



**XIOS HOGESCHOOL LIMBURG  
DEPARTEMENT TOEGEPASTE INGENIEURSWETENSCHAPPEN**

# **VAN SMARTPHONE EN TABLET NAAR VOORLEESTOESTEL VOOR BLINDEN EN SLECHTZIENDEN**

**Maarten DENORME**

*Afstudeerwerk ingediend tot het behalen van het diploma van  
master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT*

Promotoren: Ir. B. Haagdorens (Koba Visison BVBA)  
Drs. ing. K. Gilissen (XIOS Hogeschool Limburg)

**Academiejaar 2012 - 2013**



# Abstract

Dit eindwerk onderzoekt de mogelijkheid om een smartphone of tablet om te vormen in een voorleesloep voor blinden en slechtzienden. De uitdaging die zich stelt is dat smartphones en tablets niet toegankelijk zijn voor deze doelgroep. De user interface van deze toestellen is erg visueel. Er is m.a.w. geen voelbare feedback zoals dat bijvoorbeeld het geval is bij digitale braille lezers. Ook het positioneren van het toestel zodat de in te scannen tekst volledig in beeld is, geeft problemen voor deze doelgroep.

Het opzet van de applicatie is de ingebouwde camera van een smartphone of tablet te gebruiken om (via bestaande spraaktechnologie) een tekst in schrift om te zetten in audio of braille. De meerwaarde die een dergelijke applicatie kan bieden ten aanzien van bestaande digitale braillelezers is gebruiksgemak.

Terwijl de klassieke hulpmiddelen, zoals een beeldschermloep, perfect hun dienst bewijzen in een bekende en gecontroleerde omgeving (woonkamer), biedt een applicatie via smartphone of tablet veel meer flexibiliteit en mobiliteit. Een applicatie is geschreven in Android en gebruikt libraries en API's zoals ABBYY Mobile OCR en OpenCv. Om de App toegankelijk te maken is er een Accessibility-service ontwikkeld dat met behulp van swipe gestures, de gebruiker toelaat om de App te gebruiken en het gebruiksgemak vergroot.

Het positioneren kan worden opgelost op 2 manieren. De eerste manier is een op maat gemaakte staander voor een smartphone. Die wordt gepositioneerd zodat een A4 pagina volledig in beeld komt op de camera van de smartphone. De inhoud van de tekst op het blad wordt toegankelijk en kan via een bluetooth hoofdtelefoon (audio), een tablet (audio) of een brailleleesregel geraadpleegd worden.

De tweede manier is een detectie algoritme dat in de preview frames de coördinaten van de rand van het blad gaat zoeken. Hierdoor kan de App feedback geven aan de gebruiker waar het blad zich bevindt en de gebruiker kan sturen zodat het blad voldoende in beeld is.

Het uiteindelijke doel is dat slechtzienden en blinden makkelijker en vaker kunnen participeren aan het openbare leven door een makkelijk te bedienen en drempelverlagende applicatie. Voortaan kunnen slechtzienden en blinden zelf het menu op restaurant inkijken of de dienstregeling in het bushokje raadplegen. Kleine dingen die een grote impact hebben op de levenskwaliteit van slechtzienden en blinden.

# Dankwoord

Het tot stand brengen van een eindwerk is een boeiende opdracht, maar gaat niet altijd even makkelijk. Het was dan ook onmogelijk als student om dit onderzoek zonder hulp te kunnen verwezelijken. Eerst en vooral wil ik mijn beide promotoren bedanken, Koen Gilissen en Bart Haagdorens voor hun tips, opmerkingen en ondersteuning, ondanks hun druk werkschema. Zij hebben me het vertrouwen gegeven om dit onderzoek in alle vrijheid op te starten.

Ook de medewerkers van Koba Vision hebben me, dankzij hun ervaring, enorm veel input en steun gegeven tijdens het afgelopen jaar. Hierbij denk ik aan Eric Buyl en Johan Haagdorens.

Tot slot wil ik mijn familie en vrienden bedanken voor hun steun het afgelopen jaar, ondanks dingen die soms anders lopen dan verwacht. Zonder hen had ik dit nooit tot een goed einde kunnen brengen.

# Inhoudsopgave

<b>Abstract</b>	<b>i</b>
<b>Dankwoord</b>	<b>ii</b>
<b>Inhoudsopgave</b>	<b>iii</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2 Platform</b>	<b>3</b>
2.1 Smartphones en tablets . . . . .	3
2.2 Android . . . . .	4
<b>3 OCR</b>	<b>5</b>
3.1 Optical character recognition . . . . .	5
3.2 Basisstappen OCR . . . . .	6
<b>4 Gebruikersinterface Applicatie</b>	<b>9</b>
4.1 Talkback & Brailleback . . . . .	9
4.2 Zelfgeschreven accessibilty service . . . . .	10
4.3 NFC Tags . . . . .	10
<b>5 Detecteren van tekst</b>	<b>12</b>
5.1 Vaste opstelling . . . . .	13
5.2 Detection . . . . .	16
<b>6 De applicatie</b>	<b>22</b>
6.1 Hoofdscherm . . . . .	22
6.2 OCR . . . . .	24
6.3 Resultaat . . . . .	24
<b>7 Gebruikers test</b>	<b>28</b>
<b>8 Besluit</b>	<b>29</b>
<b>Bibliografie</b>	<b>31</b>
<b>Lijst van figuren</b>	<b>32</b>

# Hoofdstuk 1

## Inleiding

Het schrift, dat 5000 jaar geleden werd uitgevonden[2], is onze belangrijkste vorm van informatie. We denken dan automatisch aan boeken, tijdschriften en kranten, maar schrift gaat veel verder. Ingrediënten op een verpakking, een vliegticket, een lottobiljet, etc. Kortom, schrift is nauwelijks nog weg te denken uit onze maatschappij. Er is natuurlijk een probleem als de lezer de tekens niet meer kan zien. Gelukkig zijn er in de geschiedenis al een aantal oplossingen uitgevonden zoals brillen, uitgevonden in de 13<sup>de</sup> eeuw of het brailleschrift, uitgevonden in 1829 door Louis Braille.

Bedrijven zoals Koba Vision gaan hierin nog een stapje verder. Met behulp van optische camera's kunnen ze teksten vergroten en weergeven op een tv-scherm. Deze beelden kunnen ook door beeldverwerking worden gemanipuleerd met een nog duidelijke tekst als resultaat. Een veel gebruikte techniek hiervoor is bijvoorbeeld thresholding. De techniek Optical Character Recognition of OCR gaat nog een stapje verder. OCR herkent letters en tekens en zet ze om in spraak via spraaksynthese.[16]

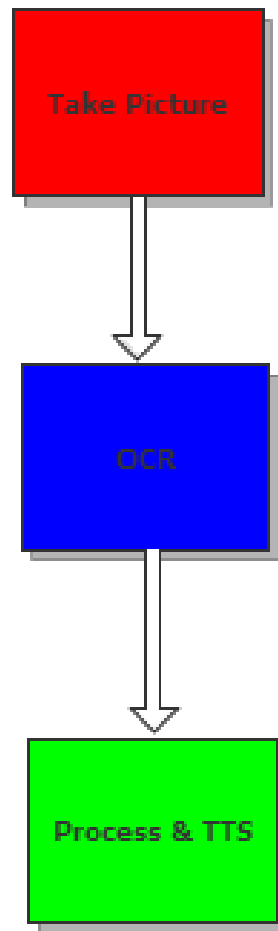
Smartphones en tablets zijn niet meer weg te denken. Ze worden trouwens alsmaar krachtiger waardoor ze steeds makkelijker inzetbaar zijn.

De ultieme vraag van dit onderzoek is dan ook of deze mobiele apparaten een rol kunnen spelen in de verspreiding van de eerder genoemde technieken (treshholding, spraaksynthese en OCR).

Om deze stelling te toetsen, werd er een App ontwikkeld. Deze had als doel om in 3 stappen een tekst toegankelijk te maken voor slechtzienden en blinden via een smartphone of tablet.

De eerste stap is het nemen van een foto waarvan de resolutie voldoende hoog is. In de tweede stap worden tekens herkend door de OCR. In een laatste stap zal de tekst via een spraaksynthese worden voorgelezen of omgezet worden in braille of zal een sterk verbeterde versie van de tekst worden weergegeven.

Deze 3 stappen zullen moeten doorlopen worden zonder dat de gebruiker voldoende of geen zicht heeft. Figuur 1.1 1.1



Figuur 1.1: De 3 stappen

# Hoofdstuk 2

## Platform

### 2.1 Smartphones en tablets

Op de markt van vandaag heeft men een groot aanbod aan smartphones en tablets. De keuze in besturingssysteem is echter beperkt. Bij opstart van dit onderzoek waren Android en IOS vooral de hoofdrolspelers. Volgens Gartner bedroeg het marktaandeel van Android 64,1 % en IOS 18,8 %[14]. Om te beslissen welk mobiel toestel het meest geschikt was, werd er gebaseerd op het aanbod dat beschikbaar was in augustus 2012. Met speculaties en geruchten over latere releases werd geen rekening gehouden, alleen de gekende specificaties werden gebruikt.

De grote vraag is natuurlijk:

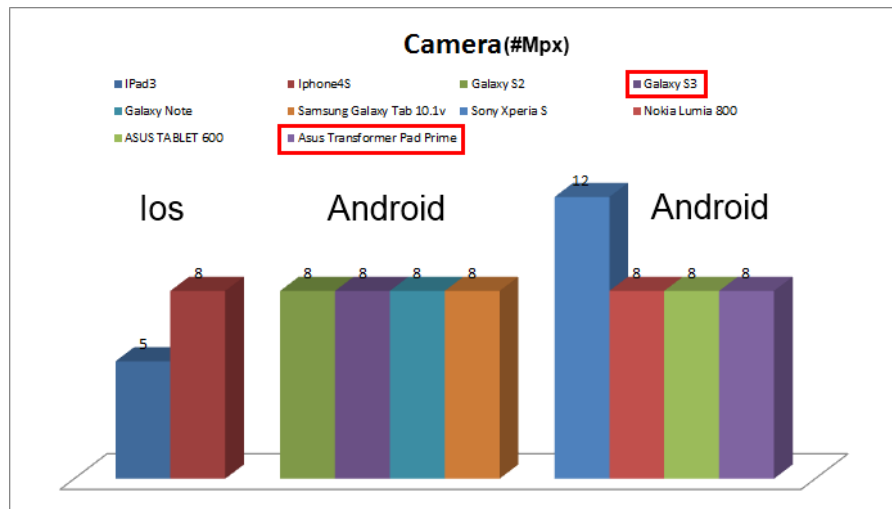
*Wat is een goede smartphone en tablet voor deze uitdaging?*

Omdat de OCR een hoge resolutiefoto nodig heeft om de tekens te kunnen herkennen, heeft de smartphone of tablet, waarmee we het onderzoek zullen voeren, een goede camera nodig i.f.v. het aantal Mpx. Uit een studie kwam de minimum waarde 6 Mpx uit. Omdat deze studie geen rekening hield met alignment of mogelijk schaduwval op het blad, zou het beter zijn om een camera te kiezen met 6 Mpx of groter[13]. Ook omdat het OCR algoritme en verschillende beeldverwerking operaties voldoende processorsnelheid nodig heeft, zal het toestel een sterke processor nodig hebben.

In figuur 2.1 worden verschillende toestellen met elkaar vergeleken. Hieruit kan worden afgeleid dat er bij de smartphones voldoende keuze is. De tablets daarentegen hebben geen groot aanbod aan goede camera's.

Omdat er geen voorkennis was welk besturingssysteem het beste zou zijn voor dit probleem is er gekozen om te kiezen op basis van beste hardware. Doordat Apple geen tablet had met een voldoende goede camera, werd er voor het Android besturingssysteem gekozen met de Samsung Galaxy S3 en de Asus Transformer Prime als testtoestellen.





Figuur 2.1: Vergelijking camera's tablets en smartphones



Figuur 2.2: Gekozen testtoestellen [15][9]

## 2.2 Android

Android is een besturingssysteem dat gebaseerd is op een gewijzigde versie van Linux. Het is oorspronkelijk ontwikkeld door een startup met dezelfde naam, die in 2005 door Google is overgenomen. Het systeem is speciaal ontworpen voor apparaten met beperkte processor- en batterijcapaciteit. Omdat Android een open besturingssysteem is, kunnen telefoonfabrikanten het aanpassen om hun product te onderscheiden van dat van anderen. Elke Android-app wordt in een afzonderlijk proces uitgevoerd door een eigen virtuele machine. Hiervoor is gekozen omdat dit het systeem veilig en stabiel houdt. Daarom kan een applicatie alleen via het Android-systeem communiceren met andere apps. [7]

Hoewel het mogelijk is om programma's in C++ te schrijven met de Native Development Kit (NDK), die beschikbaar is vanaf versie 2.2, schrijf je apps meestal in Java. Daarbij gebruik je een basisset van de Java-bibliotheken en de uitgebreide Android-API's.[6]

# Hoofdstuk 3

## OCR

### 3.1 Optical character recognition

Optical Character Recognition (OCR) is een transformatie die ingescande tekst omzet in een digitaal tekstbestand. Deze techniek wordt gebruikt om makkelijk data uit de "echte" wereld om te vormen naar de "digitale" wereld en in verschillende software programma's te gebruiken. Bv. Voorlezen, vertalen, etc.

Omdat de verschillende fotoapparaten zoals fax, scanner of camera enkel de tekst in pixels kunnen opslaan, zal de OCR de taak hebben om uit deze rijen en kolommen van pixels een letter te herkennen. M.b.v. van verschillende algoritmes zal de OCR niet alleen de tekst maar ook de lettergrootte, lettertype en zelfs de opmaak van tekst kunnen reproduceren.

Voordat het OCR algoritme op de foto gaat herkennen, zullen er eerst verschillende filters en algoritmes worden gebruikt om de foto te verbeteren zodat een nauwkeuriger OCR resultaat verkregen wordt.

Het OCR proces is een ingewikkeld proces omdat er zoveel verschillende parameters het resultaat beïnvloeden. Hiervoor worden er elk jaar nieuwe en verbeterde methodes uitgevonden. Bij het gebruiken van deze verschillende OCR-toepassingen mag men nooit het volgende gegeven uit het oog verliezen.

"Het menselijk brein is het beste OCR-systeem dat er bestaat."

HAAGDORENS BART, KOBA VISION BVBA

Het is niet omdat de gebruiker uit de foto de tekst kan herkennen dat de computer dit ook kan.

De keuze naar goede mobiele OCR algoritmes is niet groot. ABBYY biedt een mobiele OCR development kit aan voor zowel Android, IOS als Windows. Doordat dit algoritme zo ontworpen is, heeft het maar een kleine footprint nodig om toch een zeer nauwkeurige herkenning uit te voeren. Voor Android waren er 2 mogelijkheden om de OCR te integreren in een applicatie. Er kon worden gewerkt met de native code in C++ of met

een wrapper zodat er in native Android taal, Java geschreven kon worden. Er werd gekozen voor 2<sup>de</sup> oplossing.

Doordat de volledige werking van ABBYY's OCR niet gekend is, kan deze ook niet besproken worden. Echter de grote lijnen zijn wel gekend.[1]

## 3.2 Basisstappen OCR

### 3.2.1 Stap 1

De eerste stap is de foto omvormen in een zwart-wit beeld(Grayscale). De RGB waarden worden omgevormd naar 1 waarde tussen de 0 - 255. Hierdoor zijn de volgende beeldverwerkingen eenvoudiger en sneller.[4][8]

$$Y' = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (3.1)$$

Om het contrast te verhogen tussen de letters en de achtergrond, zal er een threshold worden toegepast zodat er enkel zwarte en witte pixels overblijven. Zoals op Figuur 6.5 zullen pixels met een grijswaarde onder de threshold wit worden. Pixels met een waarde die de treshhold overschrijden, worden zwart.

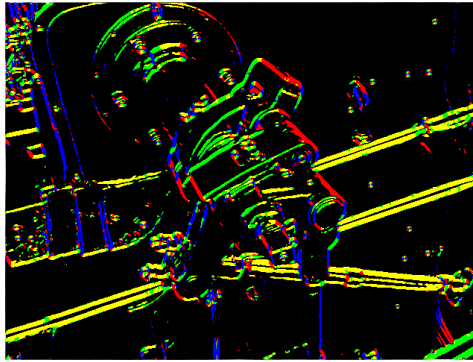


Figuur 3.1: Thresholden van een tekst

Bij sommige foto's is de rotatie van de tekst niet correct. Een rotatie correctie is nodig om het detecteren te optimaliseren. Variaties op de Hough transformatie worden gebruikt voor het detecteren van de rotatie hoek. De volgende stap is tekstblok detectie. Eén manier om dit te doen, is op een binair beeld een canny edge filter te gebruiken. Deze filter gaat in de horizontale, verticale en diagonale richting randen zoeken. De rand detector zoals Sobel geeft een waarde voor de eerste afgeleide in de horizontale richting( $G_y$ ) en de verticale ( $G_x$ ) terug. Hieruit kan er de gradiënt en de richting worden bepaald, Figuur 3.2 [4][8].

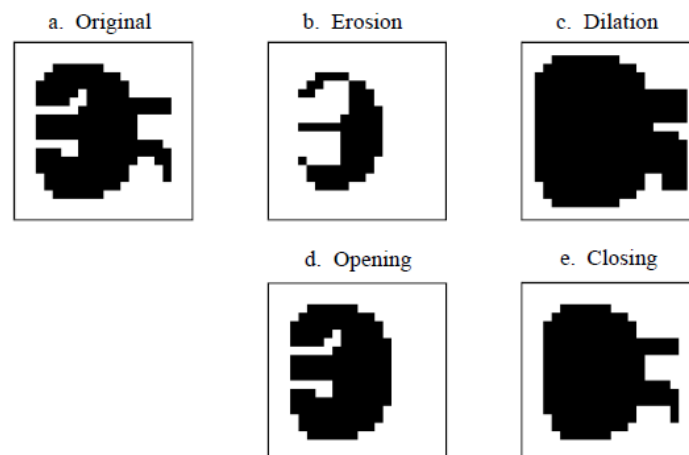
$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad \phi = \arctan \frac{G_y}{G_x} \quad (3.2)$$

Hierna een dilatatie zodat alles wordt opgevuld. Daarna een opening. Een dilatatie figuur 3.3(c) en opening figuur 3.3(d) zijn morfologische filters. In figuur 3.3 zijn de



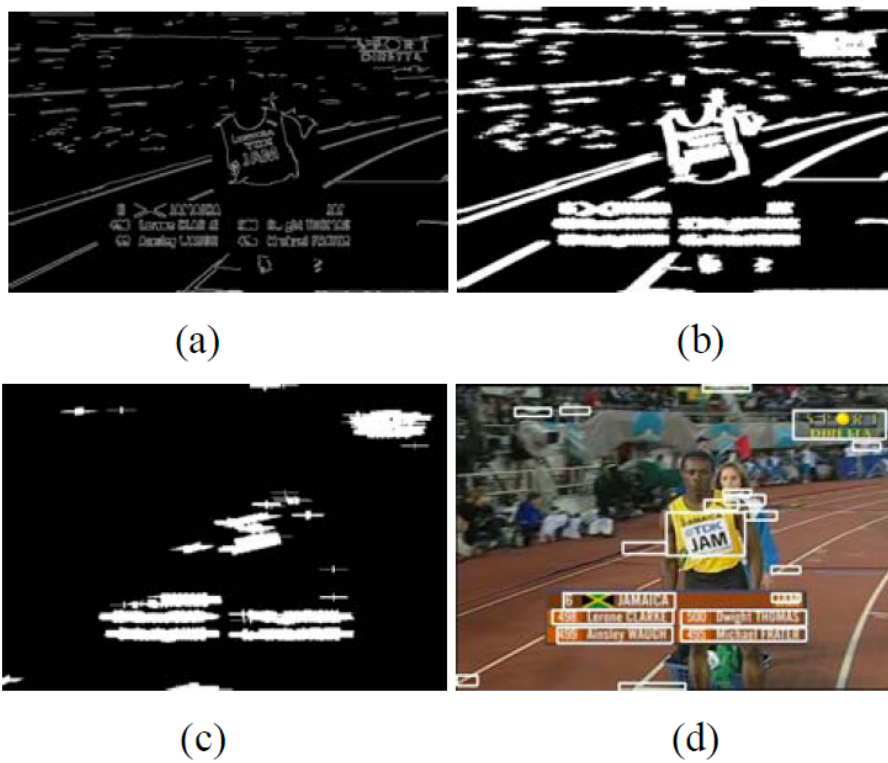
Figuur 3.2: Een binaire rand kaart, afgeleid van de Sobel operator, met een drempelwaarde van 80. De randen zijn gekleurd om de richting van de rand aan te geven: geel voor nul graden, 45 graden voor groen, blauw voor 90 graden en rood voor 135 graden.[12]

verschillende operaties weergegeven. Zo blijven enkel de tekstvlakken over. De vorige stappen worden weergegeven in Figuur 3.4



Figuur 3.3: Morphologische operaties. Er bestaan 4 basis operaties: erosie, dilatie, opening, closing. Figuur (a) geeft een binair beeld weer. Figuren (b) tot (e) geven het resultaat weer van de verschillende operaties [3]

Eenmaal de tekstblokken zijn herkend, zullen de letters worden genormaliseerd. Zodat de letter kan worden herkend door correlatie met een gekende letter.[4]



Figuur 3.4: Een tekstblok detectie.(a) Canny Edge filter. (b) Dilatie. (c) Opening. (d) Bounding box

# Hoofdstuk 4

## Gebruikersinterface Applicatie

GSM's kenden de laatste jaren niet alleen een metamorfose op hardware vlak. Ook de User Interface is drastisch veranderd. Zo zijn de vele voelbare toetsen vervangen door touch-screens en blijven er meestal alleen maar een volume, aan- en uit-knop en soms de home knop over. Voor slechtzienden en zeker blinden is het onmogelijk geworden om het toestel nog te bedienen. Gelukkig zijn er een aantal oplossingen ontworpen die dit wel mogelijk maken, zoals 'screenreaders'. M.b.v. spraaksynthese en swipe gestures kan de gebruiker notificaties, events en inkomende gesprekken beluisteren. Daarnaast maken braille displays, verbonden via bluetooth, het mogelijk om informatie van het toestel te halen. Voor Android ontwikkelde Google talkback en brailleback.

Bij de ontwikkeling van de App, hebben we dus de optie om deze accessibility service te gebruiken. Elke keuze moet echter zorgvuldig worden opgewogen, aangezien aan elk systeem zowel voor- als nadelen zijn verbonden.

### 4.1 Talkback & Brailleback

In het geval er gekozen wordt voor talkback en brailleback, wordt de App snel zeer toegankelijk voor blinden. Een bijkomend voordeel is trouwens dat via deze systemen de hele smartphone, met alle bijhorende applicaties en toepassingen, toegankelijk wordt. Het grote nadeel is dat de toegankelijkheid van de App volledig uit handen wordt gegeven. In het afgelopen jaar heeft talkback 2 grote veranderingen gekend en is brailleback in leven geroepen. Ook is het alles behalve evident om beide apps vlot te leren bedienen. De leercurve is m.a.w. niet eenvoudig. De gebruiker moet dus de verschillende methodes kennen voordat hij de App kan gebruiken. Eenmaal talkback ingeschakeld is, veranderen ook de verschillende gestures, zoals pichzoom, swipe left, swipe right, etc.. [11]

### 4.2 Zelfgeschreven accessibility service

Een alternatief voor de bestaande technieken, is een op maat uitgewerkte accessibility service te schrijven speciaal voor de App. Eenmaal in de App kan m.b.v. zeer eenvoudige gestures de App gestuurd worden. Door dit te doen ligt de toegankelijkheid in eigen handen. Ook blijven de verschillende gestures zoals de zoomfunctie toegankelijk. Probleem bij deze keuze is dat de gebruiker geen feedback meer krijgt eenmaal de App gesloten is. Bijkomend probleem is het effectief opstarten van de App. Zonder bijkomende hulpmiddelen zoals talkback is dat alles behalve evident voor de beoogde doelgroep.

De nieuwe service werkt als volgt. De verschillende gestures zijn: Swipe -left, -right, -up en -down, long press. Met deze eenvoudige gestures kan de gebruiker makkelijk navigeren tussen de verschillende settings. Eenmaal in de flash settings kan hij m.b.v. links en rechts te swipen de flash aan en uit zetten.

### 4.3 NFC Tags



Figuur 4.1: NFC tags Android

Het opstarten van de App kan verholpen worden met NFC. Near Field Communication of NFC is een contactloze communicatiemethode dat gebruik maakt van de ISM-frequentieband op 13,56 MHz. NFC wordt dikwijls vergeleken met RFID (radio frequency identification). Het verschil is dat NFC maar werkt in een maximum range van 10 cm. De gebruikte tags zijn passief, waardoor ze energie opvangen van de zender, de smartphone. Het is mogelijk om een hele reeks verschillende soorten gegevens op te slaan in/op een NFC-tag. De werkelijke hoeveelheid gegevens is afhankelijk van het type NFC tag dat gebruikt wordt - verschillende labels, verschillende geheugencapaciteiten. Zo kan er bijvoorbeeld een URL(webadres) of telefoonnummer worden opgeslagen op de TAG. Een standaard Ultralight NFC-tag kan een URL van ongeveer 41 karakters opslaan, terwijl de nieuwere NTAG203 NFC tag een URL van ongeveer 132 tekens kan opslaan.

Gewoonlijk wordt deze informatie opgeslagen in een bepaald dataformaat (NDEF - NFC gegevensuitwisseling) zodat ze correct kan worden gelezen door de meeste apparaten en mobiele telefoons. De NFC-Tag zal de gebruiker helpen door automatisch de App te starten of de bluetooth functie in te schakelen als de phone boven de tag wordt gehouden. Hierdoor wordt de opstartprocedure aanzienlijk vereenvoudigd en kan de gebruiker erg makkelijk de App lanceren.



# Hoofdstuk 5

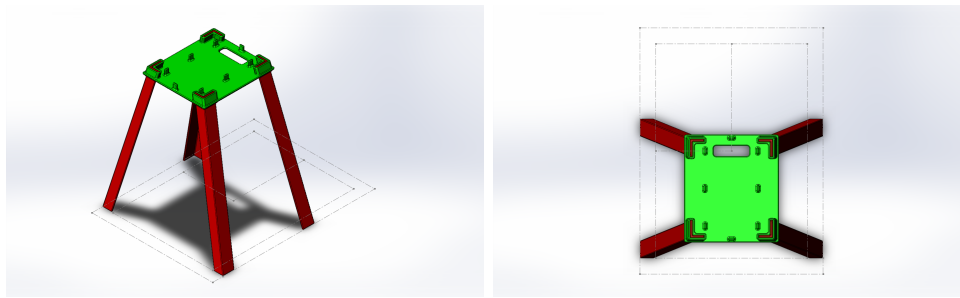
## Detecteren van tekst

Voor blinden en slechtzienenden is het alles behalve een evidentie om een smartphone of tablet juist te positioneren boven een blad papier. Een goede foto nemen is dus niet makkelijk. Het probleem was dus dat de smartphone en tablet te mobiel zijn. Al snel staat het toestel niet meer loodrecht t.o.v. het blad of is er te veel schaduw. Uit het onderzoek kwam er al snel de oplossing van een mogelijk op maat gemaakte staander voor de smartphone met precieze afmetingen zodat een A4 volledig in beeld is. Een 2<sup>de</sup> oplossing was een algoritme ontwikkelen dat een detectie gaat doen naar de rand van het blad. Eenmaal het blad gevonden, kan het toestel de gebruiker feedback geven hoe hij het moet roteren of bewegen zodat de pagina voldoende in beeld is. Het idee is weergegeven in figuur 5.1.



(a) Het detecteren van het blad m.b.v. algoritme (b) Het detecteren van het blad m.b.v. staander

Figuur 5.1: De 2 oplossingen om het blad te detecteren



Figuur 5.2: Staander prototype 1

## 5.1 Vaste opstelling

Een staander speciaal gemaakt voor de Galaxy S3 met de exacte afmetingen zodat een A4 volledig in beeld is, geeft de gebruiker volledige zekerheid dat er een goede foto zal genomen worden. Het probleem hierdoor is dat de UI niet meer toegankelijk is. Eenmaal de smartphone in het staandertje zit, is het de bedoeling dat de gebruiker het geheel niet meer aanraakt. Dit om schade aan het staandertje of mogelijke bewegingen tijdens het nemen van de foto te vermijden. Hierdoor moest er gezocht worden naar andere manieren om de App te gebruiken op afstand.

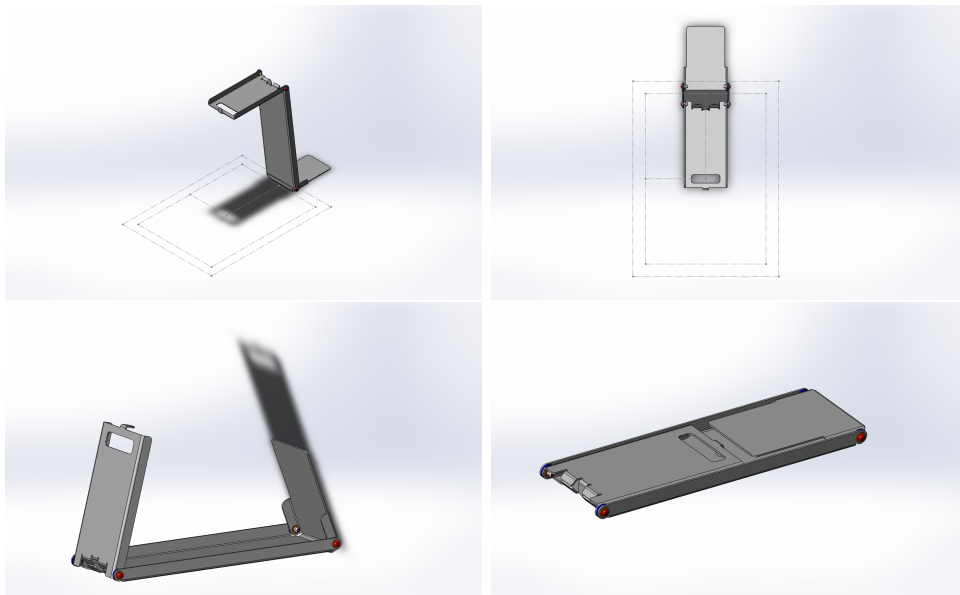
### 5.1.1 De staander

De staander is ontworpen zodat camera van de Galaxy S3 een volledig blad in beeld heeft. Zo slaagden we erin de optimale kijkhoek en hoogte te berekenen. Het eerste prototype is ontworpen in solidworks en is weergegeven in Figuur 5.2. De gebruiker kan het blad in de juiste positie opstellen via de achterste poten zoals aangegeven in figuur 5.2. Het probleem bij dit ontwerp is dat het heel log en moeilijk is om op te bouwen en daardoor onpraktisch is. Prototype 2 is gebruiksvriendelijker aangezien het kan worden opgeplooid. Het materiaal waaruit het 2de model is opgebouwd is aluminium, terwijl het eerste model via 3D printing uit kunststof bestaat. Figuur 5.3

### 5.1.2 Bluetooth & Wifi direct

Een smartphone of tablet kan men ook via remote control gebruiken. In dat geval zal de smartphone een foto nemen en doorsturen. Er zijn een paar opties hoe de foto en de bijhorende commando's kunnen worden doorgestuurd.

Het verzenden van de foto kan verlopen via Bluetooth, Wifi of Wifi-Direct. Gezien de snelheid is de voor de hand liggende keuze Wifi. Toch is het tot stand brengen van een Wifi verbinding allerminst eenvoudig voor slechtzienden en blinden. Bluetooth daarentegen herkent gekende devices en verbindt ze automatisch. Het nadeel van Bluetooth dan weer is dat het versturen van de foto trager zal verlopen.



Figuur 5.3: Staander prototype 2. (c) en (d) De staander kan worden opgeplooid in een compacte doos

### 5.1.2.1 Bluetooth

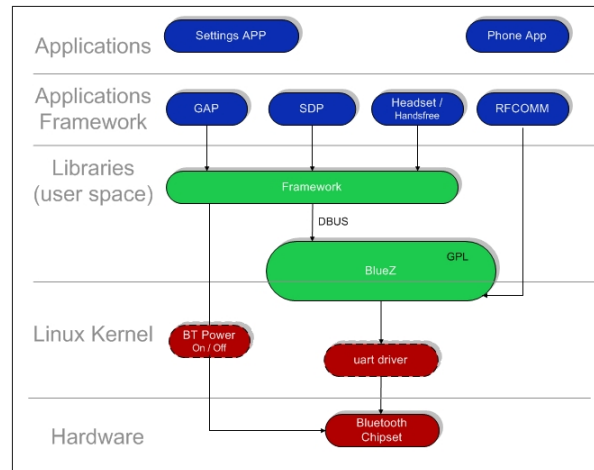
Bluetooth is een radioverbinding (in de 2,4GHz-band, dit is in het frequentiegebied van UHF) voor spraak en data op korte afstand. Het werkt 'point to multipoint', hetgeen inhoudt dat een enkele bron meer 'ontvangers' kan bedienen. Wanneer twee bluetoothapparaten een verbinding hebben opgebouwd, dan ontstaat een zogenoemd piconet. Er kunnen op dezelfde plek meerdere van dergelijke piconets naast elkaar bestaan, in wat men een scatternet noemt. Binnen een piconet ondersteunt bluetooth maximaal acht actieve verschillende apparaten, terwijl er in totaal 127 apparaten een verbinding kunnen houden (deze zijn tijdelijk 'geparkeerd'). Afhankelijk van welke gebruikte klasse zal het binnen een straal van 1 tot 10 meter functioneren, maar wanneer het zendvermogen wordt opgevoerd, kan de 100 meter worden gehaald. Een zogenoemde 'line of sight' (elkaar kunnen zien) is niet nodig; dankzij de GHz-radioverbinding dringt het bluetoothsignaal ook door muren[5].

Het Android-platform ondersteunt een Bluetooth - Netwerk verbinding. Op die manier kan een apparaat draadloos gegevens met andere Bluetooth-apparaten uitwisselen. De applicatie framework biedt toegang tot de Bluetooth-functionaliteit via de Android Bluetooth API's.

Met behulp van de Bluetooth API, kan een Android-applicatie het volgende opvragen en opzetten:

- Scannen van andere Bluetooth-apparaten
- Vragen naar de lijst met gekende Bluetooth-apparaten
- Opzetten van RFCOMM kanalen

- Verbinden met andere apparaten via Service Discovery
- Overdracht van gegevens van en naar andere apparaten
- Beheer van meerdere aansluitingen



Figuur 5.4: Bibliotheek overzicht van een Bluetooth stack

### 5.1.2.2 Wifi-Direct

Wi-Fi-Direct, voorheen bekend als Wi-Fi-P2P, is een standaard die het mogelijk maakt Wi-Fi-Direct-apparaten met elkaar te verbinden, zonder de noodzaak van een draadloos toegangspunt. Dit maakt dat Wi-Fi-Direct-apparaten rechtstreeks tussen elkaar gegevens kunnen uitwisselen met een sterk verminderde setup. Wi-Fi Direct werkt door het gebruik van een beperkt draadloos toegangspunt in de apparaten en het gebruik van Wi-Fi Protected Setup-systeem om een link te onderhandelen. De setup bestaat meestal uit het fysiek samenbrengen van twee Wi-Fi Direct-apparaten samen. Daarna kan een koppeling tussen beide apparaten tot stand worden gebracht via pairing, vaak met behulp van een knop op een van de apparaten of systemen zoals NFC.[5]

### 5.1.3 Werking remote Bluetooth

M.b.v. een bluetooth verbinding kunnen er commando's worden uitgewisseld tussen de tablet en de smartphone. Er kan een preview in lage resolutie worden doorgestuurd, maar ook een volwaardig beeld in hoge resolutie waarop de gebruiker kan inzoomen. Omgekeerd kan de tablet commando's versturen zodat er een foto wordt genomen en dat de tekst wordt herkend door OCR. Het heen en weer verkeer tussen de 2 apparaten is gebaseerd op het ack tcp protocol. Eenmaal de foto is verzonden wacht de zender op een acknowledgement voordat er een volgende foto wordt doorgestuurd. Hierdoor heeft de ontvanger genoeg tijd om alle data weer te geven en/of te verwerken.

### 5.1.4 Bluetooth headphones

Een andere piste is het gebruik van een Bluetooth koptelefoon zoals te zien op Figuur 5.7a. Door de verschillende knoppen, zoals pauze/play; volgende/vorige, op de koptelefoon te gebruiken, kan de gebruiker de App bedienen. Een groot voordeel hiervan is dat er meer privacy is en dat dit kan gebruikt worden in elke openbare ruimte zonder anderen te storen. Een ander groot voordeel is dat de gebruiker nu kan werken met voelbare knoppen.

### 5.1.5 Brailleleesregel

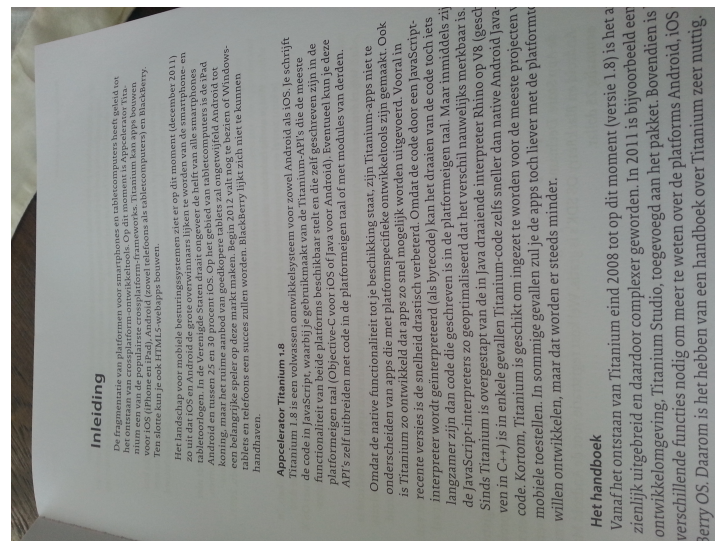
Een brailleleesregel is een apparaat dat informatie van de telefoon of tablet weergeeft in brailleschrift. Verschillende pennetjes kunnen omhoog worden gestuurd zodat de gebruiker, die hierin getraind is, de informatie kan lezen met zijn/haar vinger. Het toestel wordt verbonden via bluetooth met het hoofdapparaat. De gebruiker kan niet alleen gegevens lezen maar, ook instructies terugsturen zodat er bijvoorbeeld een tekst kan getypt worden. In figuur 5.5 is een braille display weergegeven. Dit toestel kan ook worden gebruikt om te communiceren met de geschreven App. De gevonden tekst zal hier niet worden voorgelezen, maar worden gestuurd naar de brailleleesregel zelf. De brailleleesregel die getest is, is een VarioConnect, geproduceerd door het bedrijf Baum[10].



Figuur 5.5: Brailleleesregel: Varioconnect Baum[10]

## 5.2 Detection

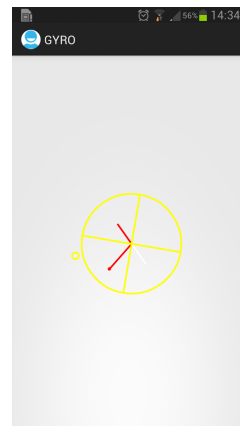
Een andere piste is een detectie algoritme dat het blad herkent en richtlijnen doorgeeft om de tekst optimaal te positioneren in de zoeker van de camera. Hierdoor heeft de gebruiker geen staandertje nodig om de tekst te lezen. Dit is niet eenvoudig, omdat dit geen stabiele opstelling is. Zo moet het toestel bij voorkeur waterpas worden gehouden, zodat er geen vervorming is in de foto zoals aangegeven op figuur 5.6. Doordat de Android SDK geen geavanceerde beeldverwerking-filters bevat, moet er een bibliotheek gezocht worden die zowel deze filters bevat en die compatibel is met Android.



Figuur 5.6: Vervorming door misalignment



(a) M.b.v. de knoppen kan de gebruiker de App gebruiken



(b) Door de gyroscoop en accelerometert te gebruiken kan het toestel in waterpas worden gebracht

Figuur 5.7

### 5.2.1 Rotatie & navigatie

Zonder staander is het noodzakelijk dat het toestel waterpas is vooraleer er een foto wordt genomen. Door gebruik te maken van de gyroscoop en de accelerometer in de Galaxy S3, kunnen er commando's worden gegeven naar de gebruiker hoe hij het toestel moet draaien zodat deze waterpas is. In een test applicatie (Figuur 5.7b) zijn de metingen visueel weergegeven. (De cirkel geeft de rotatie van het toestel weer).

### 5.2.2 OpenCV

Een zeer populaire opensource bibliotheek voor beeldverwerking is OpenCV. OpenCV (Open Source Computer Vision Library) is een open source computer vision en machine learning software bibliotheek. De bibliotheek heeft meer dan 2500 geoptimaliseerde algoritmes, die een uitgebreide reeks van zowel klassieke als state-of-the-art computer vision en machine learning algoritmen bevat. Deze algoritmen kunnen worden gebruikt voor verschillende doeleinden.

- Het detecteren en het herkennen van gezichten
- Objecten te identificeren
- Camerabewegingen volgen
- 3D-modellen extraheren van objecten
- Beelden samenvoegen om een hoge resolutie te produceren
- Soortgelijke afbeeldingen vinden in een database
- Rode ogen verwijderen uit opnamen die zijn gemaakt met behulp van flash
- Oogbewegingen volgen
- Landschappen en objecten herkennen om daarna te bedekken met markers voor augmented reality
- Camerabewegingen volgen

Open CV wordt veel gebruikt in bedrijven, onderzoeksgroepen en door overheidsinstanties.

### 5.2.3 Algoritme

Het algoritme, dat in het kader van dit onderzoek uitgewerkt is, zal uit een frame een blad herkennen. Hieruit kan worden afgeleid hoeveel procent van de pagina optimaal in beeld is en in welke richting de gebruiker het toestel moet bewegen met het oog op een kwalitatieve foto (zoveel mogelijk pixels per inch). De input zal de foto zijn; de output een rechthoek met zijn coördinaten, coördinaten van het middelpunt en of de pagina al dan niet voldoende kwalitatief in beeld werd gebracht.

De eerste stap is het binair maken van het frame. Ook door testen is gebleken dat na een blur filter toe te passen een betere detectie wordt bereikt. Ook door het up- en down-scalen zal de ruis afnemen. Ook door de voorgaande filters zullen de letters geen invloed hebben op de kwaliteit van de detectie. Eenmaal de foto geoptimaliseerd is, zal er *canny edge detectie* worden uitgevoerd. Zo zal de rand van het blad duidelijk worden voor een contourdetectie. Doordat er soms geen volle lijnen uit de *canny edge filter* komen, zal er nog een *morphologische closing* worden toegepast als nabewerking, zodat enkel volle lijnen overblijven. Het contourdetectie zal volle lijnen detecteren en de gevonden contouren opslaan in een array met coördinaten van de gevonden hoekpunten.[4]

Een van de gevonden contouren zal de bladrand zijn. Om precies deze uit alle gevonden contouren te selecteren, gaan we als volgt te werk. Wat vaststaat is dat de paginacontour 4 hoeken van elk 90 graden heeft. Er wordt dus gericht gezocht naar de contour met 4 rechte hoeken en de grootste oppervlakte. Zeer kleine en andere afwijkende contouren,

kunnen dus alvast worden genegeerd. De rechte hoeken worden gevonden door de cosinus te berekenen met 3 coördinaten met behulp van volgende formule:

$$\Delta x_1 = x_1 - x_0 \tag{5.1a}$$

$$\Delta y_1 = y_1 - y_0 \tag{5.1b}$$

$$\Delta x_2 = x_2 - x_0 \tag{5.1c}$$

$$\Delta y_2 = y_2 - y_0 \tag{5.1d}$$

$$Cos(\phi) = \frac{(\Delta x_1 * \Delta x_2) + (\Delta y_1 * \Delta y_2)}{\sqrt{(\Delta x_1^2 + \Delta y_1^2) * (\Delta x_2^2 + \Delta y_2^2)}} \tag{5.1e}$$

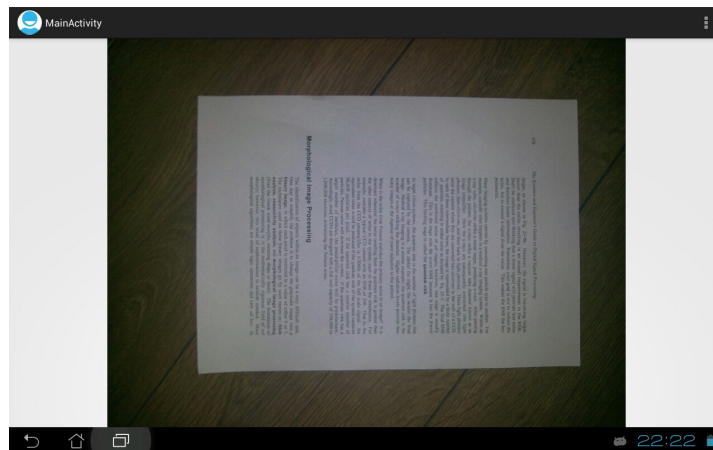
Indien de gevonden cosinus ongeveer gelijk is aan 0, kan er worden gezegd dat het een rechte hoek is. In het programma is de waarde 0.3 gekozen. Van zodra aan al deze voorwaarden is voldaan, kunnen we besluiten dat de gevonden contour de bladrand is. Vervolgens kan de gevonden contour worden ingetekend op het frame.

Eenmaal het blad gevonden is, kan er ook feedback worden gegeven hoe de gebruiker het toestel moet bewegen zodat het blad voldoende in beeld komt. In figuren 5.8, 5.9 zijn de stappen schematisch nogmaals weergegeven.

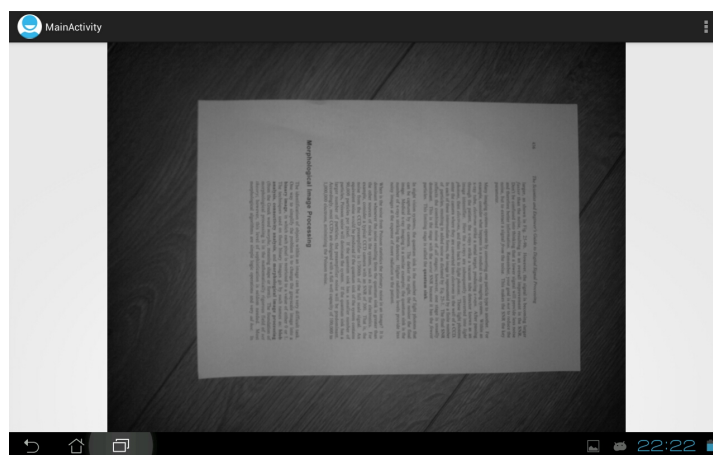


## 5. DETECTEREN VAN TEKST

---

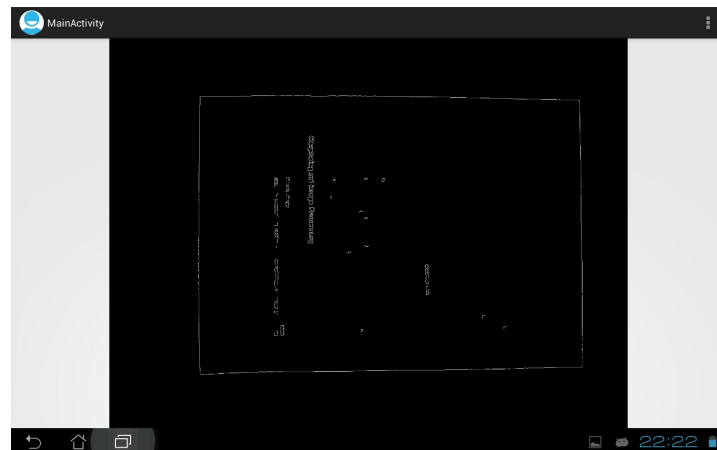


(a) Origineel

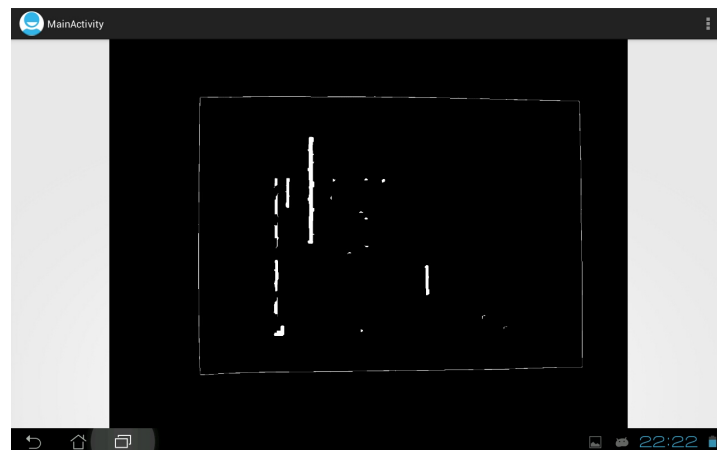


(b) Binair + Gaussian blur filter

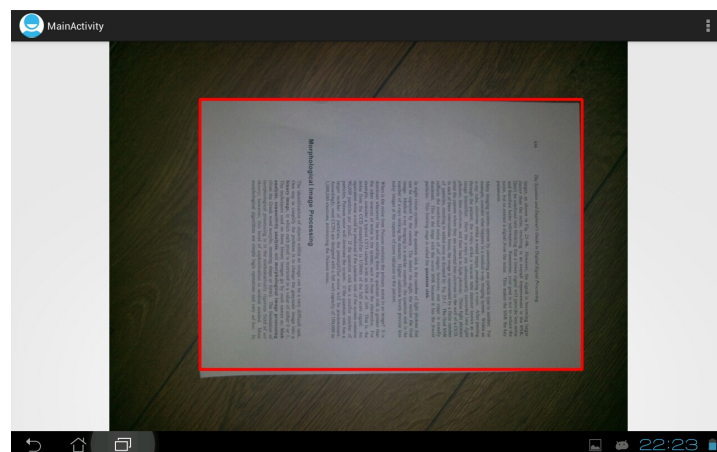
Figuur 5.8: Blad herkenning overzicht. (a) Het originele frame, (b) Het zwart wit maken en een blur filter toepassen.



(a) Canny edge filter



(b) Morphologische closing



(c) Contour detectie + weergeven

Figuur 5.9: Blad herkenning overzicht. (a) Een canny edge filter toepassen zodat de randen zichtbaar worden, (b) Een morfologische closing zodat er alleen volle lijnen overblijven, (c) Contour detectie met eliminatie zodat enkel het blad overblijft en als enige overgebleven contour wordt weergegeven

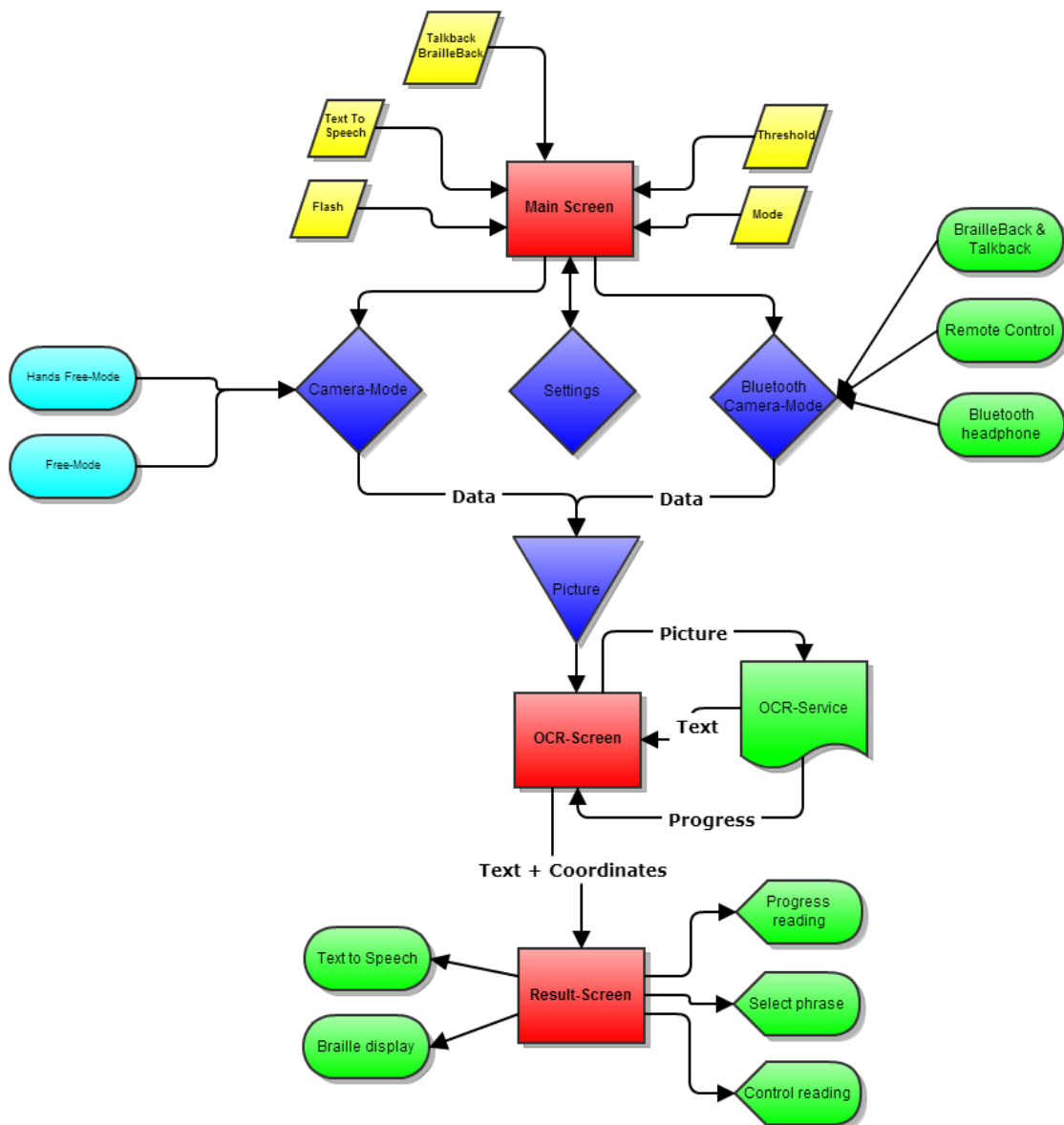
# Hoofdstuk 6

## De applicatie

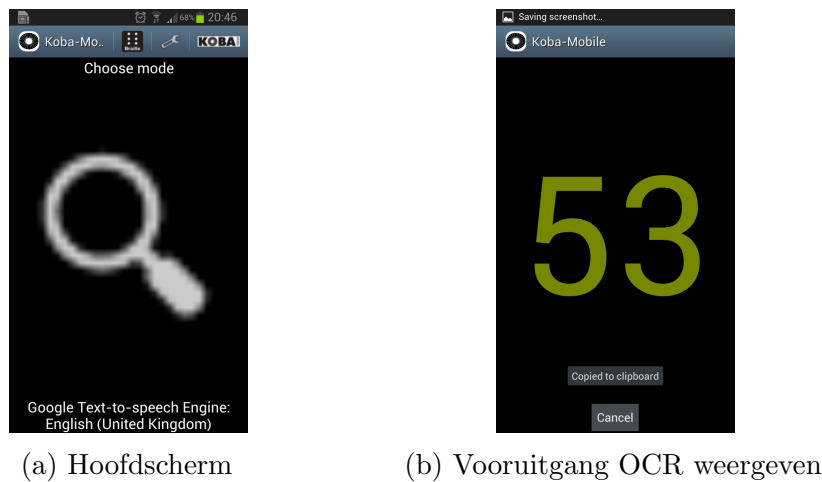
In het volgend hoofdstuk zullen de verschillende stappen in het programma overlopen worden. Figuur 6.1 geeft de volledige structuur van het programma weer. In de Android programmeer structuur wordt er gewerkt met activiteiten (Schermen). Zo is er een main activity of hoofdscherm waar alle settings worden ingesteld. De volgende activity is het toepassen van de OCR. Hier zal niet alleen een activity worden gecreëerd maar ook een service die op de achtergrond processen draait. Op het laatste scherm zullen de resultaten van de OCR en een geoptimaliseerde versie van de foto worden weergegeven. De gebruiker kan de applicatie op 2 manieren activeren en besturen. Enerzijds door 'talkback', anderzijds door gebruik te maken van de zelf ontwikkelde accessibility service. Bij het opstarten van het programma, zal een auditief signaal worden gegeven als de applicatie klaar is voor gebruik. Door swipe gestures kunnen de gebruikers door de menu's navigeren en commando's geven.

### 6.1 Hoofdscherm

In het hoofdscherm kan de gebruiker de instellingen van de applicatie zelf bepalen in functie van zijn persoonlijke voorkeuren. Zo kan ondermeer de taal, het gebruik van flash, de spraaksynthese en camera instellingen zelf worden ingesteld. De gebruiker heeft de keuze uit 3 verschillende manieren om een foto van een tekst te nemen. De eerste manier is enkel bruikbaar als de gebruiker nog voldoende ziet. Hij zal dus zelf het toestel moeten oriënteren zodat het blad perfect in beeld is. De 2<sup>de</sup> manier maakt gebruik van het staandertje. Bij opstart van deze mode, zal de bluetooth automatisch in verbinding treden met de koptelefoon, met de tablet of met het braille-display . De laatste mode is het detectie algoritme. Eenmaal de foto is genomen, wordt deze doorgestuurd naar de volgende activity, de OCR.



Figuur 6.1: Flowchart ontworpen applicatie



Figuur 6.2: Tekst optimaliseren voor slechtzienden

## 6.2 OCR

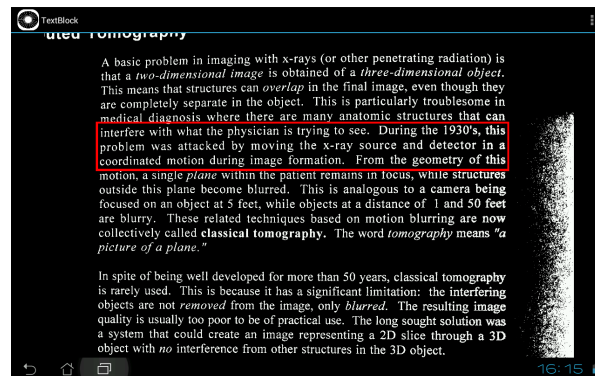
Het OCR scherm geeft de voortgang van het OCR proces weer. In de achtergrond van het scherm zullen alle bewerkingen worden uitgevoerd.

Door multithreading zal het OCR scherm kunnen weergeven hoeveel procent er herkend is van de foto. De standaard oplossing hiervoor is een voortgangsbalk, maar deze is niet duidelijk genoeg voor onze doelgroep. Daarom kiezen we ervoor om de voortgang weer te geven in grote cijfers en kleuren, Figuur 6.2b.

Eenmaal de OCR klaar is, kan de laatste activity in werking treden.

## 6.3 Resultaat

In het laatste scherm zal het resultaat van de OCR weergegeven en worden voorgelezen. Dit kan op 2 manieren. De eenvoudigste manier is de gevonden letters weergegeven in een tekstvak. Terwijl de spraaksynthese operationeel is, kunnen de woorden worden vergroot zodat de gebruiker de vooruitgang kan volgen. Het nadeel hierbij is dat de link tussen de gevonden letters en de ingescande tekst weg is. Ook de layout is zo goed als weg. De OCR geeft niet alleen de letters terug, maar ook de coördinaat van elke letter. Met zowel de letter als de coördinaat van deze letter kan er op de foto worden aangegeven waar de lezer zich in de tekst bevindt, zoals weergegeven op figuur 6.3. Door de coördinaten te gebruiken, is er ook de mogelijkheid om een zin aan te duiden waar de spraaksynthese kan aanvangen op een specifiek punt in de tekst.



Figuur 6.3: Weergeven waar de spraaksynthese zich bevindt op de foto

### 6.3.1 Thresholding

Enkel de genomen foto weergeven, is voor vele slechtzienden niet duidelijk genoeg. Een thresholding kan hier veel verbetering in brengen, zoals al werd besproken in een vorig hoofdstuk. Hierdoor is het contrast tussen de letters en de achtergrond groter, figuur 6.5. Doordat deze filter werkt met een vaste waarde kan dit problemen geven indien de foto donkere en lichtere waardes heeft, zoals een schaduw.

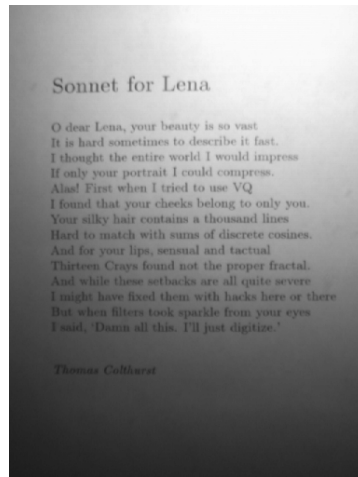
Er zijn twee belangrijke benaderingen van het vinden van de threshold: (i) de Chow en Kaneko aanpak en (ii) plaatselijke drempelwaarde. Beide methodes gaan ervan uit dat kleinere beeldgebieden meer kans hebben om ongeveer een gelijkmatige verlichting te hebben. Dat maakt hen meer geschikt voor het zoeken van de threshold waarden. Chow en Kaneko verdelen een beeld in een reeks overlappende volgbeelden waarvan de threshold-waarden worden berekend door een histogram te bepalen. De waarde voor elke pixel wordt gevonden door interpolatie van de resultaten van de volgbeelden. Het nadeel van deze methode is dat dit veel rekenkracht vergt en dit dus niet geschikt is voor real-time toepassingen, bijvoorbeeld deze methode toepassen op de preview frames. Doordat deze methode maar eenmaal moet uitgevoerd worden, is dit perfect voor de ene grote resolutie foto.

- **ESF (Oranje):** Dit betreft het notificatie systeem dat gebruikt wordt om Exact Globe of Exact Syne synchronisatie te informeren dat er aan de andere kant iets is gewijzigd. Dit systeem wordt alleen niet voor het versturen van de gewijzigde gegevens.
- **MSMQ (Paars):** Dit betreft de Microsoft Message Queues en is technologie van Microsoft die we gebruiken om de gewijzigde gegevens naar de andere kant. MSMQ acteert als een mailbox, degene die het bericht afgeeft aan de dispatcher. Wanneer er bijvoorbeeld een wijziging is in Exact Synergy Enterprise zet de ESF Notificatie queue, de dispatcher haalt dit bericht uit ESEOutgoing en verstuurd het naar de listener. Daarna zet de Resolver haalt dit bericht uit EGINcoming en vervolgt het proces.
- **ECL (Blauw):** Dit is de Exact Connectivity Layer, welke de entity service voor Exact Globe betreft (

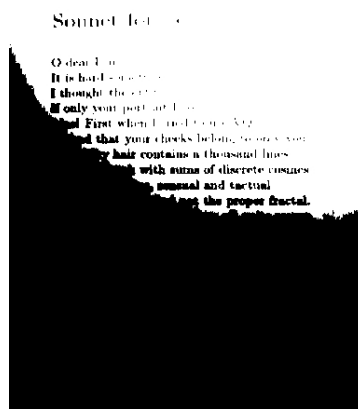
(a) Origineel

- **ESF (Oranje):** Dit betreft het notificatie systeem dat gebruikt wordt om Exact Globe of Exact Syne synchronisatie te informeren dat er aan de andere kant iets is gewijzigd. Dit systeem wordt alleen niet voor het versturen van de gewijzigde gegevens.
- **MSMQ (Paars):** Dit betreft de Microsoft Message Queues en is technologie van Microsoft die we gebruiken om de gewijzigde gegevens naar de andere kant. MSMQ acteert als een mailbox, degene die het bericht afgeeft aan de dispatcher. Wanneer er bijvoorbeeld een wijziging is in Exact Synergy Enterprise zet de ESF Notificatie queue, de dispatcher haalt dit bericht uit ESEOutgoing en verstuurd het naar de listener. Daarna zet de Resolver haalt dit bericht uit EGINcoming en vervolgt het proces.
- **ECL (Blauw):** Dit is de Exact Connectivity Layer, welke de entity service voor Exact Globe betreft (

(b) Na thresholden



(c) Origineel met schaduw



(d) Vaste threshold waarden

Figuur 6.4: Tekst optimaliseren voor slechtzienden



Figuur 6.5: De geteste TTS engines tijdens dit onderzoek

### 6.3.2 Spraaksynthese

Doorheen heel de App is er feedback m.b.v. een text to speech engine. Een stuk tekst kan naar deze engine worden gestuurd, die de tekst omzet in spraak via een voorleesfunctie. Elke engine heeft een bepaald aantal stemmen in verschillende talen. Doordat de text to speech module van Android zo ontworpen is, kunnen er meerdere engines geïnstalleerd worden. In de eerste activity, kan je via het hoofdscherm als gebruiker zelf kiezen welke speech engine je voorkeur wegdraagt. Er zijn verschillende engines beschikbaar, zowel betalend als gratis. In dit onderzoek zijn de volgende engines getest: Accapela figuur 6.5a, SVOX-Classic figuur 6.5b en IVONA figuur 6.5c.



# Hoofdstuk 7

## Gebruikers test

Tijdens de verschillende stadia van het onderzoek werd feedback gevraagd aan een willekeurige steekproef van potentiële gebruikers. Op die manier konden een aantal essentiële zaken nog tijdens het onderzoek worden bijgestuurd. Uiteraard zou het organiseren van deze feedbackrondes niet mogelijk geweest zijn zonder de medewerking van Koba Vision. Door hun ervaring kon er doeltreffend worden bijgestuurd waarvoor ik hen dan ook zeer erkentelijk ben.

Zo organiseerden we ondermeer op 4 februari 2013 een gebruikerstest om de applicatie te testen door Eric Buyl (blind) en Johan Haagdorens (slechtziend). Uit deze test konden een aantal bevindingen worden geconcludeerd.

Zo werden de verschillende oplossingen getest, zoals de zelfgeschreven accessibility service, de staander en het detectie algoritme. Er kon worden geconcludeerd dat het detectie algoritme zeer moeilijk te gebruiken is voor een blinde. Indien het algoritme geen feedback kan geven, is het voor de gebruiker zeer moeilijk om bij te sturen. Voor een slechtziende kan het wel behulpzaam zijn. Zij slagen erin om met behulp van de visuele feedback de randen van de pagina te vinden.

De feedback op het staandertje was voor beide doelgroepen zeer positief. Zo konden ze het blad aligneren, omzetten naar spraak via een text to speech engine en beluisteren via de hoofdtelefoon. Het braille display werd ook getest, maar gaf verschillende problemen, waarvan het voornaamste probleem het navigeren op het scherm was.

Op 10 april was een nieuwe feedbackronde gepland. Door de verschillende aanpassingen, die besproken werden op 4 februari, werd er een nieuwe mode ontworpen waarin het braille display wel functioneerde. Zo kon Eric (blind) het blad aligneren m.b.v. het staandertje en de app gebruiken, enkel met behulp van de brailleleesregel, dus zonder nog aan het toestel en de staander te komen. Hij slaagde er m.a.w. in om als blinde zelfstandig een tekst in te scannen via een smartphone en de inhoud ervan te lezen via een brailleleesregel.

# Hoofdstuk 8

## Besluit

De huidige generatie smartphones en tablets lijken een aantrekkelijk platform om een nieuw mobiel voorleestoestel uit te bouwen. De hoge-resolutie camera kan het document fotograferen, er is rekenkracht en geheugen om de OCR-transformatie uit te voeren en er is spraaksynthese beschikbaar om de tekst voor te lezen.

Dit onderzoek werd gestart met de volgende doelstelling en de volgende vragen. Het is bijvoorbeeld niet eenvoudig om vanuit de losse hand een goede foto van een document te nemen als je niets of amper ziet. Een gebruikersinterface op basis van een aanraakscherm is niet evident, vermits je niet op de visuele feedback kan rekenen en een aanraakscherm niet veel tactiele referenties heeft. Op PC's werkt de OCR-transformatie wel snel en met lage aanvaardbare foutmarges, maar welk resultaat kunnen we bereiken op deze mobiele platformen? Welk type smartphone, uit het brede aanbod, is het meest geschikt voor ons doel?

Na een jaar onderzoek is er een prototype gemaakt dat tekst kan herkennen maar vooral bedienbaar is door blinden en slechtzienden. Doordat er zoveel pistes onderzocht moesten worden, is de uiteindelijke applicatie een soort alles in 1. Zowel het volledig handsfree maken, als een staander om het positioneren van het blad te bereiken, zijn voldoende onderzocht.

Indien de applicatie verder zou worden uitgewerkt, zal er enkel 1 piste moeten gekozen worden zodat dit optimaal wordt voor 1 doelgroep: blinden of slechtzienden. Ook zal er een keuze moeten gemaakt worden tussen de zelfgeschreven service of gebruik maken van talkback of brailleback. Hierin kunnen volgende factoren meespelen in de keuze zoals kennis van brailleschrift, voldoende budget voor de verschillende toestellen.

Tijdens dit onderzoek werd duidelijk dat er nog andere toepassingen mogelijk zijn zoals een bordcamera voor een slechtziende. Vooraan de klas wordt de smartphone geplaatst en neemt hoge resolutie foto's. Deze worden doorgestuurd naar een tablet van de gebruiker in het leslokaal. Eenmaal de foto op de tablet kunnen er optimalisatie filters als OCR worden toegepast of foto's kunnen bewaard worden voor later gebruik.

Heel deze nieuwe evolutie van draagbare toestellen, die alsmaar krachtiger worden, kunnen, zoals gebleken in dit onderzoek, de oplossing bieden voor veel problemen. Dit onderzoek bewijst zeker dat ze een grote bijdrage kunnen leveren voor de doelgroep van blinden en slechtzienden.

# Bibliografie

- [1] *ABBYY Mobile OCR Engine 4.0.*
- [2] *The Blackwell encyclopedia of writing systems.* Oxford: Blackwell, 1996.
- [3] *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing.* California Technical Pub; 1st edition, 1997.
- [4] *Learning OpenCV.* O'Reilly, 2008.
- [5] *Modern Electronics Communication.* Pearson, 2008.
- [6] *Android 4, Application Development.* Wrox, 2012.
- [7] *Handboek Apps Ontwikkelen.* Academic Service, 2012.
- [8] *Digital Image Processing.* Pearson International Edition, August 31, 2007.
- [9] Asus. Asus transformer prime.
- [10] Baum. Vario connect.
- [11] Google. Android accessibility. [http://eyes-free.googlecode.com/svn/trunk/documentation/android\\_access/index.html](http://eyes-free.googlecode.com/svn/trunk/documentation/android_access/index.html), 2013.
- [12] I. Pratikakis M. Anthimopoulos, B. Gatos. Text detection in video frames. Master's thesis, National Center for Scientific Research Demokritos, 2010.
- [13] Denorme Maarten. Simulatie van een webcam voor ocr toepassingen. *Bachelor Proef Xios*, 2012.
- [14] Christy Pettey Rob van der Meulen. Gartner says worldwide sales of mobile phones declined 2.3 percent in second quarter of 2012.
- [15] Samsung. Galaxy s3.
- [16] Koba Vision. Website koba vision. <http://www.kobavision.be/>, 2013.

# Lijst van figuren

1.1	De 3 stappen . . . . .	2
2.1	Vergelijking camera's tablets en smartphones . . . . .	4
2.2	Gekozen testtoestellen [15][9] . . . . .	4
3.1	Thresholden van een tekst . . . . .	6
3.2	Een binaire rand kaart, afgeleid van de Sobel operator, met een drempelwaarde van 80. De randen zijn gekleurd om de richting van de rand aan te geven: geel voor nul graden, 45 graden voor groen, blauw voor 90 graden en rood voor 135 graden.[12] . . . . .	7
3.3	Morphologische operaties. Er bestaan 4 basis operaties: erosie, dilatie, opening, closing. Figuur (a) geeft een binair beeld weer. Figuren (b) tot (e) geven het resultaat weer van de verschillende operaties [3] . . . . .	7
3.4	Een tekstblok detectie.(a) Canny Edge filter. (b) Dilatie. (c) Opening. (d) Bounding box . . . . .	8
4.1	NFC tags Android . . . . .	10
5.1	De 2 oplossingen om het blad te detecteren . . . . .	12
5.2	Staander prototype 1 . . . . .	13
5.3	Staander prototype 2. (c) en (d) De staander kan worden opgeplooid in een compacte doos . . . . .	14
5.4	Bibliotheek overzicht van een Bluetooth stack . . . . .	15
5.5	Brailleleesregel: Varioconnect Baum[10] . . . . .	16
5.6	Vervorming door misalignment . . . . .	17
5.7	. . . . .	17
5.8	Blad herkenning overzicht. (a) Het originele frame, (b) Het zwart wit maken en een blur filter toepassen. . . . .	20
5.9	Blad herkenning overzicht. (a) Een canny edge filter toepassen zodat de randen zichtbaar worden, (b) Een morphologische closing zodat er alleen volle lijnen overblijven, (c) Contour detectie met eliminatie zodat enkel het blad overblijft en als enige overgebleven contour wordt weergegeven . . . . .	21
6.1	Flowchart ontworpen applicatie . . . . .	23
6.2	Tekst optimaliseren voor slechtzienden . . . . .	24

6.3	Weergeven waar de spraaksynthese zich bevindt op de foto . . . . .	25
6.4	Tekst optimaliseren voor slechtzienden . . . . .	26
6.5	De geteste TTS engines tijdens dit onderzoek . . . . .	27