://www.diabetes.be/>

⁴https://www.diabetes.be/sites/default/files/definitieve_criteria_diabetes_liga_mag_2015_nr2def.pdf

kwaliteit van het leven kunnen patiënten die hierover vragen hebben terecht bij de seksuoloog.

2.4.6 Alcoholgebruik

Ook het verminderen van alcohol kan bijdragen tot een makkelijkere revalidatie. Uit een studie is gebleken dat patiënten die een kleine tot gemiddelde hoeveelheid alcohol consumeerden per dag gemiddeld 20% minder kans hadden op herval of sterfte. Deze hoeveelheid alcohol komt overeen met maximum één à twee glazen per dag. Bij een verhoogde cholesterol en/of obesitas moet alcohol volledig vermeden worden [4].

2.5 Voordelen en risico's

Hartrevalidatie heeft zowel voordelen als nadelen. Patiënten hebben het in het algemeen makkelijker tijdens het revalideren, maar het is niet uitgesloten dat er iets kan mislopen. Onverwachte gebeurtenissen kunnen leiden tot erger met zelfs sterfte tot gevolg.

2.5.1 Voordelen

Revalidatie heeft een heel aantal voordelen. Het is gebleken dat hartrevalidatie effectief een invloed heeft op het aantal sterfgevallen. Uit een studie van 63 steekproeven met een totaal van 21.295 patiënten bleek er een verlaging van 17% in het aantal sterfgevallen in twaalf maanden en een verlaging van 47% in twee jaar. Een andere studie met 48 steekproeven en een totaal van 8.940 patiënten toont een daling van 80% in het aantal sterfgevallen. In een derde studie met meer dan 600.000 hartpatiënten namen 73.049 patiënten (12.2%) deel aan hartrevalidatie. Na één jaar was er 2.2% kans op een sterfgeval bij patiënten in revalidatie en 5.3% bij de patiënten die niet deelnamen aan revalidatie. Na vijf jaar waren de percentages 16.3% voor de deelnemers en 24.6% voor de niet-deelnemers.

Uit een meta-analyse van ExtraMatch van negen willekeurige studies is bevestigd dat er 35% minder sterfgevallen zijn bij patiënten die deelnemen aan hartrevalidatie. Het is dus duidelijk dat hartrevalidatie een voordeel is [13].

2.5.2 Risico's

Uiteraard zijn er ook risico's verbonden aan hartrevalidatie. Zo kan er tijdens de oefeningen altijd iets mislopen en ook onverwachte gebeurtenissen kunnen een invloed hebben. Hartrevalidatie kan nooit de risico's volledig uitsluiten.

Volgens een studie uit 2003 met 25.000 patiënten verspreid over 65 hartrevalidatiecentra is gebleken dat er één herval was voor alle 8.484 uitgevoerde testen. Dit wil zeggen dat er één herval was voor elke 50.000 uren dat patiënten oefeningen deden, en 1.3 hartstilstanden voor elk miljoen uur dat patiënten oefeningen deden.

In 2007 schatte de *American Heart Association* dat het risico op eender welke complicatie tijdens een oefening één in 60.000 tot 80.000 uur oefeningen bedraagt. In het algemeen is moderne revalidatie veilig met een laag risico op complicaties zoals hartstilstand of sterfte [13].

2.6 Kiezen voor hartrevalidatie

Hoewel de voordelen duidelijk zichtbaar zijn, kiest niet iedereen voor hartrevalidatie. Slechts één op drie van de patiënten komt terecht bij hartrevalidatiecentra [14]. Ook de cardioloog heeft hierin een verantwoordelijkheid. Om te kunnen deelnemen aan hartrevalidatie is een verwijzing van een cardioloog nodig, wat af en toe eens vergeten wordt [14].

2.6.1 Barrières

Het is niet altijd gemakkelijk de stap te zetten om te starten met revalidatie. De patiënt moet de financiële middelen bezitten en ook de mogelijkheid hebben zich te begeven naar het revalidatiecentra. Ook tijd speelt hierbij een belangrijke rol. Een andere barrière heeft te maken met angst. Het is voor een patiënt niet gemakkelijk om toe te geven dat hij of zij hulp nodig heeft. Ook is er nog steeds de angst op herval waardoor de patiënt liever geen extra inspanningen onderneemt. Hierbij komt ook kijken dat de patiënt het vertrouwen in zijn lichaam kwijt is waardoor hij zich niet meer goed gaat voelen. De patiënt weet niet meer wat er allemaal aan het gebeuren is en heeft het moeilijk alles te bevatten.

2.6.2 Tevredenheid verhogen

Er zijn een aantal elementen die de algemene tevredenheid van de patiënt verhogen. Zo is er in de eerste plaats de mogelijkheid om de revalidatie thuis verder te zetten. Uiteraard moet de patiënt aan de start van het programma zich nog steeds naar het revalidatiecentra begeven aangezien hij of zij onder strikte begeleiding moet staan. Maar later in het programma kan in samenspraak met de specialisten ervoor gekozen worden dat de patiënt zijn revalidatie thuis verder zet. Met behulp van moderne technologie kan dit steeds vroeger. Door middel van telemonitoring kunnen de specialisten de vooruitgang van de patiënt nauwgezet volgen. Hiervoor is het wel noodzakelijk dat de patiënt vertrouwd genoeg is met zijn lichaam aangezien er geen dokters aanwezig zijn die kunnen assisteren als er iets zou mislopen.

2.7 Conclusie

De basis van hartrevalidatie is voldoende bewegen en een gezondere levensstijl hanteren. Hierbij is het belangrijk dat de patiënt niet rookt of al gestopt is met roken. De patiënt moet ook zijn cholesterol onder controle proberen te houden door eventueel een aangepast voedingsschema.

Hartrevalidatie heeft bewezen dat het veilig en effectief is bij het verbeteren van de levenskwaliteit van hartpatiënten. Revalidatie vermindert ook de kans op herval en/of sterfte en hierdoor ook het aantal sterfgevallen. Desondanks zet vandaag de dag nog niet iedereen de stap tot hartrevalidatie door persoonlijke barrières.

Hoofdstuk 3

Motiveren van personen

Het motiveren van personen via computers is geen gemakkelijke opgave. Uit een onderzoek uitgevoerd door Medtronic¹ is gebleken dat leeftijd niet relevant is bij het gebruik van medische applicaties. In dit onderzoek hebben 16.000 patiënten gedurende één jaar gebruik mogen maken van een applicatie die medische data meet en verstuurt. Na dit jaar bleek dat 89.4% van de patiënten ouder dan 71 jaar de applicatie gebruikten, in tegenstelling tot 86.7% van de patiënten tussen 18 en 50 jaar. Van de patiënten tussen de 51 en 70 jaar gebruikte 91% de applicatie [15].

Robots kunnen (nog) niet interageren met personen zoals mensen dat wel kunnen doen. Toch is dit geen onmogelijke opgave. Er zijn in het algemeen vijf primaire types van sociale interactie door computers. Deze zijn: fysieke interactie, psychologische signalen, interactie door taal, sociale interactie en interactie door een sociale rol.

Dit hoofdstuk zal dieper ingaan op het overtuigen van mensen door computers. Het heeft als bron het boek *Persuasive Technology: Using Computers to Change What We Think and Do (Interactive Technologies)*, meer bepaald hoofdstuk 5 (*Computers as Persuasive Social Actors*), geschreven door *B. J. Fogg* [16]. Als tweede bron werd gebruik gemaakt van een artikel geschreven door *Harri Oinas-Kukkonen* en *Marja Harjumaa* waarin ze een concept voorstellen om overtuigende systemen te maken en te testen [17].

3.1 Fysieke interactie

Om personen te overtuigen tot interactie kan er gewerkt worden met de fysieke kenmerken van het apparaat. Denk maar aan slotmachines die vol staan met visueel aantrekkelijke elementen waardoor gebruikers blijven spelen. Fysieke aantrekking heeft een grote invloed op sociaal vlak. Onderzoek

¹<http://www.medtronic.com/>

heeft immers aangetoond dat het makkelijker is om aantrekkelijke personen leuk te vinden en sneller te volgen en geloven. Dit is duidelijk te zien aan het gebruik van modellen en filmsterren in reclames en films.

Hoewel psychologen niet allemaal overtuigt zijn over waarom aantrekkelijkheid zo belangrijk is bij overtuiging, kan er toch een reden zijn waarom fysieke elementen een rol hebben. Deze reden wordt ook wel het “halo effect” genoemd. Als iets of iemand aantrekkelijk is, kan er aangenomen worden dat die iets of iemand ook intelligent, bekwaam, betrouwbaar en geloofwaardig is.

Niet iedereen heeft hetzelfde idee van aantrekkelijkheid. Naast de algemene kenmerken zoals symmetrie moeten ontwikkelaars nagaan wat hun doelpubliek aantrekkelijk vindt. Een aantal voorbeelden waar fysieke aantrekking een grote rol speelt zijn computerinterfaces of personages in een game. Ook robots moeten fysiek aantrekkelijk zijn om goed ontvangen te worden bij het grote publiek.

3.2 Psychologische signalen

Psychologische signalen gestuurd door een technologisch apparaat kunnen ervoor zorgen dat personen vaak onbewust denken dat de computer emoties, voorkeuren, motieven en een persoonlijkheid heeft. Deze signalen kunnen heel eenvoudig zijn in de vorm van berichten die medeleven opwekken, zoals bijvoorbeeld “Sorry, maar ik heb...”. Ook icoontjes en afbeeldingen met emotie kunnen medeleven opwekken, zoals bijvoorbeeld een lachend of droevig mannetje. Complexere signalen kunnen ook pas na verloop van tijd tevoorschijn komen, zoals bijvoorbeeld een computer die steeds blijft vastlopen, een negatieve persoonlijkheid meekrijgt.

In het gebied van psychologische signalen zijn gelijkenissen de sterkste vorm van overtuiging. Dit komt erop neer dat als een persoon denkt dat hij hetzelfde is als iemand anders (in persoonlijkheid, voorkeuren of andere attributen) hij zich sneller zal laten motiveren of overtuigen door die persoon. Dit werkt ook zo met computers: directe gebruikers verkiezen directe computers boven suggererende computers en omgekeerd.

3.3 Taal interactie

Een derde manier om personen te overtuigen is het gebruik van geschreven of gesproken taal. Een voorbeeld hiervan is een webshop die aanbiedingen toont aan de gebruiker met als doel hem te overtuigen een aankoop te doen. Ook games maken gebruik van tekst en spraak om spelers te laten blijven spelen en in te loggen, zoals bijvoorbeeld “Je kan spelen zonder in te loggen, maar je wint er niks bij. De keuze ligt volledig bij jou”.

Beloningen zijn het belangrijkste element bij overtuiging door taal en spraak. Een voorbeeld hiervan is het gebruik van zinnen zoals “Goed werk! Ik zie dat je er gaat geraken.”. Beloningen tonen heeft als gevolg dat de gebruikers zichzelf beter en intelligenter gaan voelen, een beter humeur hebben en dat ze de indruk krijgen dat ze beter gewerkt hebben. Ook het gevoel voor de computer wordt positief beïnvloed.

3.4 Sociale interactie

Mensen interageren met elkaar met behulp van een vast patroon, zoals het groeten en aanspreken van anderen, het vormen van wachtrijen, . . . Wie deze patronen niet volgt zal een sociale prijs moeten betalen: mensen die voorsteken in de wachtrij zullen zich natuurlijk niet geliefd maken bij anderen. Een voorbeeld van sociale interactie bij computers zijn pratende knuffels die kinderen proberen te overtuigen om met hen te spelen.

Een belangrijk aspect bij sociale interactie is de regel van wederkerigheid. Dit is een ongeschreven sociale regel die stelt dat als iemand iets krijgt, hij ook iets moet teruggeven. Antropologen stellen dat deze regel direct of indirect voorkomt in elke samenleving. Het komt er dus op neer dat als een computer iets voor een persoon doet, die persoon sneller overtuigd is iets te doen wat de computer vraagt.

3.5 Sociale rol

Computers die een sociale rol invullen, hebben meer kans om gezien te worden als menselijk waardoor gebruikers sneller overtuigd zijn hun boodschap te volgen. Denk maar aan een computer assistent in een ziekenhuis of een persoonlijke “butler” die zoekopdrachten op het internet doet. Ook een virtuele fitnesscoach in een video zal sneller gevolgd worden dan normale tekst die op het scherm verschijnt. Met de huidige technologie is het zelfs mogelijk dat de coach positieve feedback geeft als de gebruiker het goed doet.

3.6 Bestaande voorbeelden

Er bestaan vandaag de dag een aantal systemen die vragen om interactie met de gebruiker. Enkele voorbeelden van zulke robots zijn “Nabaztag²” en “Pepper³”. Deze robots kunnen de patiënt helpen tijdens zijn revalidatie. Een voorbeeld van een robot die helpt bij diabetespatiënten is “Charlie⁴”.

²<http://nabaztag.com/>

³<https://www.ald.softbankrobotics.com/en/cool-robots/pepper>

⁴<http://www.pal4u.eu/>

Nabaztag is een robot in de vorm van een konijn en heeft als doel de gebruiker te animeren. Dit doet hij door met zijn oren te bewegen, geluid te maken en te reageren op spraak. Hij is verbonden met het internet waardoor hij e-mails kan ontvangen en voorlezen en ook bijvoorbeeld het weerbericht kan lezen. Door de ingebouwde webcam kan hij zelfs als beveiligingscamera gebruikt worden. Door gebruik te maken van de API die voorzien is, is het mogelijk extra functionaliteiten toe te voegen aan Nabaztag [18].

Pepper is een bewegende robot die zorgt voor gezelschap bij patiënten. Hij heeft een menselijk figuur en kan communiceren op een natuurlijke en intuïtieve manier door bewegingen en spraak. Pepper heeft de mogelijkheid om emoties te herkennen en hier op in te spelen. Na verloop van tijd zal hij zich aanpassen aan de gewoontes van de gebruiker. Pepper kan worden ingezet om mensen te verwelkomen en te begeleiden. Ook kan Pepper gebruikt worden als gezelschap voor thuis. Tevens kan deze robot voorzien worden van extra functionaliteiten met behulp van applicaties [19].

Charlie kan kinderen met diabetes ondersteunen. De robot speelt met de kinderen en leert hen en hun ouders door middel van een quiz wat diabetes is en hoe deze ziekte ingepast kan worden in het dagelijks leven. Uit een kleine studie [20] is gebleken dat de kinderen super enthousiast zijn over Charlie. Ze begrijpen beter wat er precies aan de hand is en leren om te gaan met deze chronische ziekte [21].

3.7 Conclusie

Hoewel er een aantal manieren zijn om computer gebruikers te overtuigen acties te doen ten voordele van het systeem, is het niet gemakkelijk de juiste signalen te sturen. De mogelijkheid bestaat dat deze signalen fout opgevat worden door de gebruikers waardoor ze een zeer negatief beeld over het systeem krijgen. De boodschap is om sociale signalen en interactie met mate te gebruiken om een zo groot mogelijk effect te bereiken.

Hoofdstuk 4

Medische toestellen

In dit hoofdstuk zal worden nagegaan welke toestellen thuis kunnen gebruikt worden voor de revalidatie van hartpatiënten. In de eerste plaats zijn er medische meettoestellen zoals bijvoorbeeld bloeddruk- en hartslagmeters. Deze toestellen zorgen ervoor dat de gebruiker zijn medische parameters kan meten zonder zich naar een dokter of ziekenhuis te begeven. In de tweede plaats zijn er toestellen die gebruikers helpen bij het uitvoeren van fysieke oefeningen, zoals wandelen en fietsen. Dit hoofdstuk zal dieper ingaan op de eerste categorie van apparaten: de medische meettoestellen.

4.1 Hartslag en bloeddruk

Bloeddrukmeters worden gebruikt voor zowel het meten van de hartslag als de bloeddruk van de patiënten. Er bestaan veel soorten bloeddrukmeters. De meest gekende zijn de bovenarm bloeddrukmeters die een opblaasbare band of manchet hebben. Deze band wordt rond de bovenarm geplaatst en automatisch opgeblazen bij de start van de meting. Het is belangrijk dat deze band zich ter hoogte van het hart bevindt om een correcte meting te hebben. Een andere soort bloeddrukmeters laat toe de bloeddruk te meten via de pols of de vinger. Een aantal modellen van bloeddrukmeters voorzien de mogelijkheid om de resultaten over te zetten naar een computer of smartphone. Dit gebeurt meestal via bluetooth, maar kan ook via een USB kabel.

De hartslag kan ook gemeten worden met behulp van een pulsoximeter. De patiënt kan zijn hartslag meten door zijn vinger in de sensor te stoppen. Pulsoximeters kunnen ook het zuurstof niveau in het bloed bepalen.

4.2 Gezondheid

Er bestaan geen apparaten die de gezondheid van personen exact meten of er een waarde aan kunnen geven. Wel kan er beroep gedaan worden op verschillende testen die een indicatie geven over een bepaalde aandoening. Zo zijn er bijvoorbeeld speciale sets voor het meten van de cholesterol of het glucose niveau in het bloed. Een apparaat dat zeer vaak gebruikt wordt om de gezondheid te meten is de personenweegschaal. Personenweegschalen hebben zeer uiteenlopende functionaliteiten: van het meten van gewicht tot de berekening van het vetpercentage, spiermassa, caloriebehoefte en BMI. De meeste hedendaagse toestellen laten toe om de resultaten door te sturen naar een computer of applicatie op de smartphone van de gebruiker.

4.3 Activiteit

Voldoende bewegen is een prioriteit voor de gezondheid. Deze beweging kan gemeten worden met bepaalde fitness trackers die door middel van sensoren bijhouden hoeveel stappen er gezet zijn en hoeveel calorieën verbrand werden. Naast wandelen is het ook mogelijk om andere activiteiten te meten, zoals bijvoorbeeld hardlopen, fietsen en zwemmen. Een aantal fitness trackers zijn in staat het slaapritme van de gebruiker te meten. Een fitness tracker lijkt op een smartwatch en staat in verbinding met een applicatie op de smartphone van de gebruiker. Het meest gekende merk van fitness trackers is FitBit¹.

Fitness trackers kunnen ook een rol spelen bij hartrevalidatie, in die mate dat ze continue de hartslag van de patiënt meten en een waarschuwing geven indien deze boven of onder een bepaalde waarde komt. Een fitness tracker geeft een perfecte indicatie van de uitgevoerde fysieke activiteiten waardoor het zeer gemakkelijk is om de vooruitgang van de patiënt na te gaan.

Ook smartphones kunnen activiteiten meten. Google Fit² is een applicatie voor Android die de activiteiten van de gebruiker detecteert en opslaat. Google Fit vereist geen extra externe sensoren, al is dit wel aangeraden om de nauwkeurigheid te verbeteren.

4.4 Conclusie

Er bestaan vele soorten apparaten die allemaal een individueel element meten. Hartpatiënten in thuis revalidatie zullen voornamelijk beroep moeten doen op een bloeddrukmeter. Patiënten met overgewicht zullen ook gebruik

¹<https://www.fitbit.com/be/home>

²<https://www.google.com/fit/>

moeten maken van een personenweegschaal. Extra sensoren zoals een fitness tracker kunnen de revalidatie positief beïnvloeden aangezien ze uitgevoerde activiteiten op een overzichtelijke manier weergeven.

Hoofdstuk 5

Design Tars

Het ontwikkelde systeem heeft *Tars* als naam meegekregen. Dit acroniem staat voor *Therapeutic Assisting Robotic System*. Zoals de naam doet uitschijnen zal Tars de patiënt zoveel mogelijk proberen te helpen en te motiveren. De applicatie zorgt ervoor dat medische metingen correct uitgevoerd worden en op het juiste tijdstip plaats vinden, de robot voorziet de nodige sensoren.

Tars baseert zich voornamelijk op patiënten in fase 3 revalidatie (paragraaf 2.3.3). Zij kunnen van thuis uit de revalidatie verder zetten en hebben nood aan een systeem dat toelaat de medische metingen te doen. Het systeem moet hen ook motiveren om de oefeningen en metingen te blijven doen. Wanneer de gebruiker mag starten met fase 3 revalidatie is het aan de dokter om het systeem correct in te stellen. Deze instelling bestaat uit een selectie van sensoren, frequentie van opdrachten, verwachte resultaten, . . .

Als motivatiemethoden wordt gebruik gemaakt van de manieren besproken in hoofdstuk 3. In de uitwerking van Tars werd voornamelijk gewerkt met de fysieke aantrekkelijkheid (paragraaf 3.1), psychologische signalen (paragraaf 3.2) en taal met beloningen (paragraaf 3.3).

Uit de analyse is een ontwerp voortgekomen dat bestaat uit twee delen. Enerzijds is er een mobiele applicatie die geïnstalleerd zal worden op de smartphone van de patiënt. Anderzijds is er een robot die toelaat medische metingen uit te voeren. Dit hoofdstuk zal dieper ingaan op de verschillende functies die het systeem aanbiedt. Als start wordt er een algemeen beeld gegeven van de werking van het systeem.

Figuur 5.1 toont het volledig afgewerkte systeem. Van links naar rechts zijn te zien: de bloeddrukmeter, het docking station, de robot zelf en de hartslagmeter. Op het moment van de foto is juist een meting uitgevoerd die een positief resultaat had. Dit is te zien aan de groene kleur onder de

robot en aan de ogen.



Figuur 5.1: Het volledige systeem. Van links naar rechts: de bloeddrukmeter, het docking station met smartphone, de robot, de hartslagmeter.

5.1 Algemene werking

Tars maakt gebruik van taken die de gebruiker een overzicht geven van alles wat nog moet gebeuren. Elke taak bevat één of meerdere opdrachten die de patiënt moet voltooien. Een opdracht kan gaan van een eenvoudige vraag zoals “Heeft u goed geslapen?” tot het uitvoeren van één of meerdere metingen met behulp van de robot. Een taak wordt weergegeven met een bepaalde prioriteit, en het doel is om alle taken te voltooien. Uiteraard komen er steeds nieuwe taken bij afhankelijk van de frequentie van de opdrachten.

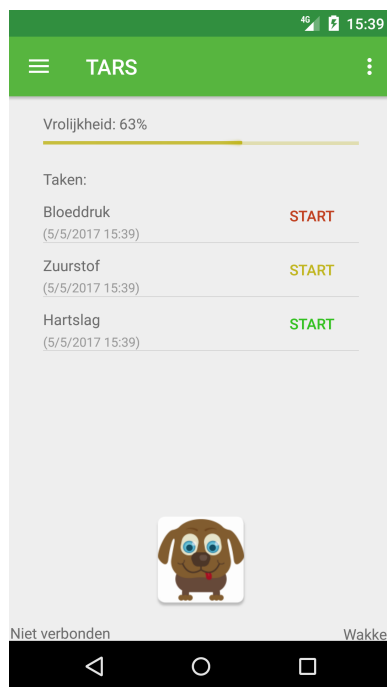
Om de patiënt te motiveren, kan Tars droevig worden. Dit zal medeleven opwekken bij de patiënt waardoor deze meer geneigd gaat zijn om metingen te voltooien. Een vrolijke robot zal door de patiënt als beloning gezien worden (paragraaf 3.2). Als er nog te veel opdrachten moeten gebeuren zal Tars verdrietig worden en dit ook laten zien aan de gebruiker. Het is aan de patiënt om alle opdrachten te voltooien om Tars terug gelukkig te maken. Tars zal ook de taak op zich nemen om de patiënt te herinneren aan bepaalde metingen, het bijhouden van de resultaten en het geven van meer informatie over bepaalde metingen.

De robot kan gebruikt worden door de smartphone te verbinden met be-

hulp van het docking station. De robot zal op dat moment ontwaken en is klaar voor gebruik. Alle interactie met de robot gaat via de applicatie, met uitzondering van de sensoren die de patiënt wenst te gebruiken. Een stappenplan weergegeven in de applicatie vertelt de gebruiker exact wat hij moet doen om een meting succesvol te voltooien.

5.2 Startscherm

Wanneer de gebruiker de applicatie opent, komt hij meteen op het startscherm, weergegeven in figuur 5.2. Dit scherm bevat drie elementen: de weergave van de vrolijkheid, taken en informatie over het systeem. Het percentage en de voortgangsbalk aan de bovenkant van het scherm tonen de vrolijkheid van het systeem. Ook de foto onderaan het scherm representeert de vrolijkheid. Afhankelijk van het percentage zal een andere emotie getoond worden. De weergave van de taken is het belangrijkste onderdeel en bevindt zich in het midden van het scherm. Aan de onderkant van het startscherm wordt meer informatie weergegeven over de status van het systeem.



Figuur 5.2: Het startscherm van de applicatie. Momenteel bedraagt de vrolijkheid 63% en zijn er drie opdrachten die voltooid moeten worden, elk met een andere prioriteit.

5.2.1 Vrolijkheid

Tars leeft mee met de patiënt en kan hierdoor vrolijk of droevig worden. De vrolijkheid van Tars wordt bepaald door de relevantie en prioriteit van het aantal openstaande opdrachten (zie paragraaf 6.4.2 voor de exacte berekening). De vrolijkheid kan verhoogd worden door taken te voltooien. Nieuwe opdrachten verlagen automatisch de vrolijkheid. Het percentage en de voortgangsbalk hebben een kleurindicatie gekregen om te tonen of de vrolijkheid goed of minder goed is. Groen staat voor zeer goed, oranje voor goed en rood staat voor minder goed. Het is mogelijk de geschiedenis van de vrolijkheid te volgen in de weergave voor resultaten (zie paragraaf 5.4).

5.2.2 Opdrachten

Alle opdrachten die de patiënt nog moet voltooien worden weergegeven in het midden van het startscherm. Deze opdrachten worden gerangschikt volgens dalende prioriteit: de hoogste staat bovenaan. De prioriteit van een taak wordt weergegeven aan de hand van de kleur van de “START” knop. Rood staat voor hoge, oranje voor middelhoge en groen voor lage prioriteit. Alle mogelijke prioriteiten zijn weergegeven bij de opdrachten in figuur 5.2. Naast de prioriteit wordt ook het tijdstip van de opdracht weergegeven. Dit tijdstip vertelt de patiënt wanneer hij die taak heeft gekregen. Indien verschillende opdrachten gelijke prioriteit hebben, worden ze gesorteerd volgens oplopend tijdstip. Concreet wil dit zeggen dat taken met de hoogste prioriteit en het langst geleden tijdstip bovenaan getoond worden.

5.2.3 Systeem informatie

Als extra informatie worden de verbindingstatus en systeemstatus weergegeven. Deze informatie is bedoeld voor gebruikers met meer ervaring in smartphones en/of voor gebruikers die het systeem willen begrijpen. De informatie kan handig zijn bij twijfel of fouten om snel te controleren wat de status van het systeem is. De verbindingstatus geeft weer of de smartphone verbonden is met de robot of niet. De systeemstatus vertelt of het systeem in slaapmodus is of niet (zie paragraaf 5.3.5).

5.3 Opdrachtweergave

Wanneer de gebruiker een opdracht opent, komt hij hierdoor terecht in de weergave van die opdracht (een alternatieve weg is via het menu). Deze weergave toont een stappenplan om de opdracht te kunnen voltooien. Om de patiënt zoveel mogelijk te begeleiden en te motiveren zijn er een aantal elementen voorzien die hem daar mee kunnen helpen.

5.3.1 Stappenplan

Het stappenplan van een opdracht bestaat uit een aantal pagina's en zorgt ervoor dat de gebruiker een duidelijke gids heeft doorheen de opdracht. Standaard worden vier types van pagina's ondersteund. In eerste instantie is er een pagina met enkel tekst (figuur 5.3a) en een pagina met tekst en een afbeelding (figuur 5.3b). Deze pagina's voorzien de gebruiker van extra informatie en vragen geen interactie. Als derde is er een speciale pagina voor het uitvoeren van een meting. Deze pagina voorziet de gebruiker van een start knop waarmee hij een meting kan starten (figuur 5.4a). Na het uitvoeren van die meting worden ook meteen het resultaat en de interpretatie ervan getoond aan de gebruiker (figuur 5.4b). Hierdoor krijgt de gebruiker meteen feedback over de meting en wordt hij gemotiveerd om te blijven volhouden (paragraaf 3.3). Een icoontje met emotie toont of het systeem gelukkig is met het resultaat of als het beter kan. Als laatste is er een pagina die de gebruiker een meerkeuzevraag stelt (figuur 5.5). De gebruiker kan hierop antwoorden waarna er eventueel een antwoord van het systeem getoond wordt.

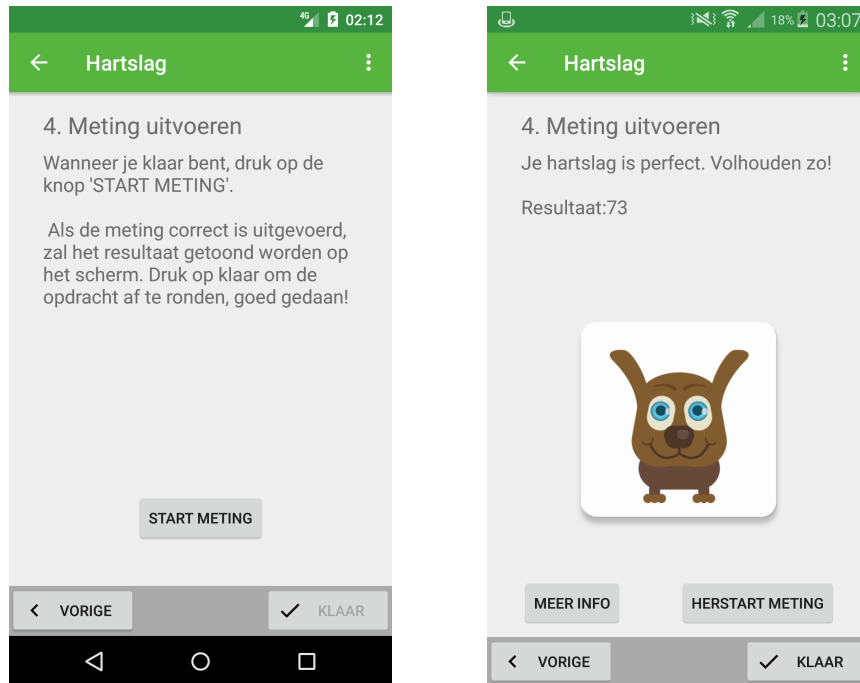


(a) Pagina met enkel tekst



(b) Pagina met tekst en een afbeelding

Figuur 5.3: Informatieve stappenplanpagina's.



(a) Het starten van een meting

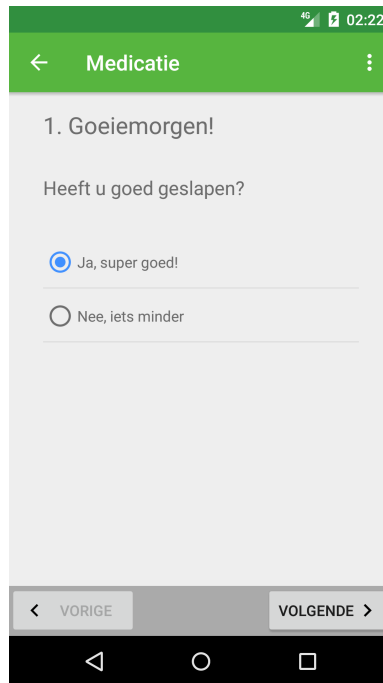
(b) Het resultaat van een meting

Figuur 5.4: Stappenplanpagina voor het uitvoeren van een meting.

5.3.2 Opdrachten

Een opdracht is het belangrijkste gegeven in de applicatie: het vertelt de patiënt wat hij nog moet doen. De belangrijkheid van een opdracht wordt weergegeven door het gewicht dat wordt bepaald aan de hand van de relevantie van de taak in verhouding met het totale gewicht. De exacte waarde is vrij te kiezen door de dokter. Dit totale gewicht kan vrij gekozen worden, al is het aangeraden een rond getal te kiezen voor eenvoudige berekeningen. Standaard worden vijf verschillende opdrachten ondersteund, waardoor 100 als totaal gewicht een logische keuze is. Indien elke opdracht een gelijke relevantie had, zou elke taak 20 als gewicht hebben gekregen. Volgende opsomming geeft een korte samenvatting van de verschillende opdrachten, gevolgd door de beschrijving ervan.

- **Hartslag:** geeft de patiënt de opdracht zijn hartslag meten.
- **Zuurstof:** geeft de patiënt de opdracht het zuurstofniveau in zijn bloed meten.
- **Bloeddruk:** geeft de patiënt de opdracht zijn bloeddruk meten.
- **Beweging:** zorg dat de patiënt dagelijks een aantal stappen doet.



Figuur 5.5: Stappenplanpagina voor een vraag aan de gebruiker.

- **Medicatie:** herinnert de patiënt eraan dat hij medicatie moet nemen.

Hartslag

Met behulp van een pulsoximeter of saturatiemeter kan de patiënt zijn hartslag meten. De opdracht bestaat erin dat de patiënt zijn vinger in de sensor plaatst om zijn hartslag te meten. Deze sensor is een sneller alternatief dan de bloeddrukmeter voor het meten van de hartslag. De verwachte waarden voor de hartslag liggen tussen de 60 en 100 slagen per minuut [22]. Als gewicht voor deze opdracht werd gekozen voor 35 omdat deze opdracht een belangrijke meting representeert voor het revalidatieproces.

Zuurstof

Het zuurstofniveau in het bloed wordt op dezelfde manier gemeten als de hartslag (zie paragraaf 5.3.2). Het zuurstofniveau heeft geen belangrijke waarde voor hartpatiënten waardoor deze opdracht niet zal verschijnen bij de opdrachten die de gebruiker nog moet doen. Deze opdracht is toegevoegd om alle functies van de pulsoximeter te kunnen gebruiken. De verwachte waarden voor het zuurstof niveau ligt tussen de 95% en 100%. Resultaten tussen 88% en 94% zijn problematisch [23]. Aangezien deze opdracht geen relevantie heeft tot het revalidatieproces bedraagt het gewicht 0.

Bloeddruk

De derde opdracht die is toegevoegd aan het systeem is het meten van de bloeddruk. Deze opdracht laat toe de gegevens van de bloeddrukmeter in te lezen en te interpreteren. Het is de bedoeling dat de patiënt zijn bloeddruk meet met de bloeddrukmeter zonder dat deze verbonden is met de robot. Na de meting moet de bloeddrukmeter verbonden worden met de robot en kan het resultaat ingelezen worden. De verwachte waarden voor de bloeddruk zijn weergegeven in tabel 2.1 in hoofdstuk 2. Aangezien bloeddruk een belangrijke component is, is er gekozen voor gewicht 35.

Beweging

Het is belangrijk dat patiënten genoeg bewegen waardoor de applicatie gebruik maakt van de stappenteller van de smartphone. Het doel van de opdracht is om dagelijks een vast aantal stappen te halen. Dit aantal is in te stellen door de dokter en kan automatisch verhoogd of verlaagd worden naargelang het aantal stappen van de vorige dag. Als gewicht werd gekozen voor 20 aangezien beweging zeer belangrijk is tijdens het revalidatieproces.

Om stappen te tellen wordt er gebruik gemaakt van de functionaliteiten van Google Fit¹. Dit is een gratis applicatie² ontwikkeld door Google die de activiteiten van de gebruiker registreert en opslaat. De integratie van Google Fit in Tars heeft als voordeel dat er een groot aantal activiteiten gemonitord kan worden en Tars hierop kan inspelen. In de eerste versie van Tars is enkel de stappenteller geïntegreerd, maar dit kan later nog uitgebreid worden met andere parameters en/of activiteiten, zoals bijvoorbeeld fietsen.

Medicatie

Om de patiënt eraan te herinneren dat hij medicatie moet nemen, zal Tars hierover een herinnering sturen. Deze opdracht bestaat uit twee vragen: een goedemorgen boodschap met de vraag of de patiënt goed geslapen heeft, en de vraag of hij zijn medicatie al genomen heeft. Het gewicht van deze opdracht bedraagt maar 10 omdat na verloop van tijd de patiënt deze taak gaat negeren; hij heeft wel iets beters te doen dan elke dag dezelfde vraag te beantwoorden.

5.3.3 Prioriteit

Bij de start van het gebruik van de robot moet de dokter een aantal waarden instellen. De frequentie van de opdrachten is één van die waarden. Het is

¹<https://www.google.com/fit/>

²<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.fitness>

de bedoeling dat de patiënt een bepaalde opdracht uitvoert op de ingestelde tijdstippen. Indien dit tijdstip niet past, heeft de patiënt natuurlijk de keuze om de opdracht te negeren. Dit kan door de taak gewoon niet te voltooien. Tars zal dit detecteren en na een bepaalde tijd opnieuw een notificatie sturen. Hierbij wordt de prioriteit van de opdracht verhoogd en wordt het systeem een beetje ongelukkiger. In het totaal zal Tars twee herinneringen sturen met een tussentijd die per opdracht ingesteld kan worden door de dokter.

5.3.4 Voltooien van een opdracht

Wanneer de gebruiker een opdracht voltooid heeft, zal het systeem een nieuw tijdstip voor de volgende opgave berekenen. Dit tijdstip is afhankelijk van de resultaten van de metingen uit die opdracht. Zo kan er bijvoorbeeld bij slechte resultaten een nieuwe opdracht ingepland worden voor het einde van de dag, terwijl dit voor goede resultaten pas de volgende dag zal zijn. Het is aan de dokter om deze tijdstippen per meting in te stellen naargelang de situatie van de patiënt.

5.3.5 Slaaptijd

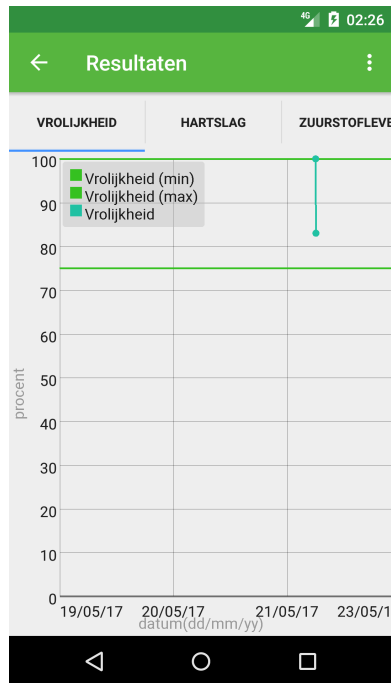
Notificaties kunnen ook 's nachts voorkomen waardoor ze gebruikers wakker maken tijdens hun slaap. Als oplossing voor dit probleem voorziet Tars een slaapfunctie. De gebruiker kan zelf instellen welke uren hij slaapt. Dit heeft als effect dat er gedurende deze uren geen notificaties gestuurd worden. Alle gebeurtenissen die tijdens het slapen plaatsvinden, worden automatisch uitgesteld tot het uur dat de gebruiker opstaat.

5.4 Resultatenweergave

Om de vooruitgang van de patiënt te tonen, biedt Tars de mogelijkheid alle resultaten van de metingen te bekijken in de vorm van een grafiek. In deze grafiek zijn ook de verwachte resultaten aangegeven zodat de patiënt zich een algemeen beeld kan vormen over zijn vooruitgang. De resultaten zijn terug te vinden onder het menu optie “Resultaten”. Tussen de resultaten bevindt zich ook de grafiek van de vrolijkheid van het systeem. Deze toont de veranderingen in vrolijkheid in de afgelopen periode. Figuur 5.6 toont een voorbeeld van de grafiek voor de vrolijkheid van het systeem. Aan de bovenkant kan de gebruiker de gewenste sensor selecteren.

5.5 Help weergave

Indien de gebruiker meer informatie wenst over een meting of de betekenis ervan kan hij de help pagina oproepen. Deze pagina is in volledige versie beschikbaar via het menu onder de optie “Vragen”, maar ook bij de resultaten

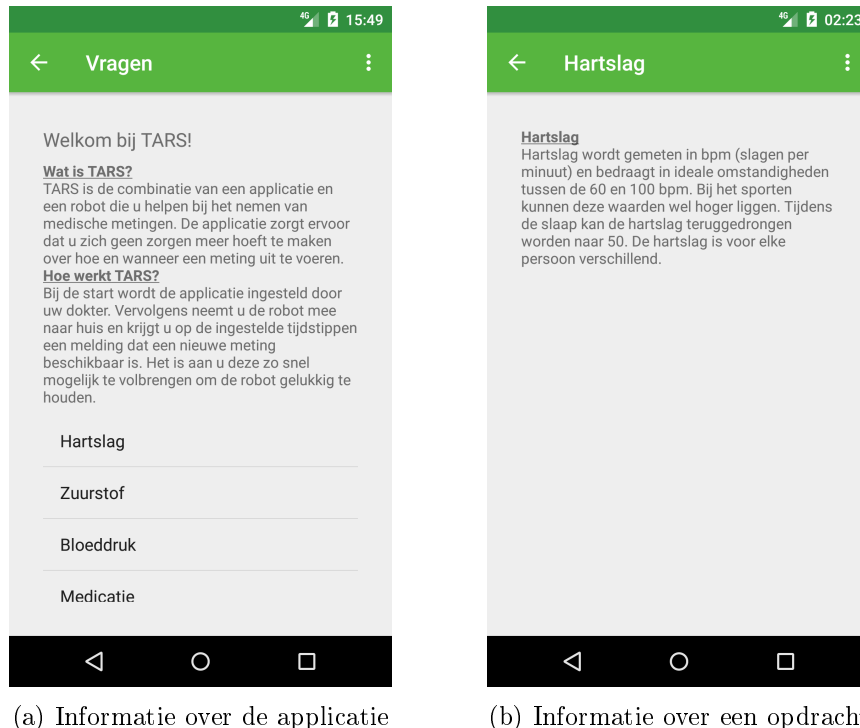


Figuur 5.6: Weergave voor de resultaten van de metingen. Deze afbeelding toont een voorbeeld van de vrolijkheid van het systeem over afgelopen periode.

van een meting kan er meer informatie opgevraagd worden over die meting. Figuur 5.7 toont de algemene help weergave. De informatie is gesorteerd per opdracht.

5.6 Instellingen weergave

Om de applicatie zoveel mogelijk aan zijn persoonlijke voorkeuren aan te passen, kan de gebruiker een aantal instellingen wijzigen. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk om de notificaties aan of uit te zetten, geluid en/of trillen aan of uit te zetten en de beltoon te wijzigen. Ook is het mogelijk de slaaptijd in te stellen. De instellingen kunnen teruggevonden worden via het algemene menu onder de optie “Instellingen” of in de menubalk bovenaan elk scherm. Figuur 5.8 toont de weergave voor de instellingen.



(a) Informatie over de applicatie

(b) Informatie over een opdracht

Figuur 5.7: Weergave voor het verkrijgen van meer informatie.

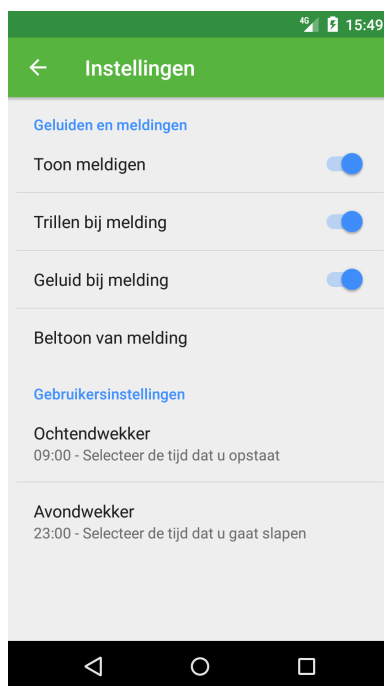
5.7 Telefoonnummers weergave

Tars voorziet een lijst met de belangrijkste telefoonnummers die de patiënt nodig kan hebben. Zo zijn er telefoonnummers voorzien voor drie ICE³ contacten. Op deze manier kan de patiënt snel iemand bereiken via de applicatie of kunnen hulpverleners gemakkelijk een naaste contacteren. Ook is er plaats voorzien voor de nummers van de dokter, het ziekenhuis en het revalidatiecentrum. Alle nummers zijn in te stellen in de instellingen weergave. Figuur 5.9 toont de weergave voor de telefoonnummers.

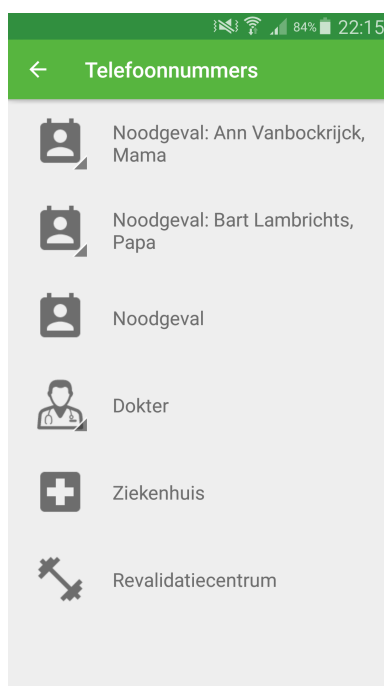
5.8 Afbeeldingen

In de applicatie zelf worden een aantal afbeeldingen gebruikt om de emoties van het systeem weer te geven. Er zijn drie soorten emoties: neutraal, vrolijk en super vrolijk. Er is bewust geen negatieve emotie toegevoegd om de patiënt niet te demotiveren. Afbeelding 5.10a toont de neutrale emotie, afbeelding 5.10b de blijde emotie en afbeelding 5.10c de super blijde emotie. Om fouten in het programma weer te geven wordt gebruik gemaakt van een

³ ICE (In Case of Emergency), een nummer waarmee de belangrijkste familieleden en/of vrienden bereikt kunnen worden indien er zich een noodgeval voordoet.

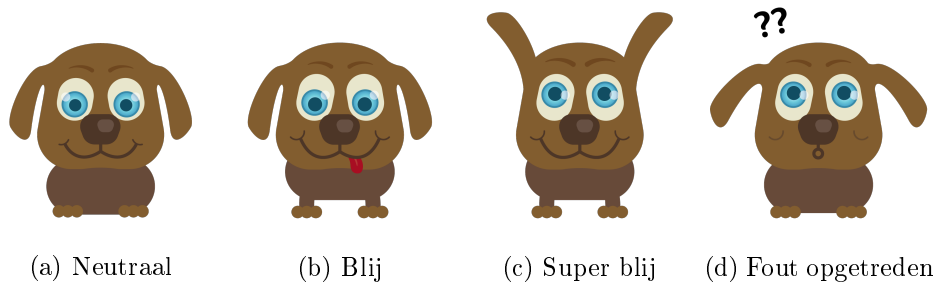


Figuur 5.8: Weergave voor het instellen van de applicatie.



Figuur 5.9: Weergave van de telefoonnummers.

vragende afbeelding (afbeelding 5.10d).



Figuur 5.10: De verschillende emoties van de applicatie.

5.9 De robot

Het is de taak van de robot om de interactie met de sensoren te voorzien. Zo bevat de robot bijvoorbeeld een pulsoximeter en is er ook een verbinding voorzien voor een bloeddrukmeter en smartphone. Naast het verbinden van de sensoren geeft de robot ook feedback over metingen. In de robot bevinden zich een aantal leds die van kleur veranderen naargelang het resultaat van de meting. Ook zijn kleine schermen toegevoegd om de emoties van de robot te kunnen weergeven.

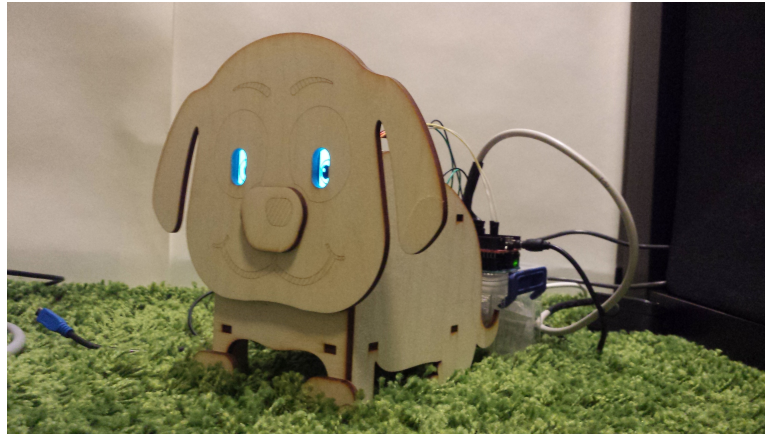
5.9.1 Vorm

Als vorm voor de robot werd gekozen voor een hondje. Het doel is meer sympathie op te wekken aangezien de patiënt moet zorgen voor zijn virtueel huisdier (paragraaf 3.1). Dit kan hij doen door het hondje zo vrolijk mogelijk te houden. De vrolijkheid zelf wordt weergegeven in de applicatie (zie paragraaf 5.2.1) en deze kan verhoogd worden door het uitvoeren van de opdrachten.

Een hondje is een logische keuze aangezien honden zeer trouwe dieren zijn die veel liefde geven en je niet in de steek laten. Op deze manier wordt impliciet verteld dat het systeem de patiënt niet in de steek zal laten en wordt de patiënt gemotiveerd om te interageren met het systeem. Afbeelding 5.11 toont de vorm van de robot.

5.9.2 Feedback op metingen

Tars kan niet alleen feedback geven via de applicatie, maar ook via de robot zelf. De leds op de buik van het hondje kleuren groen bij een zeer goede meting, oranje bij een goede meting en rood bij een minder goede meting.



Figuur 5.11: Afbeelding van de fysieke robot, in de vorm van een hondje.

Op deze manier worden de functies van de robot uitgebreid waardoor de robot meer is dan enkel een manier om de sensoren te verbinden.

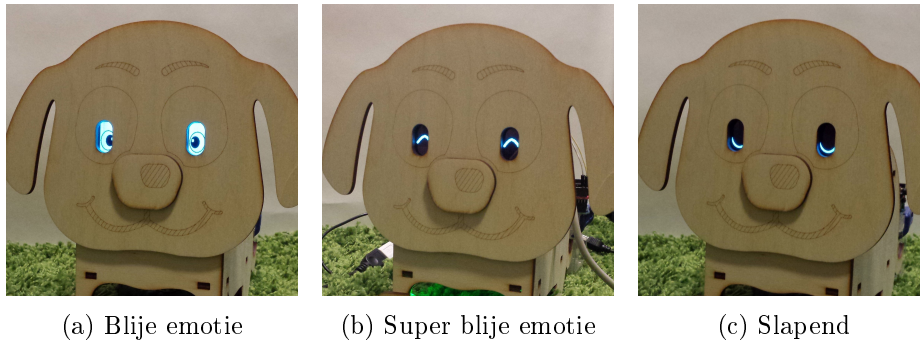
5.9.3 Ogen

Door het gebruik van schermen in de oogjes kunnen een aantal emoties getoond worden waardoor de gebruiker een extra beloning krijgt bij het uitvoeren van een goede meting (paragraaf 3.2). Er worden drie basis emoties ondersteund: blij, super blij en slapend. De blij emotie (figuur 5.12a) komt het meest voor en wordt beschouwd als de normale emotie. De robot zal super blij (figuur 5.12b) zijn wanneer een meting zeer goede resultaten geeft. Indien er een tijd geen interactie is met de robot of als de verbinding met de smartphone verbroken wordt, zal de robot gaan slapen (figuur 5.12c). Hij zal terug wakker worden als de gebruiker een meting wil doen of als de smartphone terug verbonden wordt met de robot. Als het hondje al een tijd aan het slapen is, zullen de schermen uit gaan om energie te besparen.

Om de band met de robot te vergroten is ervoor gekozen de robot te laten knipperen en knipoogjes te geven. Op deze manier zal de gebruiker de robot sneller beschouwen als een echt huisdier in plaats van een statisch object dat metingen kan doen. Figuur 5.13 toont de robot wanneer hij knippert. Oorspronkelijk werd er gekozen om de afbeelding in figuur 5.14 te gebruiken als blij emotie. Deze afbeelding had echter het effect om beangstigend over te komen naar de gebruiker.

5.10 Dokters tool

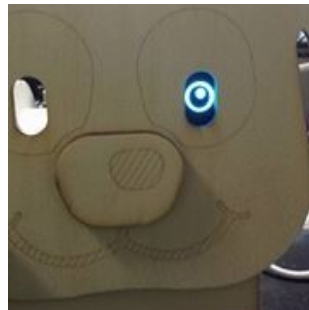
Aangezien de dokter het systeem voor elke patiënt individueel instelt, kan hij gebruik maken van een interface die dit toelaat. Afbeelding 5.15 toont deze



Figuur 5.12: De verschillende emoties van de robot.



Figuur 5.13: De robot wanneer hij knippert met zijn ogen.



Figuur 5.14: Oorspronkelijk ontwerp blijde emotie.

interface. De dokter kan voor elke meting een aantal parameters instellen zoals bijvoorbeeld de deadline van de opdracht of de interpretatie van de resultaten van de metingen. Hoofdstuk 6.12 gaat dieper in op de verschillende functies die de tool toelaat. Tot slot voorziet de tool ook de mogelijkheid om de resultaten van de metingen grafisch weer te geven (afbeelding 5.16). De interactie van de applicatie met de tool kan gevonden worden onder de menuoptie “Dokter” (afbeelding 5.17). Hier zijn twee opties beschikbaar: het inlezen van de instellingen voor een meting en het exporteren van de resultaten van de metingen. Figuur 5.18 toont een voorbeeld van een QR code

gegenereerd door de dokters tool voor het instellen van de applicatie. Figuur [5.19](#) toont een QR code gegenereerd door de applicatie voor het exporteren van resultaten.

Tars dokters tool

Tars is een medische robot die instaat voor het helpen van hartpatiënten bij het uitvoeren van medische metingen. Deze tool laat toe de variabelen van het systeem aan te passen op een visuele manier.

Instellen van sensoren

Meting: Hartslag

Standaard update interval (ms)

Standaard update interval

Herinneringsinterval lage prioriteit (ms)

Herinneringsinterval lage prioriteit

Herinneringsinterval medium prioriteit (ms)

Herinneringsinterval middelhoge prioriteit

Herinneringsinterval hoge prioriteit (ms)

Herinneringsinterval hoge prioriteit

Absolute starttijd meting

dd/mm/ --:--

Update interval absolute starttijd meting

Per minuut

Gewicht

Gewicht

Invloed gewicht lage prioriteit (%)

Invloed gewicht lage prioriteit

Invloed gewicht medium prioriteit (%)

Invloed gewicht middelhoge prioriteit

Invloed gewicht hoge prioriteit (%)

Invloed gewicht hoge prioriteit

Tonen in resultaten

Ja

Alarmtijd

dd/mm/ --:--

Interpretatie van resultaten:

Hartslag	Score	Start (inclusief)	Einde (inclusief)
Boodschap	Deadline interval (ms)	Absoluut	+

Genereer QR code

Inlezen van resultaten

Lees QR code

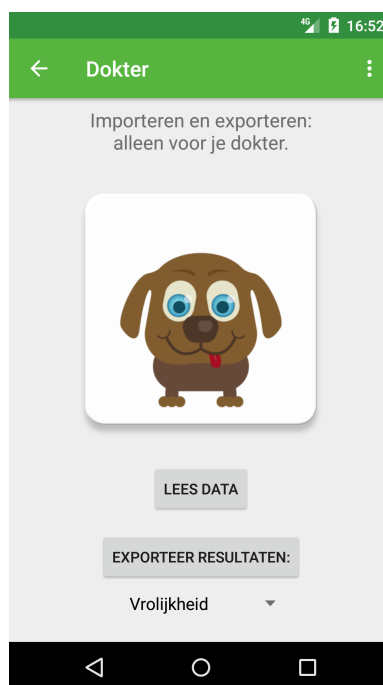
Tars doktor's tool - © 2017 Mannu Lambrichts

Used libraries: [Bootstrap \(design\)](#) - [Instascan \(QR code scanner\)](#) - [WebQR \(QR code creator\)](#) - [Google Charts \(graphs\)](#)

Figuur 5.15: Dokters tool voor het instellen van het systeem. Deze afbeelding toont de verschillende opties voor het instellen van de hartslag meting.



Figuur 5.16: Weergave van de resultaten van een meting. Deze afbeelding toont de geschiedenis van het vrolijkheidspercentage van het systeem.



Figuur 5.17: Interactie met de dokters tool vanuit de applicatie.



Figuur 5.18: Voorbeeld gegenereerde QR code voor het instellen van de applicatie. Deze QR code bevat de instellingen voor de hartslagmeter.



Figuur 5.19: Voorbeeld gegenereerde QR code voor exporteren van de resultaten. Deze QR code bevat de resultaten van de hartslagmeter.

Hoofdstuk 6

Implementatie Tars

In dit hoofdstuk wordt de implementatie van het systeem beschreven. De applicatie is voornamelijk rond data gecentraliseerd. Dit wil zeggen dat er geen ingewikkelde algoritmes uitgedacht moesten worden.

6.1 Ontwerpkeuzes

De applicatie zelf is ontworpen in Android, meer specifiek Java. Deze keuze is gemaakt omwille van de beschikbaarheid van de IDE, interactie mogelijkheden en persoonlijke voorkeur. Alle interne gegevens worden opgeslagen in een SQLite database, wat standaard is voor een Android applicatie.

De robot is gebouwd met behulp van een *Arduino Uno*¹. Dit platform voorziet directe connectiviteit met de *eHealth*² module. Er kan verbinding gemaakt worden met de Android applicatie via USB On-The-Go.

Het object georiënteerde paradigma is zoveel mogelijk nagestreefd in de structuur van de applicatie. Dit is niet vanzelfsprekend aangezien Android een hoge koppeling met de view afdwingt. Klassen verantwoordelijk over een specifiek deel van de data, implementeren het Singleton principe om makkelijk toegang te voorzien. Er is immers geen noodzaak meerdere instanties van een data klasse aan te maken aangezien ze toegang hebben tot dezelfde database. Alle logica in verband met de data vindt voornamelijk plaats bij het lezen en updaten van de database. De klassen hiervoor verantwoordelijk hebben het suffix Manager meegekregen. Voor elk deel van de applicatie is er een aparte manager, zoals bijvoorbeeld AlarmManager, SensorManager, TaskManager, ... Aangezien de Manager klassen alle operaties op de data uitvoeren, is het niet noodzakelijk om specifieke model-klassen te implemen-

¹<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

²<https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/ehealth-biometric-sensor-platform-arduino-raspberry-pi-medical>

teren. Wel is er getracht zoveel mogelijk de klassen te splitsen volgens het Model-View-Controller principe.

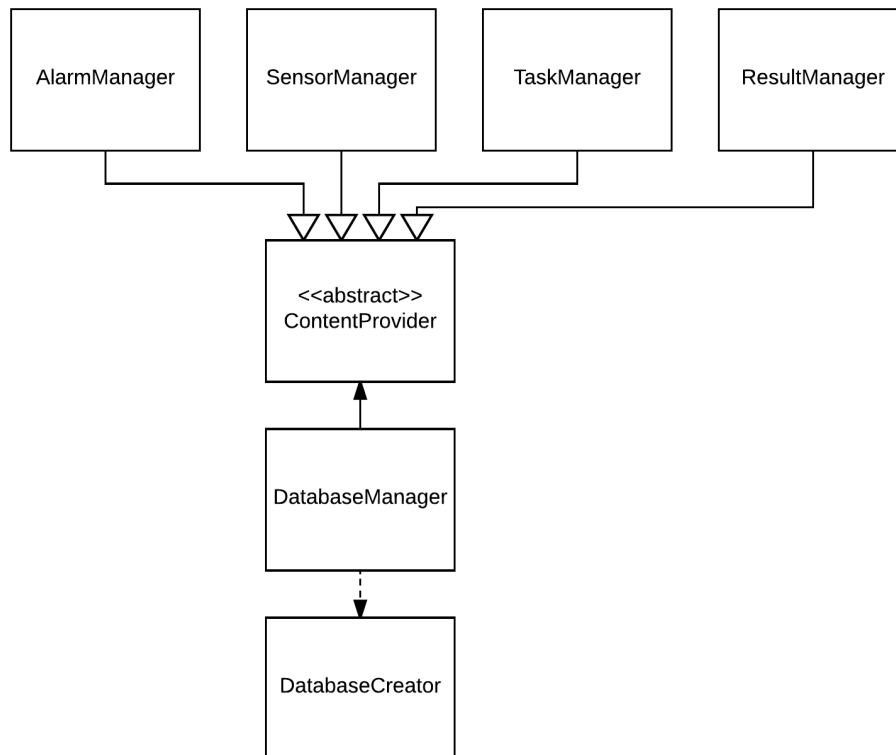
6.2 Initialisatie van de data

Aangezien de applicatie data gecentraliseerd is, moet er een methode zijn om die efficiënt op te slaan en op te vragen. Een bijkomende observatie is dat er, met uitzondering van de resultaten van een meting, geen data gegenereerd of verwijderd wordt. De enige operaties die uitgevoerd worden zijn lees en update operaties. Wanneer de gebruiker de applicatie start, is het enkel noodzakelijk alle gegevens in te laden in de menu's en infovensters. Bij de implementatie van het systeem was er hierdoor de optie om alle gegevens bij de start van de applicatie in het RAM geheugen te laden. Deze keuze is bewust niet gemaakt omdat het niet noodzakelijk is dat alle data meteen beschikbaar is. Dit zou immers een grote overhead geven. Tars maakt gebruik van de SQLite database die standaard zit ingebouwd in Android. Op deze manier moet de data niet elke keer gegenereerd worden maar volstaat het de benodigde delen van de database op te vragen en/of aan te passen.

De klasse verantwoordelijk voor de creatie van alle data heeft als naam DatabaseCreator meegekregen. Deze klasse wordt enkel gebruikt indien de database structuur gewijzigd moet worden. Dit komt voor in situaties dat een database upgrade of downgrade nodig is, of als de applicatie pas geïnstalleerd is. In alle andere gevallen is de data reeds beschikbaar in de applicatie en is het niet nodig alles opnieuw te genereren. Om de verschillende tabellen van de database op te stellen, wordt er gebruik gemaakt van de klasse TableCreator. Deze laat toe om op een overzichtelijke manier velden toe te voegen aan de tabellen van de database.

Om toegang tot de database te verkrijgen, is er een abstracte klasse ContentProvider voorzien. Elke manager implementeert ContentProvider, die alle database logica afhandelt. Hierdoor kan er voor elke tabel in de database een aparte klasse geschreven worden waardoor het datamodel opgesplitst wordt per verantwoordelijkheid. Zo zitten bijvoorbeeld alle query's betreffende een taak in de TaskManager, die op zijn beurt via ContentProvider toegang heeft tot de Task tabel in de database. ContentProvider zelf bevat een referentie naar de singleton klasse DatabaseManager, die op zijn beurt directe toegang naar de Android SQL database voorziet. Figuur 6.1 toont een schema van de structuur van de beschreven klassen.

Tot slot is er een klasse Constants geïmplementeerd die alle constanten van de applicatie bevat. Deze laat toe om vaste waarden makkelijk aan te passen indien ander gedrag is gewenst.



Figuur 6.1: Schema van de structuur voor het beheer van de database. De bovenste Manager klassen implementeren ContentProvider, die een referentie bevat naar DatabaseManager. De klasse DatabaseManager gebruikt static functies van DatabaseCreator.

6.3 Sensoren

Een sensor stelt een fysieke sensor voor en wordt weergegeven in het menu. Sensoren laten toe om via het menu een opdracht naar keuze te selecteren en uit te voeren. Elke sensor heeft exact één bijhorende opdracht en één stappenplan. Achterliggend wil dit niet zeggen dat verschillende metingen in een opdracht maar via één sensor kunnen gebeuren. Elke meting bevat immers zelf de sensor die gebruikt moet worden bij de meting. Volgende attributen worden opgeslagen voor een sensor:

- **Unieke sleutel:** de manier om een opdracht te identificeren op een unieke manier.
- **Naam:** de naam van de sensor om weer te geven in het menu.
- **Icoon:** het icoontje van de sensor.

- **Volgorde:** de volgorde van de sensor in het menu.
- **Stappenplan:** het stappenplan van de bijhorende de sensor.
- **Standaard interval:** het interval dat gebruikt wordt bij de berekening van de nieuwe deadline indien er geen resultaten zijn.
- **Tijd tot eerste herinnering:** tijd tot de herinnering voor de verhoging van lage naar middelhoge prioriteit.
- **Tijd tot tweede herinnering:** tijd tot de herinnering voor de verhoging van middelhoge naar hoge prioriteit.
- **Tijd tot derde herinnering:** wordt niet gebruikt door het systeem maar is toegevoegd voor consistentie.

6.4 Onderdelen van een opdracht

Opdrachten vormen het belangrijkste onderdeel van het systeem. Elke opdracht bevat een aantal attributen die bijdragen aan de complexiteit van een opdracht. In de eerste plaats bevat elke taak een prioriteit en gewicht, een deadline, een stappenplan en een alarm. Dit stappenplan bevat op zijn beurt een aantal stappenplanpagina's die elk een element representeren zoals bijvoorbeeld een meting of een vraag. Volgende paragrafen gaan dieper in op de verschillende onderdelen van een opdracht.

6.4.1 Opdracht

Een opdracht wordt opgeslagen in de database. Volgende opsomming geeft de verschillende attributen van een opdracht weer:

- **Unieke sleutel:** de manier om een opdracht te identificeren op een unieke manier.
- **Naam:** de naam van de opdracht om weer te geven in de takenlijst.
- **Tijdstip:** het tijdstip dat de opdracht beschikbaar werd voor de gebruiker.
- **Prioriteit:** de huidige prioriteit van de opdracht.
- **Absolute tijd:** de start van de absolute deadline.
- **Frequentie:** de frequentie van de opdracht (elke minuut, uur, dag, week, maand of jaar).
- **Gewicht:** het gewicht van de opdracht.

- **Invloed lage prioriteit:** het gewicht van de opdracht bij lage prioriteit, relatief aan het “Gewicht” attribuut.
- **Invloed middelhoge prioriteit:** het gewicht van de opdracht bij middelhoge prioriteit, relatief aan het “Gewicht” attribuut.
- **Invloed hoge prioriteit:** het gewicht van de opdracht bij hoge prioriteit, relatief aan het “Gewicht” attribuut.
- **Achtergrond taak:** indien een taak op de achtergrond uitgevoerd moet worden, zal deze waarde een meting representeren die het systeem zelf zal uitvoeren.

6.4.2 Prioriteit en gewicht

Het gewicht van een opdracht bepaald de invloed op het vrolijkheidspercentage. Hoe hoger het gewicht, hoe meer invloed. Ook de huidige prioriteit van de taak heeft een rol in het gewicht. Het percentage van het gewicht dat meetelt bij de berekening van de vrolijkheid is afhankelijk van de huidige prioriteit van de taak. Standaard is ingesteld dat prioriteit “Laag” maar 50% van zijn totale gewicht als invloed heeft. “Middelhoog” en “Hoog” tellen respectievelijk voor 75% en 100% mee. Deze waarden zijn vrij in te stellen door de dokter.

Een concreet voorbeeld hiervan is het volgende: beschouw de opdracht om de bloeddruk te meten. Deze opdracht heeft een gewicht van 35 ten opzichte van een totaal gewicht van 100 (zie paragraaf 5.3.2). Bloeddruk is de enige opdracht die voltooid moet worden (zonder deze opdracht zou de vrolijkheid 100% zijn) en heeft prioriteit laag.

Aangezien de opdracht lage prioriteit heeft, telt maar 50% van het gewicht mee. Dit wil zeggen dat de opdracht eigenlijk maar 17.5 (op een totaal van 100) als gewicht heeft, waardoor de vrolijkheid van 100% daalt naar 82.5%. Indien de opdracht een middelhoge prioriteit zou hebben, zou er 75% van 35 meetellen in de berekening van de vrolijkheid. Dit komt neer op een gewicht van 26.25 en een totale vrolijkheid van 73.75%. Bij een hoge prioriteit telt 100% van het gewicht mee wat neerkomt op een vrolijkheid van 65%.

In het systeem worden er achter de schermen vier prioriteiten beschouwd: “Toekomst”, “Laag”, “Middelhoog” en “Hoog”. De gebruiker kan enkel de laatste drie zien. De “Toekomst” prioriteit wordt gebruikt om taken aan te duiden die nog niet door de gebruiker uitgevoerd moeten worden.

6.4.3 Achtergrond opdrachten

Een aantal opdrachten vereisen geen specifieke actie van de gebruiker, zoals bijvoorbeeld het tellen van het aantal stappen. Deze opdrachten zullen au-

tomatisch door het systeem behandeld worden waardoor de gebruiker enkel de melding krijgt dat er nieuwe resultaten beschikbaar zijn. Achtergrond opdrachten worden geïmplementeerd aan de hand van een variabele in de database. Indien deze waar is, zal de alarm service de meting uitvoeren en de resultaten automatisch opslaan. Hierbij wordt er een notificatie naar de gebruiker gestuurd om te zeggen dat een achtergrondmeting is uitgevoerd en er resultaten beschikbaar zijn.

6.4.4 Deadlines

Deadlines zijn een complex onderdeel van een opdracht. Zo moet er bijvoorbeeld rekening gehouden worden met notificaties, herinneringen en uiteraard de deadline van de opdracht zelf. Er zijn twee types van deadlines: relatief en absoluut. Aan het einde van een taak bepaalt het systeem aan de hand van de resultaten (zie paragraaf 6.5.4) een bepaalde tijd die absoluut is ten opzichte van de standaard tijd of relatief ten opzichte van de huidige tijd.

Absoluut

Absolute deadlines zorgen ervoor dat het systeem op vaste vooraf ingestelde tijdstippen een taak kan laten uitvoeren zonder dat er invloed is van het volbrengen van de vorige taak. De absolute deadline van een taak wordt berekend aan de hand van de deadline die meegegeven is aan de sensor zelf. Dit wordt beschouwd als de start deadline van de taak. Wanneer een absolute deadline berekend moet worden, zal er met een bepaalde tijd verder geteld worden tot een tijdstip in de toekomst. Hierbij wordt ook de originele deadline van de taak overschreven om onnodige berekeningen te vermijden in de volgende berekening.

Relatief

Relatieve deadlines daarentegen vertrekken vanaf de tijd dat de taak voltooid is. Deze deadlines zijn veel eenvoudiger in implementatie dan absolute deadlines. Het volstaat de huidige tijd op te vragen en hierbij een bepaalde tijd bij op te tellen.

Cooldown zone

Het kan voorkomen dat de gebruiker juist een taak voltooid heeft en dat het systeem meteen een nieuwe taak toont. Denk maar aan volgend voorbeeld: een taak staat ingepland elke ochtend om 9u. Wanneer de gebruiker de taak uitstelt naar volgende ochtend en deze voltooid om 8u59, zal het systeem een nieuwe taak inplannen om 9u, zoals verplicht. Dit kan echter veel frustraties oproepen aangezien die verwachte meting juist voltooid is. Hierdoor werd de

cooldown zone geïntroduceerd. Deze tijd wordt typisch ingesteld op 5 minuten maar is aanpasbaar bij de constanten van de applicatie. De cooldown tijd zorgt ervoor dat er een bepaalde tijd na het uitvoeren van een taak geen nieuwe taak gepland mag worden. In het voorbeeld zou dus betekenen dat er tot 9u04 geen nieuwe taak gepland mag worden waardoor de uiteindelijke deadline verschuift naar de volgende ochtend.

6.4.5 Stappenplan

Om de gebruiker te helpen bij het uitvoeren van metingen is er een stappenplan voorzien. Het stappenplan is opgebouwd uit verschillende stappenplanpagina's. Elke stappenplanpagina representeert een element uit de opdracht die de gebruiker moet lezen of uitvoeren. Er zijn in het totaal vier verschillende types van stappenplanpagina's (zie paragraaf 5.3.1). Een stappenplan wordt opgeslagen in de database in de vorm van een lijst stappenplanpagina's en bevat volgende attributen:

- **Sleutel voor het stappenplan:** het stappenplan waar de pagina bijhoort.
- **Sleutel voor de pagina:** index van de pagina in het stappenplan.
- **Titel:** de titel van de pagina.
- **Tekst:** tekst om weer te geven op de pagina.
- **Afbeelding:** optionele afbeelding (als het type een tekst-afbeelding-pagina is).
- **Actie:** optionele actie (als het type een meting- of vraag-pagina is).
- **Vraag:** optionele vraag voor de gebruiker (als het type een vraag-pagina is).
- **Type:** het type van de stappenplanpagina.

Weergave

Een stappenplan wordt weergegeven door een zelf geschreven TutorialViewPager object. Deze klasse overschrijft de standaard ViewPager klasse maar heeft als uitzondering dat scrollen verhinderd kan worden indien een meting niet uitgevoerd is.

Tutorial pagina aanmaken

Een nieuw type van stappenplanpagina kan eenvoudig aangemaakt worden door een nieuw type toe te voegen aan de enum die het type representeert

en door de nieuwe pagina `AbstractTutorialPage` te laten overschrijven. `AbstractTutorialPage` voorziet alle functies die nodig zijn, zoals bijvoorbeeld de context, de huidige activiteit en directe communicatie met de huidige activiteit.

6.4.6 Voltooien van een opdracht

Bij het voltooien van een opdracht moeten er een aantal gegevens gereset worden. In de eerste plaats moet de deadline van de opdracht vernieuwd worden en moet de prioriteit naar de begintoestand gezet worden. Er wordt geen nieuwe opdracht gemaakt aangezien slechts enkele waarden geüpdatet moeten worden. Ook het alarm behorende bij de opdracht wordt aangepast aan de nieuwe deadline en prioriteit. Resultaten van eventuele metingen en vragen worden opgeslagen in de database. Tot slot moet de vrolijkheid aangepast worden aangezien een taak voltooid is.

De taak van het resetten ligt bij de `SysteemManager` klasse. Deze combineert de functies van de `TaskManager` en de `AlarmManager` om een extra abstractielaag toe te voegen.

6.5 Metingen

Metingen worden visueel gerepresenteerd door een specifieke pagina in het stappenplan. Wanneer de gebruiker de meting start, zal het systeem een reeks berichten naar de robot sturen. Deze zal op zijn beurt de meting uitvoeren en de resultaten terug sturen. Wanneer de applicatie de resultaten ontvangt worden deze geïnterpreteerd en wordt de gebruiker ingelicht hierover. Paragraaf 6.9 geeft meer informatie over de verbinding tussen de applicatie en de robot. Metingen worden ook weergegeven in de resultatenweergave (zie paragraaf 6.7) in de vorm van een grafiek.

Een meting kan meerdere onderdelen hebben, denk maar aan de bovendruk en onderdruk van een bloeddrukmeter. Hierdoor werd een extra tabel toegevoegd die de specifieke data van elk onderdeel bijhoudt. Een meting zelf bevat volgende attributen in de database:

- **Sleutel voor de opdracht:** de sleutel van de bijhorende opdracht.
- **Unieke sleutel:** de manier om een meting te identificeren op een unieke manier.
- **Commando:** het commando dat verstuurd moet worden naar de robot.
- **Naam:** de naam van de meting om weer te geven bij de resultaten.
- **Minimum y waarde:** de minimum waarde voor de y-as.

- **Maximum y waarde:** de maximum waarde voor de y-as.
- **Label voor horizontale as:** de tekst bij de horizontale as van de grafiek.
- **Label voor verticale as:** de tekst bij de verticale as van de grafiek.
- **Wordt weergegeven bij resultaten:** de mogelijkheid om de resultaten te verbergen in de weergave.

Een apart onderdeel van een meting bevat volgende attributen in de database:

- **Sleutel voor de opdracht:** de sleutel van de bijhorende opdracht.
- **Sleutel voor de meting:** de sleutel van de bijhorende meting.
- **Unieke sleutel:** de manier om het onderdeel van een meting te identificeren op een unieke manier.
- **Naam:** de naam van de meting om weer te geven bij de resultaten.
- **Verwachte minimum waarde:** de verwachte minimum waarde voor de y-as.
- **Verwachte maximum waarde:** de verwachte maximum waarde voor de y-as

6.5.1 Timeout

Om ervoor te zorgen dat een meting niet eeuwig blijft duren, is er een timeout voorzien. Deze staat op 1 minuut en 20 seconden en is zo gekozen dat, indien een patiënt het stappenplan volgt, hij meer dan genoeg tijd heeft om eender welke meting te voltooien.

6.5.2 Vragen

Een vraag is een uitzondering op een meting. Een vraag moet immers alle mogelijke antwoorden bevatten waardoor deze niet kan worden gezien als een gewone meting. De sleutels van de metingen moeten uniek zijn ten opzichte van de sleutels van de vragen. Op deze manier kan er binnen een opdracht een onderscheid gemaakt worden tussen een vraag en een meting. De vraag zelf wordt opgeslagen in de tekst van de opdracht. De mogelijke antwoorden worden weergegeven in de database aan de hand van volgende attributen:

- **Sleutel voor de vraag:** de sleutel van de bijhorende vraag.
- **Volgorde:** de volgorde van het antwoord in de lijst.
- **Tekst:** het antwoord op de vraag in tekst vorm.

6.5.3 Google Fit

Om de stappen van de gebruiker te kunnen meten is er gebruik gemaakt van de API van Google Fit. Helaas is het hierdoor noodzakelijk dat de gebruiker verbonden is met het internet om zijn aantal stappen te kunnen inladen. Om gebruik te kunnen maken van de Google Fit API is het nodig een aantal sleutels te genereren en toegang aan te vragen op de ontwikkelingspagina van Google. Hoewel er in eerste instantie veel moeilijkheden waren bij het maken van de verbinding, is er toch gekozen om verder te werken met de Google API. Deze keuze is gemaakt omdat Google Fit niet alleen stappen bijhoudt, maar ook andere bewegingsactiviteiten monitort, zoals bijvoorbeeld fietsen en hardlopen. Ook voorziet Google Fit perfecte integratie met sporthorloges waardoor er nauwkeurigere metingen kunnen gebeuren. Het toevoegen van de API geeft uiteindelijk een grote meerwaarde aangezien er aan Tars in een later stadium extra sensoren en activiteiten toegevoegd kunnen worden.

Wanneer de gebruiker de applicatie opstart, zal er automatisch verbinding gemaakt worden met de Google Fit API. Deze automatische verbinding is belangrijk aangezien de gebruiker de eerste keer moet kiezen welk Google account hij wenst te gebruiken. Indien hij dit niet doet, zal de applicatie geen verbinding kunnen maken en kan er geen gebruik gemaakt worden van de stappenteller.

6.5.4 Interpretatie van resultaten

De logica van de interpretatie van de resultaten gebeurt uitsluitend in de database. Er is een aanname gemaakt dat er enkel gehele getallen verstuurd kunnen worden. Dit vergemakkelijkt de verwerking van de resultaten en zorgt nog steeds voor alle flexibiliteit. Floats kunnen voorgesteld worden door het getal met een bepaalde factor te vermenigvuldigen om zo een geheel getal te creëren. Strings kunnen doorgestuurd worden aan de hand van een unieke sleutel waardoor het systeem weet over welke String het gaat.

In de database bevindt zich een tabel met alle mogelijke uitkomsten voor een bepaalde meting. Voor elk interval van uitkomsten is een bepaalde interpretatie voorzien. Concreet bevat de tabel volgende attributen:

- **Sleutel voor de meting:** de sleutel van de bijhorende meting.
- **Unieke sleutel:** de manier om een resultaat te identificeren op een unieke manier.
- **Minimum waarde interval:** de minimum waarde van het interval.
- **Maximum waarde interval:** de maximum waarde van het interval.

- **Tekst voor interpretatie:** de tekst die getoond wordt als interpretatie.
- **Score voor interpretatie:** de score voor de interpretatie.
- **Volgende deadline:** de volgende deadline van de meting.
- **Type van volgende deadline:** absoluut of relatief

Om resultaten makkelijk te kunnen interpreteren wordt gebruik gemaakt van een matching interval bij elke mogelijke uitkomst. Dit interval representeert een minimum en maximum waarde voor een bepaalde uitkomst. Aan elk interval is een tekst en score gebonden. De score zal bepalen welke afbeelding er weergegeven wordt bij de resultaten en geeft ook aan welke kleur de leds van de robot krijgen.

Stel dat de gebruiker een meting uitvoert die als resultaat x geeft. Het systeem zal in de database gaan zoeken binnen welke intervallen x valt. Typisch zal dit maar één interval zijn, maar het is ook mogelijk met meerdere intervallen te matchen. Indien er meerdere matchings zijn, zal de tekst van alle matchings samengevoegd worden, een gemiddelde score berekend worden en de dichtstbijzijnde deadline gekozen, rekening houdend met het type van de deadline.

Een concreet voorbeeld van dit principe: stel er zijn drie mogelijke uitkomsten: “Slecht” met een interval van 0-50 en score 0, “Medium” met een interval van 51-75 en score 50, en “Goed” met een interval van 76-100 en score 100. De waardes van deze intervallen zijn volledig vrij te kiezen door de dokter en ook het aantal intervallen is ongelimiteerd. Wanneer de gebruiker een meting uitvoert en bijvoorbeeld 93 terugkrijgt, zal het systeem gaan zoeken in welk interval dit resultaat thuis hoort. In dit voorbeeld zal dit enkel het “Goed” resultaat zijn. Indien er nog een vierde interval “Uitstekend” van 91-100 zou zijn, dan zou het systeem “Goed” en “Uitstekend” samenvoegen en zal de gemiddelde score van 75 berekend worden.

6.6 Notificaties

Om de gebruiker op de hoogte te stellen van nieuwe taken wordt er gebruik gemaakt van meldingen. Deze meldingen kunnen voorkomen in de vorm van een notificatie of een boodschap op het scherm, ook wel toast genoemd. Een notificatie wordt gebruikt wanneer de applicatie niet actief is, een toast komt enkel voor wanneer de gebruiker zich op het startscherm van de applicatie bevindt. De boodschap weergegeven bij de melding bevat de naam en prioriteit van de opdracht.

Om de meldingen weer te geven werd er gebruik gemaakt van de standaard Android klassen voor notificaties en toasts.

6.6.1 Alarmen

Elke opdracht heeft hoogstens één alarm. Het is immers niet mogelijk om meerdere alarmen voor dezelfde taak in te stellen aangezien een alarm pas gezet kan worden bij het resetten van een opdracht. Een alarm heeft in de database volgende attributen:

- **Unieke sleutel:** de manier om een alarm te identificeren op een unieke manier.
- **Prioriteit:** de prioriteit van het alarm.
- **Deadline:** het tijdstip dat het alarm moet afgaan.

De prioriteit van de opdracht komt overeen met de prioriteit van het overeenkomstige alarm, behalve wanneer de opdracht is uitgesteld door de slaaptijd van de patiënt (zie paragraaf [6.6.3](#)).

Android AlarmManager

Om een actie uit te voeren in de toekomst wordt er gebruik gemaakt van de Android AlarmManager. Deze Android klasse is geoptimaliseerd voor taken in de verre toekomst. Bij experiment is gebleken dat de Android AlarmManager enkele minuten vertraging kan hebben tussen de ingestelde deadline en de ontvangen deadline. Deze vertraging is verwaarloosbaar voor het systeem en bij intervallen die groter zijn dan uren, of soms zelfs dagen.

Notificatieservice

Een service wordt gebruikt om notificaties op te vangen en door te sturen naar de applicatie. Aangezien de ontvangst van de notificaties moet blijven als de smartphone inactief is of als de gebruiker de applicatie gesloten heeft, zal het systeem ervoor zorgen dat de service niet gesloten kan worden. Wanneer de gebruiker de applicatie met alle services volledig sluit, zal de service zichzelf opnieuw starten. Geavanceerde gebruikers kunnen dit verhinderen via de instellingen van de smartphone, maar dan is dit de bewuste keuze van de gebruiker. Met andere woorden, het is niet mogelijk dat de gebruiker de service per ongeluk sluit. Bij het heractiveren van de service zullen alle alarmen opnieuw ingesteld worden aan de hand van de gegevens in de database.

6.6.2 Herinneringen

Indien de gebruiker vergeten is een bepaalde taak uit te voeren wordt er een herinnering van die taak gestuurd. De tijd tussen het ontvangen van de taak en het krijgen van een herinnering kan worden ingesteld door de dokter.

Deze tijd verschilt ook per prioriteit. In het totaal zullen twee herinneringen gestuurd worden naar de gebruiker. Bij elke herinnering verhoogt de prioriteit van zowel de taak als het alarm met één niveau.

6.6.3 Slaaptijd

Om de nachtrust van de gebruiker te respecteren, worden er geen notificaties gestuurd tijdens zijn vooraf ingestelde nachtrust. Indien er tijdens die periode toch nog een notificatie plaatsvindt, zal deze uitgesteld worden tot de volgende ochtend. Dit wordt gerealiseerd door het alarm te resetten naar het uur dat de gebruiker opstaat. In de database zal de prioriteit van de opdracht verhogen zodat deze wordt weergegeven in de takenlijst. De prioriteit van het alarm blijft hetzelfde aangezien het systeem er vanuit gaat dat de gebruiker de taak nog niet heeft kunnen bekijken en dus ook nog geen herinnering moet ontvangen. Aan het einde van de slaaptijd zullen alle uitgestelde notificaties getoond worden en gaat het systeem verder met de normale routine. Bij het tonen van de uitgestelde notificaties worden de prioriteit van de opdracht en het alarm terug gelijk gesteld aan elkaar.

6.7 Resultaten

Grafieken worden getekend met behulp van een externe bibliotheek: Graph-View³. Deze bibliotheek laat toe op een overzichtelijke manier grafieken te genereren en aan te passen. Resultaten worden in de database opgeslagen aan de hand van twee waarden: het tijdstip en het resultaat van de meting.

6.8 Help, instellingen en telefoonnummers

Elke meting bevat meer informatie over zichzelf en deze kan teruggevonden worden via de help weergave. Deze informatie wordt in de database onderverdeeld per opdracht. Een opdracht wordt gerepresenteerd in de database aan de hand van volgende attributen:

- **Unieke sleutel:** manier om de informatie van een opdracht te identificeren op een unieke manier.
- **Naam:** de naam van de opdracht om weer te geven bij de lijst van opdrachten in de help weergave.
- **Volgorde:** de volgorde van de opdracht in de lijst van opdrachten in de help weergave.

Een meting zelf bevat volgende attributen in de database:

³<http://www.android-graphview.org/>

- **Sleutel van de opdracht:** de sleutel overeenkomstige opdracht.
- **Unieke sleutel:** een unieke sleutel voor de identificatie van metingen in de help database.
- **Titel:** de titel om weer te geven in de help weergave.
- **Tekst:** de tekst om weer te geven in de help weergave.

De instellingen van de applicatie worden opgeslagen in de SharedPreferences files van Android. Voor de weergave van de instellingen werd er gebruik gemaakt van de standaard Settings activity in Android.

Telefoonnummers worden opgeslagen in de SharedPreferences files van Android. Met behulp van een standaard Android Intent kan een pop-up getoond worden zodat een telefoonnummer snel gebeld kan worden in geval van nood.

6.9 Connectie met de robot

Om een verbinding tussen de applicatie (Android) en de robot (Arduino) te voorzien, wordt er gebruik gemaakt van een OTG kabel. Met behulp van de Physicaloid bibliotheek⁴ kan er gebruik gemaakt worden van Serial communicatie tussen Android en Arduino. Om deze dataoverdracht betrouwbaar te laten verlopen, is er een bepaalde syntaxis waar een commando moet voldoen.

De syntaxis is geïmplementeerd aan de hand van een systeem met verschillende niveaus. Elk niveau heeft zijn eigen verantwoordelijkheid op de data. Bij het zenden van een commando wordt de data van het bovenste naar het onderste niveau getransporteerd. Hierbij kunnen niveaus extra informatie toevoegen aan het commando, afhankelijk van de functie van dat niveau. Bij het ontvangen van een antwoord gebeurt het transport in omgekeerde volgorde (van het onderste naar het bovenste niveau) en wordt de data terug ontleed.

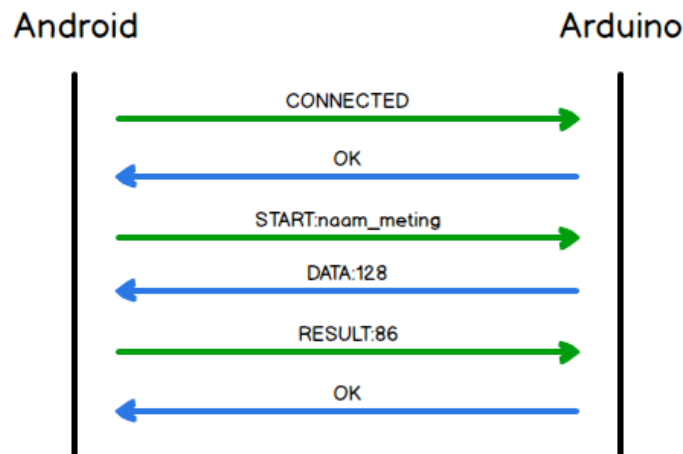
6.9.1 MeasurementInterface

De MeasurementInterface klasse heeft de verantwoordelijkheid over het uitvoeren van een meting. Deze klasse zal rechtstreeks communiceren met ConnectionInterface en implementeert het protocol dat uitgevoerd moet worden om een meting te voltooien. De MeasurementInterface beslist ook of de meting moet gebeuren op de Arduino of als een sensor van de smartphone gebruikt moet worden.

⁴<https://github.com/ksksue/PhysicaloidLibrary>

6.9.2 Protocol

Om een meting te doen moet er een reeks van commando's verstuurd worden naar de robot. Afbeelding 6.2 toont het protocol voor het uitvoeren van een meting.



Figuur 6.2: Protocol voor het uitvoeren van een meting. In dit voorbeeld wordt een meting gedaan met als naam “naam_meting”. De meting geeft 128 als resultaat waarop de applicatie een score van 86 berekend. De waarden in dit voorbeeld zijn volledig fictief.

Als eerste wordt het commando “CONNECTED” verstuurd. Dit commando controleert of de Arduino klaar is om een meting te doen. Het enige verwachte antwoord van de Arduino moet “OK” zijn. In elk ander geval zal er een foutmelding getoond worden aan de gebruiker. Het volgende commando dat verzonden moet worden is “START”, gevolgd door een “:” en de naam van de meting die voltooid moet worden. Als antwoord zal de Arduino het “DATA” commando sturen, gevolgd door een “:” en een Integer waarde die het resultaat voorstelt. Hierop zal de applicatie het ontvangen resultaat interpreteren en een score terugsturen naar de Arduino in de vorm van het “RESULT” commando. Dit commando is vergezeld van een “:” gevolgd door de score van de meting. Wanneer de Arduino hierop “OK” antwoordt, is de meting voltooid en worden de resultaten aan de gebruiker getoond.

Het annuleren van een meting kan gebeuren door het “CANCEL” commando te sturen. Hierop zal de Arduino antwoorden met “OK” om te bevestigen dat de meting geannuleerd is.

6.9.3 ConnectionInterface

Bij het versturen van een commando zal de `ConnectionInterface` klasse als eerste aangesproken worden. Deze klasse zorgt ervoor dat de connectie met

de Arduino gemaakt is en dat de applicatie permissie geeft voor het gebruik van USB OTG. Alle commando's worden verzonden naar het onderliggende niveau, wat Level2 is.

6.9.4 Level2

De Level2 klasse staat in voor de buffering van het commando. Om conflicten op de serial connectie te vermijden, is het enkel toegestaan één commando tegelijkertijd te sturen. Dit wil zeggen dat een commando pas verzonden mag worden op het moment dat er een antwoord op het vorige commando binnenkomt. Hierdoor moet de Arduino in de robot geen rekening te houden met meerdere aanvragen, wat moeilijk is in een single threaded omgeving.

Het is ook de verantwoordelijkheid van Level2 om een unieke waarde te genereren voor elk commando. Deze waarde is nodig om te kunnen bepalen voor welk commando het ontvangen antwoord bedoeld is en wordt toegevoegd aan het commando als prefix "CMDx_" met x de unieke waarde. Hoewel het bij een normale werking van het systeem niet mogelijk is te wachten op antwoorden van meerdere commando's (er wordt steeds gewacht tot een antwoord binnenkomt vooraleer het volgende commando verzonden wordt), is deze controle toegevoegd voor het geval er een fout optreedt in de Arduino en bepaalde antwoorden te laat aankomen (bijvoorbeeld bij een cancel commando). Op deze manier weet de applicatie op welk antwoord hij moet wachten om verder te kunnen gaan.

De buffer is geïmplementeerd in de klasse CommandQueue aan de hand van een queue. Een CommandThread instantie draait in een aparte thread en heeft als taak de commando's te versturen bij het binnenkomen van een antwoord.

6.9.5 Level1

Level1 is de klasse verantwoordelijk voor de controle op de ontvangen data. Er wordt gebruik gemaakt van een start- en eindsymbool waardoor zowel de applicatie als de Arduino weten waar een nieuw commando begint en waar het eindigt. Als startsymbool is er gekozen voor het "#" teken, het eindsymbool wordt gerepresenteerd door een "@". Het onderliggende niveau is Level0.

Level1 voorziet ook de buffer voor de ontvangen data. Aangezien alle commando's karakter per karakter verstuurd worden, is er nood aan een buffer die alle ontvangen karakters kan opslaan.

6.9.6 Level0

Level0 voorziet toegang tot de ConnectieManager en heeft als verantwoordelijkheid de status van de verbinding te controleren. Zo zal Level0 controleren of de verbinding met de Arduino al gemaakt is en wordt er een foutmelding getoond indien er iets misgelopen is met de verbinding. Level0 is de abstractielaag boven de ConnectionManager.

6.9.7 ConnectionManager

De ConnectionManager is het laagste niveau in de applicatie en maakt gebruik van de functies van de Physicaloid bibliotheek. ConnectionManager is verantwoordelijk voor het aanvragen van permissie voor het gebruik van USB apparaten. Deze klasse kan gezien worden als de directe link tussen de applicatie en de Arduino.

6.10 Flexibiliteit van de applicatie

Het systeem voorziet de mogelijkheid om volledig instelbaar te zijn volgens de wensen van de dokter. Deze kan bijvoorbeeld sensoren, opdrachten of metingen toevoegen, bepaalde verwachte waarden en doelen instellen en bepalen op welk moment de patiënt een meting moet doen, dit zelfs afhankelijk van de resultaten van de vorige meting. Deze vrijheden zijn geïmplementeerd door het gebruik van generieke vormen die worden ingevuld met data uit de database. Tijdens de implementatie werden er geen specifieke aannames gemaakt over mogelijke waarden en/of resultaten. Indien er toch een aanname moest gebeuren, werd er gezocht naar een universeel systeem dat eventueel ook voor andere functies gebruikt kon worden.

Een concreet voorbeeld hiervan is het stappenplan van een sensor. Aangezien elke sensor een uniek stappenplan heeft, was het mogelijk om voor elke sensor een aparte versie te maken. Toch werd er gekozen voor een systeem dat de mogelijkheid heeft verschillende types van pagina's te combineren tot een geheel. Op deze manier kan er een variabel stappenplan voor elke sensor aangemaakt worden zonder enige wijziging in de code.

6.11 Implementatie robot

De implementatie van de robot bestaat uit twee delen. De robot maakt gebruik van twee gekoppelde Arduino's wegens incompatibiliteit met de serial poorten van de *eHealth* module (meer bepaald de bloeddrukmeter) en de USB verbinding. De Arduino die de *eHealth* module bevat wordt SensorArduino genoemd en zal instaan voor het aansturen van de sensoren. De Arduino die instaat voor de verbinding van de smartphone met de SensorArduino wordt

BrugArduino genoemd. Deze zal ook instaan voor alle randanimaties, zoals het aansturen van de schermen en de leds op de buik van de robot.

6.11.1 BrugArduino

De BrugArduino representeert een brug tussen de smartphone en de SensorArduino. De verbinding tussen de twee Arduino's wordt gemaakt door een SoftwareSerial⁵ connectie. De verbinding met de smartphone wordt voorzien door de standaard Serial communicatie via een USB OTG kabel.

De BrugArduino is verantwoordelijk voor alle randanimaties van de robot. Wanneer een commando gestuurd door de smartphone binnenkomt, zal de BrugArduino dit gaan ontleden en interpreteren. Hierna zal de BrugArduino het commando gaan verwerken en, indien nodig, een nieuw commando sturen naar de SensorArduino. Dit commando heeft een eigen syntaxis die zeer gelijkend is aan die van de communicatie tussen de BrugArduino en de smartphone: startsymbool (“#”) + commando + eindsymbool (“@”). De enige ondersteunde commando's zijn de naam van de meting die voltooid moet worden en een geheel getal dat het resultaat van een meting voorstelt.

Om de schermen aan te sturen, wordt gebruik gemaakt van de HCUoled bibliotheek⁶. Dit is de vierde bibliotheek die getest is geweest en de beste resultaten voor deze toepassing gaf. HCUoled laat toe om bitmaps van afbeeldingen in te laden en weer te geven op het scherm. Deze bibliotheek houdt een buffer bij waardoor het geheugen van de Arduino zo goed als vol zit. Om meerde schermen te kunnen aansluiten en gebruiken, heeft de bibliotheek maar één buffer voor alle schermen. Door het beperkte geheugen werd de functionaliteit van de BrugArduino zo beperkt mogelijk gehouden en werd de SensorArduino geïntroduceerd. Een ander probleem dat optrad was dat de bibliotheek verwachtte dat de afbeeldingen verticaal werden ingelezen tijdens de omzetting naar een bitmap. Hierdoor was er echter maar een zeer beperkt aantal toepassingen beschikbaar die een afbeelding verticaal konden omzetten naar een bitmap.

6.11.2 SensorArduino

Het *eHealth* platform heeft directe verbinding met de SensorArduino. Deze ontvangt commando's van de BrugArduino en interpreteert de data. Hierna wordt de gevraagde meting uitgevoerd en het resultaat teruggestuurd. De bibliotheek die gebruikt wordt voor de interactie met het *eHealth* platform is de standaard bibliotheek aangeboden op hun website⁷.

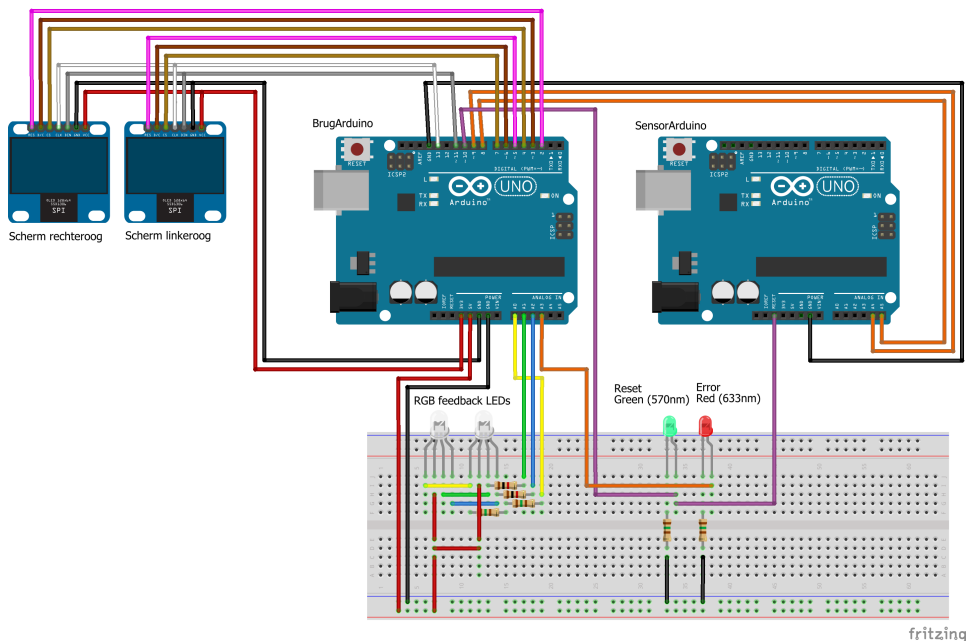
⁵<https://www.arduino.cc/en/Reference/softwareSerial>

⁶<https://github.com/HobbyComponents/HCUOLED>

⁷<https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/ehealth-biometric-sensor-platform-arduino-raspberry-pi-medical>

6.11.3 Schematische weergave opstelling

Figuur 6.3 toont de schematische weergave van de opstelling van de componenten. De twee schermen aan de linkerkant maken gebruik van SPI als communicatie middel. De twee Arduino's communiceren onderling door middel van een serial verbinding.



Figuur 6.3: Grafische weergave van alle verbonden componenten van het systeem.

6.12 Dokters tool

De dokters tool werd gerealiseerd door een JavaScript applicatie die geopend kan worden met elke browser. De tool bevat een QR code lezer en generator voor de communicatie met de applicatie. Het is de bedoeling dat de dokter de gewenste parameters per meting ingeeft. Na het ingeven van deze waarden kan de dokter een QR code genereren voor die meting. Deze QR code kan worden ingelezen door de applicatie waardoor de instellingen geïnterpreteerd en overgenomen worden. De tool voorziet ook de mogelijkheid om zelf QR codes in te lezen en te interpreteren. Deze QR codes worden gegenereerd door de applicatie zelf en bevatten de resultaten van metingen die de gebruiker heeft uitgevoerd.

Om de tool visueel te realiseren, werd gebruik gemaakt van Bootstrap⁸. De

⁸<http://getbootstrap.com/>

bibliotheek InstaScan⁹ wordt gebruikt om QR codes te kunnen inlezen en te interpreteren. QR codes worden gegenereerd met behulp van de bibliotheek JSQRCode¹⁰ die achterliggend gebruik maakt van ZXing¹¹. De grafische weergave van de resultaten wordt voorzien door Google Charts¹².

De applicatie maakt gebruik van de bibliotheek QRCodeReaderView¹³ om QR codes te lezen en te interpreteren. QR codes worden gegenereerd met behulp van de bibliotheek ZXing¹⁴.

De moeilijkheid bij de implementatie van de dokters tool was de compatibiliteit tussen de verschillende browsers. Zo kan Google Chrome bijvoorbeeld geen videobronnen laden als het bestand lokaal geladen wordt. Firefox heeft moeilijkheden indien een inputveld een datum moet representeren.

⁹<https://github.com/schmich/instascan>

¹⁰<https://github.com/LazarSoft/jsqrcode>

¹¹<https://github.com/zxing/zxing>

¹²<https://developers.google.com/chart/>

¹³<https://github.com/dlazar66/Rivierdonderpad>

¹⁴<https://github.com/zxing/zxing>

Hoofdstuk 7

Conclusie

In deze bachelorproef werd de mogelijkheid onderzocht om patiënten thuis te laten revalideren. Verplaatsingen van en naar het revalidatiecentrum zijn niet meer nodig wat kan zorgen voor een minder stressvolle revalidatie voor de patiënt. Een probleem van thuisrevalidatie kan echter zijn dat de patiënt niet over de nodige apparatuur bezit om metingen te kunnen doen. Ook kunnen patiënten snel gedemotiveerd raken omdat de controle minder is dan in het revalidatiecentrum.

Het resultaat van deze bachelorproef is een applicatie en robot die op een eenvoudige manier toelaten dat de patiënt thuis zijn metingen kan uitvoeren. Hierbij zal het systeem de patiënt zoveel mogelijk proberen te motiveren om de metingen te blijven doen, voldoende te bewegen en te letten op gezonde voeding. Het systeem zal ook instaan voor de begeleiding van de patiënt bij het uitvoeren van correcte metingen. De patiënt krijgt ook feedback over de meting en kan leren wat goede en slechte resultaten zijn.

7.1 Extra onderzoek

Helaas is het systeem nog niet getest door hartpatiënten zelf waardoor er niet aangetoond kan worden of Tars echt kan helpen bij de revalidatie. Testen door hartpatiënten kunnen immers een duidelijk beeld vormen over de positieve en negatieve elementen van het systeem. Bij verschillende testen onder vrienden is gebleken dat de applicatie een zeer intuïtieve interface heeft en makkelijk te gebruiken is. Bij deze testen werd er voornamelijk gekeken naar het uitvoeren van de metingen en minder naar de bruikbaarheid in de medische wereld. Iedereen was er wel van overtuigd dat ze de robot leuk vonden en er zeker voor zouden zorgen indien nodig.

Als tweede kunnen er slimme metingen geïntroduceerd worden. In het huidige systeem wordt het tijdstip van de volgende meting bepaald aan de hand van de resultaten van de vorige meting, maar het kan handig zijn om dit

tijdstip te laten bepalen aan de hand van meerdere metingen of een trend in de resultaten. Zo kan het systeem nog flexibeler reageren op de situatie van de patiënt waardoor ze het gevoel krijgen dat iemand hen opvolgt.

Er is ook nog de mogelijkheid tot het uitwerken van een applicatie voor de dokter. Tars laat toe dat de dokter alle variabelen van een opdracht of meting kan aanpassen, maar het kan een frustrerend werk zijn om dit volledig manueel te doen. Het is immers enkel in specifieke gevallen nodig om van de standaard waarden af te wijken. Als oplossing voor dit probleem kan er een programma gemaakt worden waarmee de dokter het systeem volledig kan configureren.

Ten vierde kan er aan de applicatie een API¹ toegevoegd worden waardoor andere applicaties gebruik kunnen maken van de functies van Tars. Zo kan het aantal sensoren uitgebreid worden met bijvoorbeeld een fitnessarmband of een andere sensor die de gebruiker draagt. Tars zal dan de mogelijkheid bieden om een groot aantal sensoren samen te brengen tot één applicatie.

7.2 Bronnen

De icoontjes en afbeeldingen in de applicatie werden enerzijds gehaald uit Android en anderzijds uit onderstaande bronnen:

- **Hartslag:** heartbeat by thesauruszone.com from the Noun Project
- **Zuurstofniveau:** Lung by Iconic from the Noun Project
- **Bloeddruk:** Blood Pressure Meter by Laymik from the Noun Project
- **Beweging:** footsteps by b farias from the Noun Project
- **Medicatie:** Pill by Jamison Wieser from the Noun Project
- **Onbekende sensor:** microprocessor by Creative Stall from the Noun Project
- **Dokter:** Doctor by zidney from the Noun Project
- **Bloeddrukmeting tekening:** <http://www.bloeddrukmeter-advies.nl/meten-en-houding/>

¹ *Application Programming Interface*, in de context van Android wordt dit voorzien door Intents.

7.3 Ondervonden problemen

De implementatie is niet volledig zonder problemen verlopen. In de eerste plaats was er een probleem bij de interactie met de bloeddrukmeter. Ook de communicatie tussen de smartphone en Arduino kende bij de start een aantal problemen.

7.3.1 Bloeddrukmeter

Het eerste probleem dat optrad was dat er geen waarden van de bloeddrukmeter opgevraagd konden worden. Dit had te maken met de Arduino hardware serial buffer die te klein was. Ook mag de bloeddrukmeter niet verbonden zijn bij het uploaden van de code naar de Arduino en moet de Arduino gereset worden vlak na het verbinden van de bloeddrukmeter.

Ten tweede zat er een mogelijke bug in de eHealth bibliotheek. Op bepaalde momenten was het niet meer mogelijk de bloeddrukmeter te initialiseren en zat het programma vast in een oneindige lus veroorzaakt in de bibliotheek. Bij onderzoek bleek dat de bloeddrukmeter een ander karakter (0xFF) terugstuurde dan hetgeen verwacht werd (0x1D) om de initialisatie lus te stoppen. Tot slot waren er ook problemen bij het gebruik van zowel de bloeddrukmeter als de serie connectie over USB. Na het aansturen van de bloeddrukmeter kan de Arduino geen data meer over de hardware serial connectie sturen aangezien deze in gebruik is door de bloeddrukmeter.

7.3.2 OTG verbinding tussen Android en Arduino

Ook de OTG verbinding heeft moeilijkheden gehad. Zo zijn er een aantal bibliotheken getest die een aantal bugs bevatten. Hierdoor werd de verbinding zo onbetrouwbaar dat het niet mogelijk was data te versturen of ontvangen. In deze bibliotheken werd ook steeds gebruik gemaakt van een speciaal type commando dat de Arduino reset na het ontvangen ervan.

Ondanks bovenstaande problemen was deze bachelorproef een mooie uitdaging met als resultaat een bruikbare toepassing.

Bibliografie

- [1] Warner Mbuila Mampuya. Cardiac rehabilitation past, present and future: an overview. *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*, 2(1):38–49, 2012. doi: 10.3978/j.issn.2223-3652.2012.01.02.
- [2] Projectteam NVVC en Projectgroep PAAHR. Multidisciplinaire richtlijn hartrevalidatie 2011. https://www.nvvc.nl/media/files/HR2011/Multidisciplinaire_Richtlijn_Hartrevalidatie_2011_23052011.pdf, 2011. Accessed: 02/05/2017.
- [3] De Hart & Vaatgroep. Wat is hartrevalidatie? <http://www.hartenvaatgroep.nl/behandeling/hartrevalidatie/wat-is-hartrevalidatie.html>, 2017. Accessed: 01/05/2017.
- [4] Maria Middelaars. Hartrevalidatie. <https://www.mariamiddelaars.be/sites/default/files/hartrevalidatie.pdf>, 2017. Accessed: 01/05/2017.
- [5] Stichting tegen kanker. Stoppen met roken. het kan. http://www.tabakstop.be/sites/default/files/doc/1.1.13-stoppen-met-roken.-het-kan_-bro-2008.06.pdf, 2008. Accessed: 01/05/2017.
- [6] Rineke Dijkstra. Hoge bloeddruk, wat kun je er zelf aan doen? <http://rinekedijkinga.nl/veelgestelde-vragen/voedingsadvies-bij-hoge-bloeddruk.html>, 2014. Accessed: 21/05/2017.
- [7] Rubriek.nl. Veel diëten zetten koolhydraten weg als ongezonde dikmakers. waarom is dat en om welke koolhydraten gaat het? wat zijn goede en slechte koolhydraten? <https://rubriek.nl/gezond/goede-en-slechte-koolhydraten>, 2015. Accessed: 21/05/2017.
- [8] Bloeddruk.net. Bloeddruk. <http://www.bloeddruk.net/>, 2012. Accessed: 01/05/2017.
- [9] Admin. Cholesterolverlagende voeding. <http://cholesterol-verlagen.be/22/cholesterolverlagende-voeding/>, 2014. Accessed: 21/05/2017.

-
- [10] Dokter Michiel Callens. *Zal ik de dokter bellen? Medisch ABC voor het hele gezin*. uitgeverij Lannoo, 2009.
- [11] Corneel Vermeersch. Hoe ontdek je de ideale cholesterol verhouding? <http://degezondheidswinkel.be/blog/hoge-cholesterol-normaalwaarden-wat-is-ideale-ratio/>, 2013. Accessed: 28/05/2017.
- [12] Diabetes Liga. Voedingscriteria diabetes liga. <https://www.diabetes.be/voedingscriteria-diabetes-liga>, 2017. Accessed: 21/05/2017.
- [13] H. M. Dalal. Cardiac rehabilitation. *Clinical Review*, 351:h5000, September 2015. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.h5000>.
- [14] Michel Tousignant and Warner Mbuila Mampuya. Telerehabilitation for patients with heart failure. *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*, 5(1):74–78, February 2015. doi: 10.3978/j.issn.2223-3652.2015.01.12.
- [15] Ryan Mathre and Ryan Weispenning. Medtronic study finds high use of app-based remote cardiac monitoring among older patients. http://investorrelations.medtronic.com/phoenix.zhtml?c=76126&p=irol-newsArticle_print&ID=2273553, 2017. Accessed: 28/05/2017.
- [16] B.J. Fogg. *Persuasive Technology: Using Computers to Change What We Think and Do*. Morgan Kaufmann, 2003.
- [17] Harri Oinas-Kukkonen and Marja Harjumaa. A systematic framework for designing and evaluating persuasive systems. *LNCS 5033*, 1:164–176, 2008.
- [18] Nabaztag. Karotz, nabaztag & cie. <http://nabaztag.com/>, 2011. Accessed: 21/05/2017.
- [19] SoftBank Robotics. Who is pepper? <https://www.ald.softbankrobotics.com/en/cool-robots/pepper>, 2017. Accessed: 21/05/2017.
- [20] Leon van Wijngaarden. Robot helpt kinderen met diabetes. <http://www.ad.nl/amersfoort/robot-helpt-kinderen-met-diabetes~a05345d4/?vwoParameters=vwo-abbo>, 2016. Accessed: 21/05/2017.
- [21] DSM BLOG POST. Robot charlie supports children with diabetes. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/blog/robot-charlie-supports-children-diabetes>, 2016. Accessed: 21/05/2017.

-
- [22] Hartstichting. Hartritme. <https://www.hartstichting.nl/hartritme>, 2017. Accessed: 06/05/2017.
- [23] Cooking Hacks. E-health sensor platform v2.0 for arduino and raspberry pi [biometric / medical applications]. <https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/ehealth-biometric-sensor-platform-arduino-raspberry-pi-medical>, 2017. Accessed: 06/05/2017.
- [24] Hartcentrum Gent. Cardiale revalidatie. <http://www.hartcentrum.be/nl/pati%C3%ABnten/cardiale-revalidatie>, 2014. Accessed: 01/05/2017.
- [25] Bloeddruk.org. Bloeddruk. <http://www.bloeddruk.org/bloeddrukmeter/>, 2017. Accessed: 21/05/2017.
- [26] Elvis Camacho, Mickey E. Abraham, Samuel S. Bruce, Emmanuel LP. Dumont, Brad E. Zacharia, Justin Slomian Randy D’Amico, Jean Yves Reginster, Olivier Bruyère, and E. Sander Connolly Jr. Smart wearable body sensors for patient self-assessment and monitoring. *The official journal of the Belgian Public Health Association*, 72:28, August 2014. doi: 10.1186/2049-3258-72-28.