

Voorstel project Beeldverwerking

Cédric Verstraeten, Christophe Sysmans,
Laurenz Ovaere, Sander Naert

8 juni 2013

1 Situering

In het kader van het vak beeldverwerking wordt een groepsproject ontwikkeld omtrent *assisted living*. Dit is een concept waarbij hulpbehoevende mensen toch zoveel mogelijk zelfstandig blijven wonen, zij het met begeleiding en controle door hulpverleners. De kosten voor deze begeleiding kunnen echter hoog oplopen. Daarnaast hebben mensen die in aanmerking komen voor assisted living vaak het meeste problemen met alledaagse taken. De automatisatie van deze taken wordt dan ook alsmaar belangrijker.

In dit project wordt een visiesysteem ontwikkeld dat in staat is om waarschuwingen te geven tijdens het maken van koffie. Wanneer een bepaalde actie tijdens het koffiezetten (bv. de koffiekkan in het toestel plaatsen) wordt vergeten, moet het systeem hierop een gepaste melding geven. Hiervoor wordt uiteraard gebruikgemaakt van beeldverwerking. Het project wordt ontwikkeld in C++ en maakt gebruik van de OpenCV-bibliotheek.

2 Probleemstelling

Het ontwikkelde visiesysteem heeft tot doel de verschillende deeltaken van het koffiezetten te detecteren. Op basis van deze detectie kan dan een gepaste melding worden voorzien. Voor dit project onderscheiden we vier deeltaken tijdens het koffiezetten:

- Koffie vullen
- Waterreservoir vullen
- Koffiekkan plaatsen
- *Machine aanzetten*

De volgorde waarin de eerste drie handelingen worden uitgevoerd, speelt in principe geen rol. Deze taken moeten wel afgewerkt zijn alvorens het apparaat aangezet mag worden. De volgorde van de handelingen wordt beheerd door een handler-object. Het ontwerp hiervan wordt in sectie ?? besproken. De verschillende detectiemechanismen voor de afzonderlijke deeltaken worden in punt ?? beschreven.

3 Ontwerp

3.1 Multithreading

Zoals hierboven reeds vermeld, ligt de volgorde van de eerste drie deeltaken niet vast. Hierdoor gebeurt de detectie van deze deeltaken het best simultaan. Dit kan geïmplementeerd worden

met behulp van verschillende threads in C++, waar elke thread overeenkomt met één van de vier deeltaken. Per frame wordt er voor elke deeltaak een nieuwe thread gestart. Een nadeel van deze techniek is dat sommige thread-implementaties niet *cross-platform* zijn. Dit kan worden opgelost door de thread-klasse uit de C++ Standard Library te gebruiken.

3.2 Handler-object

Om het hele systeem correct te laten werken, delen alle threads een threadsafe handler-object. Dit object heeft twee belangrijke functies.

Ten eerste kan elke thread via het handler-object het volgende frame opvragen. Aangezien de threads kunnen uitgevoerd worden met een verschillende snelheid, moet ook synchronisatie worden voorzien. Het is namelijk mogelijk dat de threads voor de behandeling van het vorige frame nog niet allemaal voltooid zijn. Daarom worden de nieuwe threads pas gestart als alle vier de vorige threads voltooid zijn.

Daarnaast beheert het handler-object ook de resultaten van de verschillende threads. Wanneer een thread de desbetreffende algoritmes heeft afgewerkt en het einde van een actie gedetecteerd wordt, wordt de handler hiervan op de hoogte gesteld. Deze zal bij een foutieve actie (bv. machine aanzetten alvorens alle deeltaken zijn afgewerkt) een melding geven.

4 Basisdetectie deeltaken

In dit onderdeel beschrijven we de detectie van de verschillende deeltaken. Wanneer een van deze taken niet wordt uitgevoerd, zal de handler een gepaste foutmelding voorzien. Er worden ook telkens een aantal precondities opgelegd aan de detectiemethodes.

4.1 Koffie vullen

De handeling van het koffie vullen bestaat uit verschillende deeltaken:

1. Filterhouder uit het koffiezetapparaat halen

Precondities: De filterhouder is aanwezig in het koffiezetapparaat.

Detectiemethode: Om de filterhouder te kunnen onderscheiden van de andere delen van de koffiemachine, wordt de filterhouder detecteerbaar gemaakt door het aanbrengen van een gekleurde cirkel. Dit gebeurt op basis van tape die aan de bovenzijde van de filterhouder wordt aangebracht. Wanneer de filterhouder uit het koffiezetapparaat wordt gehaald, is ook meteen de gekleurde cirkel zichtbaar.

Cameralocatie: Aangezien de gekleurde cirkel langs de bovenkant van de filterhouder wordt aangebracht, is een video-invoer met bovenaanzicht optimaal.

2. Nieuwe filter plaatsen

Precondities: De filterhouder werd uit het toestel verwijderd en deze actie werd ook gedetecteerd. Daarnaast is de filterhouder op dit moment leeg.

Detectiemethode: Om de aanwezigheid van een filter te detecteren bekijken we de filterhouder vanuit bovenaanzicht. De filterhouder is omhuld door een gekleurde cirkel. Wanneer de witte filter geplaatst wordt, zal er binnen deze gekleurde cirkel een witte oppervlakte gedetecteerd worden. Op dat moment is er een nieuwe filter aanwezig.

Cameralocatie: Één camera *boven* het toestel volstaat.

3. Vul de filter met koffie

Precondities: Beide voorgaande acties werden gedetecteerd. De filterhouder bevat een nieuwe witte filter en bevindt zich niet in het koffiezetapparaat.

Detectiemethode: Het detecteren van koffie is gelijkaardig aan de detectie van een nieuwe filter. Wanneer deze met koffie gevuld wordt, zal de kleur van de oppervlakte binnen de gedetecteerde cirkel veranderen. Aangezien de koffiefilter nooit volledig gevuld wordt, zal er altijd nog een deel van de witte filter zichtbaar blijven. Daarom wordt de gemiddelde kleurwaarde binnen de gekleurde cirkel van de filterhouder gemeten. Een grijze kleur wijst op de aanwezigheid van koffie.

Cameralocatie: Ook hier volstaat één camera *boven* het toestel.

4. Plaats filterhouder terug

Precondities: Alle voorgaande acties werden correct afgehandeld.

Detectiemethode: Deze actie is het omgekeerde van de eerste stap. Ook hier kan - na kleurfiltering- de locatie van de gekleurde cirkel van de filterhouder bepaald worden. Wanneer de cirkel verdwijnt, zit de filterhouder terug in het koffietoestel.

Cameralocatie: Analoog als bij de eerste stap.

4.2 Waterreservoir vullen

Het water is op de videobeelden nauwelijks zichtbaar. Daarom worden drie methodes gebruikt die insinueren dat er water werd bijgevoerd. Door deze acties te combineren, kunnen we dit ook garanderen. Volgende drie technieken worden voorzien:

1. Deksel waterreservoir openen en sluiten

Precondities: Het waterreservoir is initieel leeg. Het deksel is gesloten.

Detectiemethode: Het deksel van het waterreservoir wordt voorzien van een gekleurde sticker. Deze wordt steeds gedetecteerd. Wanneer het deksel geopend wordt, zal deze sticker niet meer zichtbaar zijn en is het deksel gegarandeerd open. Wanneer het deksel opnieuw gesloten wordt, zal de sticker terug zichtbaar zijn.

Cameralocatie: Één camera *boven* het toestel volstaat.

2. Koffiekan uit het toestel halen

Precondities: De koffiekan is aanwezig in het toestel.

Detectiemethode: De aanwezigheid van de koffiekan kan op basis van de afstand tussen twee gekleurde lijnen gedetecteerd worden. De eerste, horizontale lijn wordt rondom de koffiekan aangebracht. De tweede, verticale lijn wordt op de zijkant van het koffietoestel zelf aangebracht. Wanneer de koffiekan zich in het toestel bevindt, zal de afstand tussen beide lijnen binnen een bepaald gebied vallen. Wanneer de koffiekan uit het toestel wordt gehaald, zal deze afstand worden overschreden.

Cameralocatie: Één camera langs de *linker- of rechterzijde* van het koffiezetapparaat. Wanneer de gebruiker het zicht van deze zijcamera kan belemmeren, kunnen ook twee zijcamera's worden gebruikt. Er moet echter ook rekening gehouden worden met de meerkost van deze extra camera.

3. Detectie van het controlelampje

Wanneer beide voorgaande detecties positief zijn, is er al een grote kans dat het reservoir met water werd gevuld. Toch is er nog geen garantie. Daarom wordt bij deze derde detectie het ingebouwde controlelampje van het toestel gebruikt.

Precondities: Beide voorgaande deelacties werden gedetecteerd. Dit is echter geen vereiste voor het slagen van deze detectiemethode.

Detectiemethode: Het oranje lampje vooraan het toestel wordt actief wanneer er water in het reservoir aanwezig is en het toestel wordt ingeschakeld. Dit kan terug gedetecteerd worden m.b.v. kleurfiltering.

Cameralocatie: Één camera *schuin boven* het toestel volstaat.

4.3 Koffiekan plaatsen

Het plaatsen van de koffiekan is niet echt een actie. Het is echter wel een vereiste dat de kan aanwezig is, alvorens het apparaat in te schakelen.

Precondities: Voor deze taak zijn geen precondities. De detectie is onafhankelijk van de andere taken.

Detectiemethode: Deze detectiemethode is analoog als de methode van de tweede deelactie bij de waterdetectie in punt ???. Voor de detectie van het water moet de koffiekan uit het toestel worden gehaald, terwijl de koffiekan voor deze actie moet teruggeplaatst worden. Beide acties kunnen met dezelfde twee verticale lijnen gecontroleerd worden.

Cameralocatie: Één camera langs de *linker- of rechterzijde* van het koffiezetapparaat.

4.4 Machine aanzetten

Precondities: Alvorens de machine aangezet wordt moet, zoals eerder vermeld, de koffiekan aanwezig zijn. Ook alle andere acties moeten afgewerkt zijn. De waterindicator kan pas gecontroleerd worden wanneer het toestel wordt aangezet. Deze controle loopt simultaan met het aanzetten van het apparaat.

Detectiemethode: Of het apparaat aan of uit staat kan eenvoudigweg gedetecteerd worden aan de hand van de schakelaar. Om een duidelijk onderscheid te kunnen maken tussen de twee standen, wordt de bovenkant van de schakelaar gemerkt met een felle kleur. Wanneer het apparaat is ingeschakeld, zal deze kleur ook zichtbaar zijn. Kleurfiltering is hiervoor de aangewezen techniek. Wanneer het apparaat wordt uitgeschakeld, verdwijnt deze kleur uit het beeld.

Cameralocatie: Één camera *boven* het toestel, analoog met hoe omgegaan wordt bij de detectie van het openen en sluiten van het deksel.

5 Verfijning detectiemethodes

De detectiemethodes die hierboven werden beschreven kunnen in sommige speciale gevallen problemen opleveren. Hieronder beschrijven we de mogelijke problemen en hun bijhorende oplossing. Als uitbreiding op het basisdetectiesysteem kunnen deze oplossingen worden geïmplementeerd.

1. Correcte handeling ongedaan maken

Probleem: Een correct handeling die ook goed werd gedetecteerd, wordt terug ongedaan gemaakt.

Oplossing: De detectie van een actie moet blijven doorlopen, zelfs als deze reeds werd gedetecteerd. Door het ontwerp op basis van de verschillende threads, kan dit heel eenvoudig voorzien worden.

2. Tijdelijk afdekken van bepaalde beelden

Probleem: Een sticker of specifiek kenmerk waarop de detectie steunt, wordt tijdelijk afgedekt.

Oplossing: Dergelijk probleem zal zich slechts kortstondig voordoen. Wanneer een fout wordt gedetecteerd op een frame, betekent dit dus niet noodzakelijk dat het systeem moet stoppen. Door pas een beslissing te nemen na de analyse van meerdere frames, kan dit probleem worden verholpen.

3. Kleurfiltering wordt verstoord

Probleem: In de verschillende detectiemethodes wordt vaak kleurfiltering gebruikt. Wanneer een van de gekozen kleuren ook voorkomt in andere onderdelen (bv. de tafel waarop het toestel staat), kan dit mogelijk de filtering verstoren.

Oplossing: Om dit probleem op te lossen kunnen bepaalde onderdelen van uit het beeld worden weggesneden.

6 Kalibratie

6.1 Doelstelling

Door middel van kalibratie willen we de positie van het toestel situeren. Hierdoor zijn we in staat om een groot deel van de *viewport* van de camera's te reduceren. Door deze *region of interest (ROI)* worden de algoritmen, die we zullen gebruiken in het vervolg van het project, efficiënter en preciezer. De kalibratie zal ervoor zorgen dat de ROI kan bijgesteld worden wanneer het toestel wordt verplaatst.

6.2 Methode

Om de kalibratie mogelijk te maken moet het koffietoestel gelokaliseerd worden op de videobeelden. Hiervoor wordt een wit kruis aangebracht boven op het koffietoestel. Door de specifieke vorm en afmetingen kan het merkteken worden gelokaliseerd.

7 Werkplanning

7.1 Groepssamenstelling

Onze groep voor het project van beeldverwerking bestaat uit volgende vier leden:

1. Cédric Verstraeten
2. Christophe Sysmans
3. Laurenz Ovaere
4. Sander Naert

7.2 Takenoverzicht

Hieronder wordt een opsomming gegeven van de verschillende taken. De verdeling van deze taken wordt voorgesteld in punt ??.

1. Opnames maken die zoveel mogelijk rekening houden met de vooropgestelde technieken (??, Basisdetectie deeltaken).
2. Controlestructuur implementeren (??, Ontwerp).
3. Detectie van de verschillende deeltaken uitwerken:
 - (a) Detectie koffie vullen
 - (b) Detectie water vullen
 - (c) Detectie koffiekann plaatsen
 - (d) Detectie machine aanzetten
4. Kalibratiemechanisme implementeren.
5. Technieken uittesten.
6. Indien nodig andere strategieën bedenken.
7. Projectvoorstel uitwerken.
8. Verslag uitwerken.
9. Presentatie opmaken.

7.3 Werkverdeling

De werkverdeling van de verschillende taken wordt voorgesteld in onderstaande tabel.

Uitvoerder(s)	1	2	3A	3B	3C	3D	4	5	6	7	8	9
Cédric Verstraeten			x	x								
Christophe Sysmans		x					x					
Laurenz Ovaere					x	x						
Sander Naert				x	x							
Groep	x							x	x	x	x	x