

Ontwikkelen Linux driver voor Blackmagic video capturekaart

Bijlagen

Bijlagen voor het project “Ontwikkelen Linux driver voor Blackmagic video capturekaart”

Door: M.W.M Hamburg
Plaats en datum: Waddinxveen, 4-6-2014
Organisatie: CS Engineering

1. Inleiding

De hierna volgende bijlagen behoren bij het afstudeerdossier van Maarten Hamburg ten behoeve van de opleiding Technische informatica te Den Haag.

Het betreft vier bijlagen:

- Bijlage A Vision document
- Bijlage B Analyserapport
- Bijlage C Architectuurrapport
- Bijlage D Ontwikkeldocument

Ontwikkelen Linux driver voor Blackmagic video capturekaart

Bijlage A Vision document

**Vision document voor het project “*Ontwikkelen Linux driver
voor de BlackMagic video capturekaart*”**

Door: M.W.M Hamburg
Plaats en datum: Waddinxveen, 4-6-2014
Organisatie: CS Engineering

CS ENGINEERING | Brugweg 56 2741KZ Waddinxveen

1. Project gegevens

Auteur gegevens

Naam	Email adres	Telefoonnummer	Studentnummer
Maarten Hamburg	Maarten.hamburg@gmail.com	0626871380	20064311

Tabel 1 Auteur gegevens

Inhoudsopgave

1. Project gegevens	1
2. Inleiding	3
3. Achtergrond.....	3
4. Projectopdracht.....	5
5. Projectactiviteiten	7
6. Projectgrenzen	8
7. Producten	8
8. Kandidaat systeemeisen.....	9
9. Eerste use-case.....	10
10. Kwaliteit.....	12
11. Projectorganisatie	13
12. Planning.....	14
13. Kosten en baten	15
14. Risico's	16
15. Bronnen	19
15.1. Verwijzingen	19
15.2. Gebruikte figuren	19
15.3. Gebruikte tabellen.....	19
16. Bijlagen	21
16.1. Documentenbeheer	21
16.2. Bijlage 1: Afstudeerplan.	22

2. Inleiding

Dit document bevat het vision (plan van aanpak) voor het project “Ontwikkelen Linux driver voor de BlackMagic video capturekaart”. Dit project wordt uitgevoerd in opdracht van Communications Security Net B.V. (CS Net). In dit document wordt de aanleiding, probleemstelling en doelstelling beschreven alsmede de scope van het project. Ook is in dit document een eerste use-case weergegeven en beschreven.

Daarnaast worden in dit document de risico's in kaart gebracht die het slagen van het project in gevaar brengen.

In dit document wordt de term zender gebruikt. Hiermee wordt de kerkzender bedoeld zoals deze bekend is binnen DCT Net.

3. Achtergrond

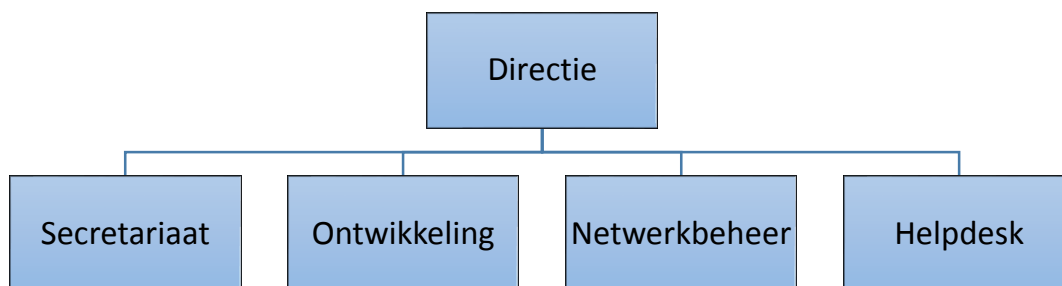
Communications Security Net B.V (CS Net) is in 1992 ontstaan vanuit CS Engineering als antwoord op de vraag van klanten het technisch beheer te verzorgen van netwerken.

Het doel was dan ook voor een diversiteit aan (branchegerichte) organisaties verschillende netwerken te bouwen welke, wanneer gewenst, met elkaar konden communiceren met behulp van de software zoals ontwikkeld door CS Engineering.

Met een landelijk ordersysteem voor bloemisten en netwerken voor diverse instellingen met hoge eisen aan beveiliging en betrouwbaarheid, worden in de beginperiode al miljoenen aantal transacties per jaar gedaan.

Met de levering van Internetdiensten vanaf 1997 en gebruik makend van alle moderne communicatie- en beveiligingstechnieken heeft CS Net zich verder ontwikkeld tot een bedrijf dat complete telematicatrajecten kan verzorgen. Daarbij worden niet enkel netwerken ontwikkeld en beheerd conform de laatste ontwikkelingen in de markt maar wordt ook ondersteuning aan de gebruikers van deze netwerken geboden in de vorm van een professionele Helpdesk-service en Installatiedienst welke ook voor pakketten van derden ingezet kan worden [1].

CS Net is een bedrijf dat behoort tot het midden en kleinbedrijf en is met 19 personeelsleden relatief klein. In Figuur 1 het organigram weergegeven voor de organisatie.



Figuur 1 Organigram organisatie

Dit project wordt uitgevoerd vanuit CS Engineering. CS Engineering is een handelsnaam van Communications Security Net B.V (CS Net).

CS Engineering is ontstaan uit de privé werkzaamheden van dhr. H. Roelse die eind 1985 steeds verder ging in de bouw van communicatiesoftware voor privégebruik. In 1986 heeft hij dan ook het bedrijf opgericht en werd met het programma Supertel het eerste grote succes behaald.

Binnen enkele jaren was CS Engineering een bekende organisatie binnen de Videotex-markt in Nederland. Naast het leveren van diverse, in eigen beheer ontwikkelde, communicatieprogramma's kon door middel van maatwerk aan specifieke klanteisen worden voldaan waarbij gebruiksvriendelijkheid en beveiliging altijd voorop heeft gestaan. Naast het door ontwikkelen van de bestaande softwarepakketten, werd een Videotex-host ontwikkeld en is daarnaast Webster tot stand gekomen.

Webster is een infrastructuur welke een veilige, snelle en flexibele datacommunicatieomgeving biedt. Met het succes van Webster kwam vanuit het klantenbestand de vraag tot het beheren van de technische infrastructuur van door hen gebruikte datacommunicatienetwerken.

Vanuit deze vraag is dan ook CS Net opgericht waarbij CS Engineering zich tot op heden kon blijven concentreren op haar specialiteit, het ontwikkelen van gebruiksvriendelijke en kwalitatief goede datacommunicatie- en beveiligingssoftware. Door haar jarenlange ervaring is CS Engineering een betrouwbare partner [2].

Vanuit CS Engineering wordt in-house software ontwikkeld voor intern gebruik of externe klanten van CS Net. Zo ook kerkomroep. Via het platform kerkomroep kunnen online kerkdiensten worden bekeken of beluisterd. Naast de website [Kerkomroep](#) zijn er vanuit CS Engineering ook applicaties gemaakt voor [Android](#) en [Apple](#) smartphones en tablets.

DataCast Network (DCT Net) biedt services voor het streamen van gedigitaliseerde audio en videosignalen. DCT Net is de operationele partner voor de stichting Intermediair Kerkomroep Nederland (sIKN). sIKN biedt oplossingen voor kerken om kerkdiensten live uit te kunnen zenden zodat deze via internet of via apparatuur die bij de luisteraars thuis staat beluisterd kan worden.

DCT Net levert voor deze dienst de infrastructuur en de apparatuur om de kerkdienst uit te zenden en te ontvangen.

4. Projectopdracht

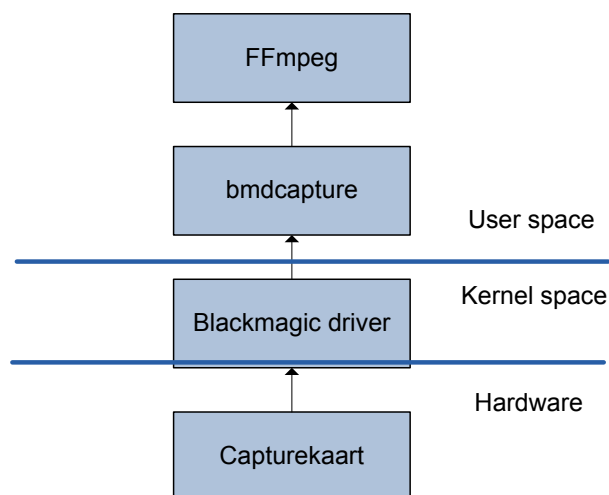
DCT Net levert apparatuur aan kerken voor het streamen van audio en video diensten. Omdat de vraag naar beeldoplossingen toeneemt, is er een nieuwe kerkzender ontwikkeld waarmee het mogelijk is kerkdiensten met High Definition (HD) videokwaliteit uit te zenden. Deze zender maakt gebruik van een Blackmagic capturekaart die het analoge of digitale signaal van een camera kan verwerken.

Voor het streamen van de video en audio wordt gebruik gemaakt van FFmpeg. FFmpeg is een crossplatform oplossing voor het opnemen, converteren en streamen van video en audio [3].

FFmpeg maakt gebruik van het Video4Linux2 framework. *"Video4Linux2 or V4L2 is a video capture and output device API and driver framework for Linux"* [4].

Omdat de driver van de Blackmagic capturekaart geen gebruik maakt van het Video4Linux2 framework kan deze videodata niet worden doorgezegt naar FFmpeg.

Om toch gebruik te kunnen maken van de capturekaart in combinatie met FFmpeg is er vanuit CS Engineering software gemaakt om op user level een conversie van de videodata uit te voeren zodat de opgenomen video aan FFmpeg kan worden aangeboden. In Figuur 2 is de conversie slag te zien die momenteel wordt uitgevoerd.

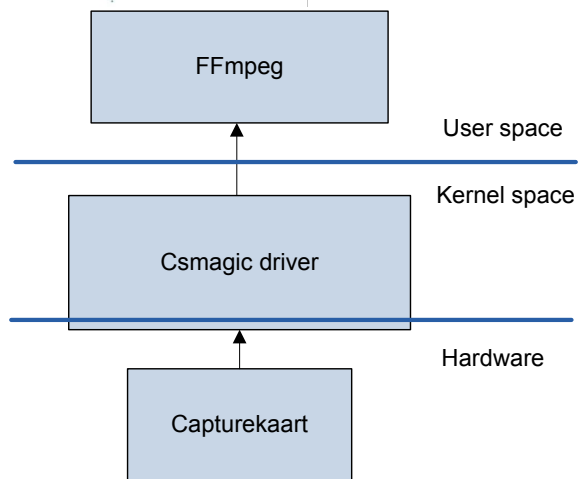


Figuur 2 Huidige conversie videodata naar het Video4Linux2 framework

In de kerkzender zit een capturekaart. Deze Blackmagic DeckLink Studio capturekaart bevindt zich op hardware niveau. Deze capturekaart wordt aangestuurd door de Blackmagic driver. Deze driver communiceert met de capturekaart en verkrijgt ook de video data uit deze capturekaart. Deze driver geeft vervolgens de videodata door naar het programma bmdcapture. Bmdcapture is software die door CS Engineering is aangepast om de videodata te converteren naar Video4Linux2 waarna de videodata kan worden verwerkt door FFmpeg.

Doordat de videodata nu drie keer wordt verwerkt (driver, bmdcapture, FFmpeg) met een snelheid van ongeveer 80 MB/s brengt dit een hoge processor belasting en excessief geheugen gebruik met zich mee.

Om dit probleem op te lossen wordt er een driver gemaakt voor de Blackmagic capturekaart die compatible is met het Video4Linux2 framework. Figuur 3 geeft een overzicht van de nieuwe wenselijke situatie.



Figuur 3 Nieuwe implementatie conversie videodata naar het Video4Linux2 framework

In het Figuur 3 is te zien dat de nieuwe Csmagic driver direct de interactie met FFmpeg heeft. Hierdoor is het programma bmdcapture overbodig geworden. In de nieuwe situatie wordt de videodata minder vaak verwerkt waardoor de gebruikte CPU tijd en het geheugen gebruik moet afnemen.

5. Projectactiviteiten

Tijdens de uitvoering van dit project worden de volgende project activiteiten uitgevoerd:

- Inception phase
 - Verhelderen opdracht
 - Planning opstellen
 - Risicoanalyse
- Elaboration phase
 - Bestuderen literatuur
 - Reverse engineering Blackmagic capturekaart.
 - Achterhalen hoe de capturekaart werkt.
 - Opstellen systeemeisen.
 - Architectuur ontwerpen voor de driver
- Contruction phase
 - Basis driver
 - Ontwerp uitwerken
 - Realiseren
 - Testen
 - Full HD driver
 - Ontwerp uitwerken
 - Realiseren
 - Testen
 - Acceptatietest afnemen

6. Projectgrenzen

Dit hoofdstuk beschrijft de grenzen waarbinnen het project wordt uitgevoerd.

De driver wordt gemaakt zodat deze minimaal compatibel is met het Linux Debian Squeeze 6.0 besturingssysteem en de Blackmagic DeckLink Studio capturekaart.

De hardware die momenteel in productie is kan niet worden gewijzigd of worden voorzien van een andere configuratie omdat deze vanuit de organisatie is gekozen. Ook het verkrijgen van audio via de Blackmagic capturekaart valt buiten de scope van dit project.

Dit project heeft een specifieke eindtijd die niet kan worden verschoven. De projectplanning is te vinden in hoofdstuk 12 Planning.

7. Producten

Tijdens de uitvoering van dit project worden de volgende producten opgeleverd.

- *Plan van Aanpak (vision)*
- *Analyserapport*
- *Architectuurrapport*
- *Ontwikkeldrapport*
 - *Ontwerp driver*
 - *Testrapportage*

8. Kandidaat systeemeisen

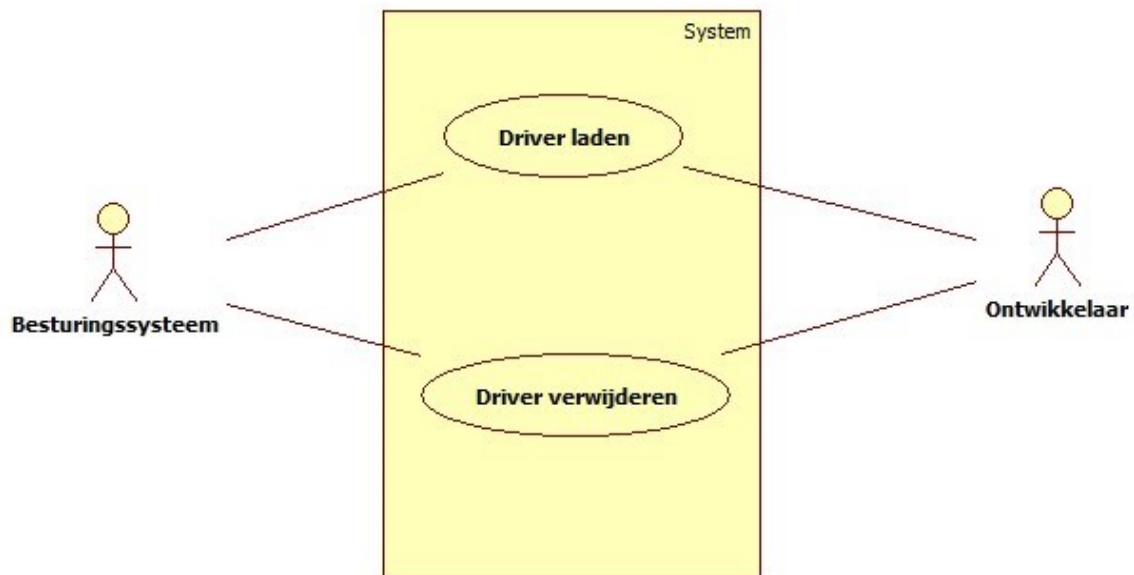
In dit hoofdstuk worden de kandidaat functionele systeemeisen beschreven [5]. Deze kandidaat systeemeisen worden in dit hoofdstuk opgesteld omdat deze noodzakelijk zijn voor het maken van de use-case in hoofdstuk 9. De niet functionele kandidaat systeemeisen zullen in de elaboratiefase worden uitgewerkt.

Functionele kandidaat systeemeisen	
Driver laden	Via modprobe of insmod wordt de driver geladen in de kernel.
Driver verwijderen	De driver wordt via rmmod verwijderd uit de kernel

Tabel 2 functionele systeemeisen

9. Eerste use-case

In Figuur 4 wordt de eerste use-case weergegeven. Deze use-case is afgeleid uit de eerder opgestelde kandidaat systeemeisen.



Figuur 4 eerste use-case

In Tabel 3 en Tabel 4 wordt een beschrijving gegeven voor de use-case uit Figuur 4.

Use case beschrijving	
Naam	Driver laden
Samenvatting	De driver zal door het besturingssysteem of ontwikkelaar in de kernel worden geladen
Actoren	Besturingssysteem, Ontwikkelaar
Aannamen	<ul style="list-style-type: none"> De zender is ingeschakeld De actor beschikt over root rechten De actor ontwikkelaar beschikt over een terminal
Beschrijving	<ol style="list-style-type: none"> De actor geeft het commando aan modprobe om de driver te laden Modprobe controleert of de driver geladen kan worden. Indien dit lukt, retourneert modprobe een 0. Zo niet treedt uitzondering [Fout bij laden] op.
Uitzonderingen	<ul style="list-style-type: none"> [fout bij laden] De driver kan niet worden geladen omdat deze reeds in de kernel is geladen of een andere fout is opgetreden. De waarde 1 wordt geretourneerd.
Resultaat	De driver is geladen in de kernel.

Tabel 3 use-case driver laden

Use case beschrijving	
Naam	Driver verwijderen
Samenvatting	De driver zal door het besturingssysteem of ontwikkelaar verwijderd worden uit de kernel.
Actoren	Besturingssysteem, ontwikkelaar
Aannamen	<ul style="list-style-type: none"> • De zender is ingeschakeld • De driver is geladen • De actor beschikt over root rechten • De actor ontwikkelaar beschikt over een terminal
Beschrijving	<ol style="list-style-type: none"> 1) De actor geeft het commando aan rmmod om de driver te verwijderen. 2) Rmmod controleert of de driver verwijderd kan worden. Indien dit is geslaagd retourneert het rmmod een 0. Wanneer dit niet lukt, treedt uitzondering [fout bij verwijderen] op.
Uitzonderingen	<ul style="list-style-type: none"> • [fout bij verwijderen] De driver kan niet worden verwijderd uit de kernel. Rmmod retourneert de waarde 1.
Resultaat	De driver is uit de kernel verwijderd.

Tabel 4 use-case driver verwijderen

10. Kwaliteit

Dit hoofdstuk beschrijft hoe de kwaliteit van de producten gedurende het project gewaarborgd kan worden.

Door één keer in de week met de manager te overleggen over de producten moet worden voorkomen dat de producten niet voldoen aan de gestelde eisen.

Naast dit overleg wordt de documentatie wekelijks bij de manager aangeleverd zodat de inhoudelijke kwaliteit tussentijds kan worden beoordeeld en eventueel kan worden bijgestuurd indien noodzakelijk.

Elk document wordt aangemaakt als concept totdat het de definitieve status heeft bereikt. Documenten die niet meer de status concept hebben, zijn door beide partijen goedgekeurd. De goedgekeurde definitieve documenten worden opgeslagen in het PDF A formaat.

Indien hardware moet worden aangeraakt, zal dit worden gedaan door de richtlijnen voor ESD (electrostatic discharge) die binnen CS Net zijn vastgesteld, te hanteren.

11. Projectorganisatie

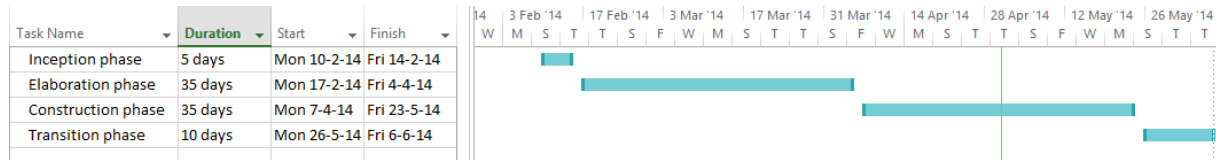
Dit project wordt uitgevoerd binnen het bedrijf CS Engineering en kent de volgende betrokkenen:

Naam	Rol	E-Mail adres	Telefoonnummer
Maarten Hamburg	Afstudeerder	Maarten.hamburg@gmail.com	0626871380
Andre Canrinus	Afdelingsmanager, bedrijfsmentor	acanrinus@corp.csnet.nl	0182750571
Daan van Heteren	Directeur	d.vanheteren@corp.csnet.nl	0182750500

Tabel 5 Projectorganisatie

12. Planning

Dit hoofdstuk bevat de globale planning voor dit project. Deze planning is opgesteld aan de hand van de mijlpalen die zijn opgenomen in hoofdstuk “5 Projectactiviteiten”. De doorlooptijd komt overeen met de tijd die is opgenomen in het afstudeerplan die. Het afstudeerplan is opgenomen als bijlage zie hoofdstuk 16.2.



Figuur 5 Project planning

De planning kan gedurende het project worden bijgesteld en concreter worden gemaakt.

13. Kosten en baten

Dit project wordt uitgevoerd door één persoon en binnen werktijd wordt 50% van de tijd besteed aan de uitvoering van dit project. De werkweek is gebaseerd op een 32 uren werkweek. De overige tijd zal in eigen tijd worden uitgevoerd.

Alle hardware is reeds aanwezig en hoeft niet aangeschaft te worden om dit project uit te voeren.

Een return on investment is niet bekend omdat momenteel niet bekend is hoeveel klanten gebruik gaan maken van de nieuwe zender. Het vaststellen van een return on investment valt buiten de scope van dit document.

14. Risico's

Hieronder is de risico analyse voor dit project uiteengezet. De grootte van het risico wordt bepaald door de formule $risico = kans * impact$. De kans en impact hebben een waarde waarbij de volgende criteria geldt zoals is aangegeven in Tabel 6 en Tabel 7.

Impact score	Impact
5	Rampzalig
4	Groot
3	Matig
2	Klein
1	Te verwaarlozen

Tabel 6 Impact score

Kans score	Kans
5	Zeer hoge kans
4	Hoge kans
3	Matig kans
2	Lage kans
1	Zeer lage kans

Tabel 7 Kans score

Risico score	Omschrijving
25	De score voor dit risico is zeer hoog.
15 - 20	De score voor dit risico is hoog.
6 - 12	De score voor dit risico is laag.
1 - 5	De score voor dit risico is zeer laag.

Tabel 8 Risico score

Defecte hardware	
Beschrijving	Door het gebruik of onvoorziene omstandigheden kan de hardware defect raken.
Kans	2
Impact	5
Risico	10
Kans verlaging	<ul style="list-style-type: none"> - Wanneer de hardware wordt aangeraakt of gedemonteerd, richtlijnen voor elektrostatische ontlading in acht nemen door bijvoorbeeld een speciale polsband te gebruiken. - Geen vloeistoffen in de buurt van de zender houden.
Mitigatie	<ul style="list-style-type: none"> - Zorgen voor een reserve opstelling.
Plan B	<ul style="list-style-type: none"> - De reserve opstelling gebruiken.

Tabel 9 Risico: Defecte hardware

Risico naam	De wensen voor het systeem wijzigen tijdens het project
Beschrijving	De wensen van de opdrachtgever wijzigen tijdens de uitvoering van het project.
Kans	2
Impact	4
Risico	8
Kans verlaging	<ul style="list-style-type: none"> - Zorgen dat de opdrachtgever akkoord is met de projectopdracht in dit vision document.
Mitigatie	<ul style="list-style-type: none"> - Regelmatig overleg met de opdrachtgever of de tussenproducten voldoet aan de eisen en wensen. Eventueel zal het project worden bijgestuurd zodat deze voldoet aan de eisen van de opdrachtgever.
Plan B	<ul style="list-style-type: none"> - De wijzigingen in het project aanpassen zodat deze voldoen aan de wensen van de opdrachtgever.

Tabel 10 Risico: Project opdracht onduidelijk

Risico naam	Onvoldoende informatie over de aansturing van de hardware
Beschrijving	De huidige driver is niet compatible met het Video4Linux2 framework. Echter is er geen informatie over het pre-compiled object van de driver, waardoor niet volledig bekend is hoe de driver werkt. Ook is niet bekend of de fabrikant informatie wil verschaffen over dit object. Wanneer de fabrikant niet wil meewerken is er geen informatie over het pre-compiled object van de driver beschikbaar waardoor niet bekend is hoe de driver werkt.
Kans	4
Impact	5
Risico	20
Kans verlaging	<ul style="list-style-type: none"> • Reverse engineering uitvoeren om de informatie te verkrijgen
Mitigatie	<ul style="list-style-type: none"> • Legacy driver aanpassen zodat de Video4Linux2 header voor de video data wordt geplaatst
Plan B	Legacy driver met aanpassing gebruiken

Tabel 11 Risico: Onvoldoende informatie over de aansturing van de hardware

Risico naam	Documenten raken verloren
Beschrijving	Documenten raken verloren door het per ongeluk verwijderen ervan of documenten raken verloren door een crash van het systeem.
Kans	3
Impact	4
Risico	12
Kans verlaging	<ul style="list-style-type: none"> - Documenten op meerdere plaatsen opslaan, eigen laptop en het bedrijfsnetwerk. Documenten op het bedrijfsnetwerk worden ook meegenomen in de dagelijkse back-up.
Mitigatie	<ul style="list-style-type: none"> - Regelmatig documenten op meerdere plaatsen opslaan
Plan B	<ul style="list-style-type: none"> - Vorige versies van de documenten gebruiken.

Tabel 12 Risico: Documenten raken verloren

Risico naam	Software raakt verloren
Beschrijving	Doordat het systeem dermate is ontregeld kan de gemaakte software niet meer worden benaderd. Hiermee wordt bedoeld dat bijvoorbeeld de partitie tabel/SATA schijf beschadigd is geraakt en daardoor de data niet kan worden benaderd.
Kans	2
Impact	5
Risico	10
Kans verlaging	<ul style="list-style-type: none"> - Wanneer de zender wordt verplaatst zorgen dat de harde schijf niet meer actief is.
Mitigatie	<ul style="list-style-type: none"> - Regelmatig software opslaan op meerdere locaties buiten het systeem waardoor een historie kan worden aangemaakt.
Plan B	<ul style="list-style-type: none"> - Vorige versies van de software gebruiken.

Tabel 13 Risico: Software raakt verloren

Risico naam	Zender start niet door een bug in de driver
Beschrijving	Tijdens het ontwikkelen en testen van de driver treedt er een kernel panic op of bevat de driver een bug waardoor het systeem niet meer start.
Kans	5
Impact	2
Risico	10
Kans verlaging	<ul style="list-style-type: none"> - In de driver testen op condities zodat bijvoorbeeld een NULL pointer tijdig wordt afgevangen.
Mitigatie	<ul style="list-style-type: none"> - Een tweede kernel installeren op het systeem waarmee kan worden opgestart.
Plan B	<ul style="list-style-type: none"> - Opstarten in de tweede kernel en de module verwijderen

Tabel 14 Risico: Zender start niet meer na kernel panic

15. Bronnen

Verwijzingen

- [1] CS Net, „Historie CS Net,” 2009. [Online]. Available: <http://www.csnet.nl/algemeen/historie/cn.php>.
- [2] CS Net, „Historie CS Engineering,” 2009. [Online]. Available: <http://www.csnet.nl/algemeen/historie/cse.php>.
- [3] FFmpeg, „FFmpeg,” 12 11 2013. [Online]. Available: <http://www.ffmpeg.org/>.
- [4] Wikipedia, „Video4Linux,” 17 12 2013. [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Video4Linux>.
- [5] J. Warmer en A. Kleppe, „Functionele en niet functionele systeemeisen,” in *Praktisch UML*, Amsterdam, Pearson Education Benelux BV, 2007, pp. 85 - 86.
- [6] HDN, „Wat is HDN,” [Online]. Available: <http://www.hdn.nl/over-hdn/wat-is-hdn>.
- [7] CS Engineering, „Over Setrax®,” 2006. [Online]. Available: <http://www.setrax.nl/setrax/>.
- [8] ALSA, „Advanced Linux Sound Architecture (ALSA) project homepage,” [Online]. Available: http://www.alsa-project.org/main/index.php/Main_Page.
- [9] P. Kruchten, *The Rational Unified Process*, Pearson education inc, 2009.

15.1. Gebruikte figuren

FIGUUR 1 ORGANIGRAM ORGANISATIE.....	3
FIGUUR 2 HUIDIGE CONVERSIE VIDEODATA NAAR HET VIDEO4LINUX2 FRAMEWORK.....	5
FIGUUR 3 NIEUWE IMPLEMENTATIE CONVERSIE VIDEODATA NAAR HET VIDEO4LINUX2 FRAMEWORK	6
FIGUUR 4 EERSTE USE-CASE.....	10
FIGUUR 5 PROJECT PLANNING	14

15.2. Gebruikte tabellen

TABEL 1 AUTEUR GEGEVENS.....	1
TABEL 2 FUNCTIONELE SYSTEEMEISEN	9
TABEL 3 USE-CASE DRIVER LADEN	10
TABEL 4 USE-CASE DRIVER VERWIJDEREN	11
TABEL 5 PROJECTORGANISATIE	13
TABEL 6 IMPACT SCORE	16
TABEL 7 KANS SCORE	16
TABEL 8 RISICO SCORE	16
TABEL 9 RISICO: DEFECTE HARDWARE	16
TABEL 10 RISICO: PROJECT OPDRACHT ONDUIDELIJK	17
TABEL 11 RISICO: ONVOLDOENDE INFORMATIE OVER DE AANSTURING VAN DE HARDWARE	17
TABEL 12 RISICO: DOCUMENTEN RAKEN VERLOREN	17

TABEL 13 RISICO: SOFTWARE RAAKT VERLOREN	18
TABEL 14 RISICO: ZENDER START NIET MEER NA KERNEL PANIC	18
TABEL 15 GEGEVENS CSNET	21
TABEL 16 VERSIEBEHEER	21

16. Bijlagen

16.1. Documentenbeheer

Gegevens CSNet

Naam	Email adres	Telefoonnummer	Functie
Andre Canrinus	acanrinus@corp.csnet.nl	0182-750571	Manager afdeling ontwikkeling
Daan van Heteren	d.vanheteren@corp.csnet.nl	0182-570500	Directeur

Tabel 15 Gegevens CSNet

Versiebeheer plan van aanpak

Datum	Versie	Status
17-12-2013	0.1	Concept
05-01-2014	0.2	Concept
28-02-2014	0.5	Concept
04-05-2014	0.6	Concept
12-05-2014	0.7	Concept
14-05-2014	0.8	Concept
27-05-2014	0.9	Concept
03-06-2014	1.0	Definitief

Tabel 16 Versiebeheer

16.2. Bijlage 1: Afstudeerplan.

Afstudeerplan

Informatie afstudeerder en gastbedrijf *(structuur niet wijzigen)*

Afstudeerblok: 2014-1.1 (start uiterlijk 10 februari 2014)

Startdatum uitvoering afstudeeropdracht: 02-12-2013

Inleverdatum afstudeerdossier volgens jaarrooster: 06-06-2013

Studentnummer: 20064311

Achternaam: dhr Hamburg

Voorletters: M.W.M

Roepnaam: Maarten

Adres: Willem de Rijkelaan 64

Postcode: 2741VN

Woonplaats: Waddinxveen

Telefoonnummer:

Mobiel nummer: 0626871380

Privé emailadres: maarten.hamburg@gmail.com

Opleiding: Technische Informatica

Locatie: Den Haag

Variant: deeltijd c.q. avond

Naam studieloopbaanbegeleider: T. Androli

Naam begeleidend examiner: J. Visser

Naam tweede examiner: H. de Vreught

Naam bedrijf: CS Engineering

Afdeling bedrijf: Ontwikkeling

Bezoekadres bedrijf: Brugweg 56

Postcode bezoekadres: 2741KZ

Postbusnummer:

Postcode postbusnummer:

Plaats: Waddinxveen

Telefoon bedrijf: 0182750500

Telefax bedrijf:

Internetsite bedrijf: www.csnet.nl

Achternaam opdrachtgever: Dhr van Heteren

Voorletters opdrachtgever: D

Titulatuur opdrachtgever: ING

Functie opdrachtgever: Directeur

Doorkiesnummer opdrachtgever: 0182750500

Email opdrachtgever: d.vanheteren@corp.csnet.nl

Achternaam bedrijfsmentor: dhr Canrinus

Voorletters bedrijfsmentor: A

Titulatuur bedrijfsmentor: ING

Functie bedrijfsmentor: Manager afdeling ontwikkeling

Doorkiesnummer bedrijfsmentor: 0182-750571

Email bedrijfsmentor: acanrinus@corp.csnet.nl

NB: bedrijfsmentor mag dezelfde zijn als de

opdrachtgever

Doorkiesnummer afstudeerder: 0182750574

Functie afstudeerder (deeltijd/duaal): Deeltijd

Titel afstudeeropdracht:

Ontwikkelen Linux driver voor BlackMagic video capturekaart

Opdrachtomschrijving

1. Bedrijf

CS Engineering is een handelsnaam van Communications Security Net B.V. Vanuit CS Engineering wordt in-house software ontwikkeld voor intern gebruik en voor klanten van Communications Security Net B.V.

Communications Security Net B.V is een bedrijf welke behoort tot het MKB (Midden Klein Bedrijf) met 19 personeelsleden.

DCT Net is een dochter onderneming van Communications Security Net B.V. DCT Net is operationeel partner van de sIKN (stichting Intermediair Kerkomroep Nederland). Vanuit DCT Net wordt hard- en software geleverd ten behoeve van streaming diensten voor kerken. Voor deze streaming diensten levert DCT Net zendapparatuur alsmede apparatuur waarmee de stream kan worden beluisterd.

Omdat CS Engineering haar klanten wil voorzien van maatwerk, wordt er binnen Cs Engineering gebruik gemaakt van diverse programmeer talen om zodoende te voldoen aan de wensen van de klant.

Enkele producten die vanuit CS Engineering worden ontwikkeld zijn:

HDN: Dit is een product dat wordt gebruikt in de financiële markt voor het versturen en ontvangen van hypotheek en opvragen van taxatie rapporten(<http://www.hdn.nl>).

Setrax: Is een product voor het opzetten van een tunnelverbinding tussen een host station en een doel station. Om deze verbinding op te zetten is een hardware sleutel benodigd evenals een gebruikersnaam en wachtwoord(<http://www.setrax.nl>).

sIKN: Is een stichting waarvoor CS Engineering software maakt. Het gaat hierbij dan om software t.b.v. Streaming diensten(<http://www.sikn.nl> <http://www.kerkomroep.nl>).

DCT Net heeft voor het bekijken van video diensten een nieuwe zender aangeschaft. Deze zender maakt gebruik van een BlackMagic HD capturekaart. Voor het streamen van video wordt binnen de organisatie FFMPEG gebruikt. FFMPEG is een cross-platform applicatie voor het opnemen, converteren en streamen van audio en video. Daarnaast wordt video gebruikt in combinatie met Video4Linux2. Video4Linux2 is een video capture API voor Linux. Hiermee kan video van diverse recorders worden gecaptured.

2. Probleemstelling

De huidige driver van BlackMagic geeft als video data, onbewerkte video data, echter kan FFMPEG niet met deze onbewerkte video data overweg. Hiervoor is momenteel een eigen implementatie ontwikkeld waardoor de raw video data wordt omgezet naar video4linux2 ten behoeve van FFMPEG, echter wordt met deze implementatie de video data 2x meer verwerkt dan wenselijk is. Dit zorgt voor een ongewenste hogere processor load en geheugen verbruik.

3. Doelstelling van de afstudeeropdracht

Het doel van de opdracht is om met een driver voor de BlackMagic capturekaart de onbewerkte video data direct om te zetten naar video4linux2 met verminderd gebruik van de resources.

4. Resultaat

Het resultaat is een driver voor de BlackMagic HD capturekaart.

5. Uit te voeren werkzaamheden, inclusief een globale fasering, mijlpalen en bijbehorende activiteiten

- Oriëntatie fase 5 dagen
 - Verhelderen opdracht
 - Planning opstellen
 - Risicoanalyse
- Analysefase 25 dagen
 - Bestuderen literatuur
 - Reverse engineering BlackMagic capturekaart.
 - Achterhalen hoe de capturekaart werkt.
 - Opstellen systeemeisen.
- Ontwerpfase 10 dagen
 - Architectuur ontwerpen voor de driver
- Ontwikkeelfase 35 dagen
 - Basis driver
 - Ontwerp uitwerken
 - Realiseren
 - Testen
 - Full HD driver
 - Ontwerp uitwerken
 - Realiseren
 - Testen
 - Acceptatietest afnemen

6. Op te leveren (tussen)producten

- *Plan van Aanpak*
- *Analyserapport*
- *Architectuurrapport*
- *Ontwikkeldrapport*
 - *Ontwerp driver*
 - *Testrapportage*

7. Te demonstreren competenties en wijze waarop

Voor het bepalen van de complexiteit wordt onderstaand schema gebruikt:

Competentiecode	niveau	Competentietitel	Wijze waarop
G1	3	Praktische aspecten hanteren in (internationale) projecten	Risicoanalyse in het plan van aanpak
A1	4	Analyseren van het probleemdomen	Beschrijven Reverse engineering & achterhalen werking capturekaart in analyserapport
C10	3	Ontwerpen van een systeemarchitectuur	Architectuurrapport
C8	3	Ontwerpen van een technisch informatie systeem	De ontwerpen in het ontwikkelrapport
D17	3	Testen van software systemen	Testrapportages bij het ontwikkelrapport

Ontwikkelen Linux driver voor Blackmagic video capturekaart

Bijlage B Analyserapport

**Analyserapport voor het project “*Ontwikkelen Linux driver
voor Blackmagic video capturekaart*”**

Door Maarten Hamburg

CS Engineering | Brugweg 56 2741KZ Waddinxveen

Auteur gegevens

Naam	Email adres	Telefoonnummer	studentnummer
Maarten Hamburg	Maarten.hamburg@gmail.com	0626871380	20064311

Tabel 1 Auteur gegevens

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	3
2.	Reverse engineering beschrijving.....	4
2.1.	Driver structuur	5
2.2.	Data in de systeemlog vastleggen	6
2.3.	Bmdcapture	8
2.4.	Object dump.....	11
3.	Blackmagic I/O controls.....	13
3.1.	Verwerken informatie	16
4.	Achtergrond informatie.....	17
4.1.	DMA.....	17
4.2.	Programmed I/O en Interrupted I/O	18
4.3.	PCI.....	21
4.4.	Blackmagic DMA.....	22
4.5.	Interrupts.....	23
5.	Bijlagen	24
5.1.	Kernel aanroepen binnen de functies.	24
5.2.	Blackmagic_open.....	26
5.3.	Blackmagic_ioctl	27
5.4.	Documentbeheer	29
6.	Verwijzingen	30
6.1.	Gebruikte tabellen en afbeeldingen.....	31

1. Inleiding

Dit document bevat de beschrijving van de reverse engineering voor het project “Ontwikkelen Linux driver voor Blackmagic video capturekaart”. Ook worden in dit document de resultaten van de reverse engineering weergegeven. Dit document geeft naast de reverse engineering ook achtergrond informatie over de huidige driver, DMA en interrupts.

In dit document zal de term zender worden gebruikt ter aanduiding van de kerkzender zoals deze door DCT Net en haar klanten wordt gebruikt.

Functie aanroepen en parameters zullen in dit document *cursief* worden weergegeven.

2. Reverse engineering beschrijving

Omdat er geen informatie beschikbaar wordt gemaakt over de Blackmagic DeckLink Studio capturekaart of het object bmd-support.o, moet de werking worden achterhaald door middel van reverse engineering. Met het uitvoeren van reverse engineering moet voldoende informatie beschikbaar komen om de driver compatible te maken met het Video4Linux2 framework. Omdat het doel is compatibiliteit met het Video4Linux2 framework te verkrijgen en niet de huidige driver te vervangen zal tijdens dit project de driver worden onderzocht en niet worden gekeken hoe de aansturing op de hardware niveau is.

Allereerst zijn de functies (symbols) in de bmd-support.o opgezocht in het object. Met deze informatie wordt inzichtelijk welke functies er in dit object bmd-support.o zitten. Hiermee kan in de beschikbare source files bijvoorbeeld blackmagic_core.c worden gecontroleerd of een functie in het object zit of in een andere source file.

Via het programma nm worden de symbols weergegeven van een object. Door te kijken naar de symbols die in de text section zitten kan worden achterhaald welke functies er in dit object zitten. Het gebruikte commando hiervoor is “nm bmd-support.o | grep "T " | cut -d ' ' -f 3 | grep -v _Z | grep -v __” [1].

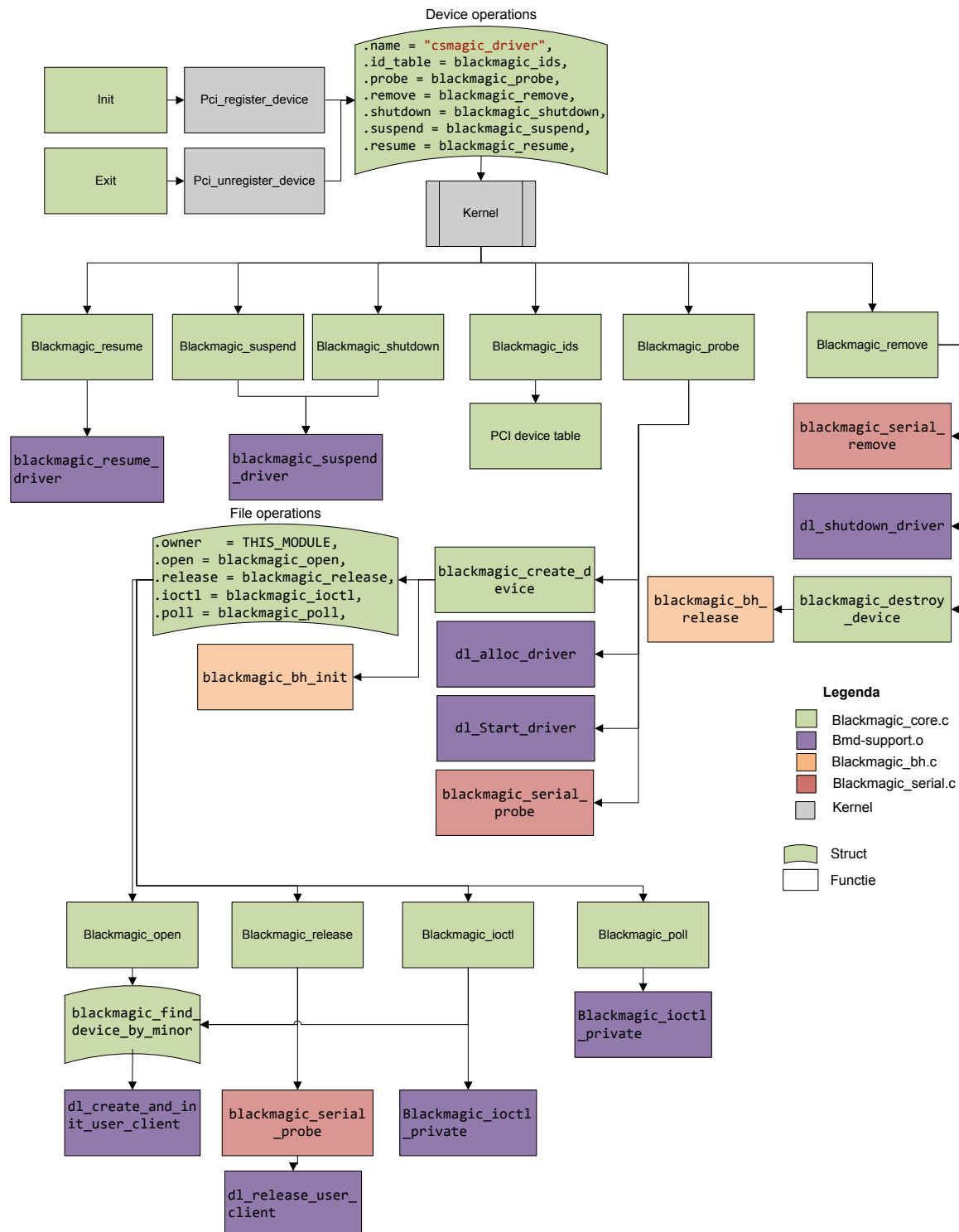
De geëxporteerde symbolen van de bmd-support.o zijn:

- DefaultVideoOutputConversionModeForFlags
- Enable444OutputOkWithPrefsFlagsPorts
- IsDigitalBmdVideoFormat
- IsSdBmdVideoFormat
- IsVideoOutputDownConversionMode
- VideoOutputConversionModeSupportedByFlags
- blackmagic_ioctl_private
- blackmagic_resume_driver
- blackmagic_serial_clear_rx_buffer
- blackmagic_serial_read_byte_priv
- blackmagic_serial_read_len_priv
- blackmagic_serial_write_byte_priv
- blackmagic_serial_write_byte_size_priv
- blackmagic_suspend_driver
- dl_alloc_driver
- dl_create_and_init_user_client
- dl_driver_do_poll
- dl_interrupt_bh_handler
- dl_interrupt_handler
- dl_release_user_client
- dl_shutdown_driver
- dl_start_driver

Het verkrijgen van deze symbolen(functies) is geen must, maar helpt wel bij de beeldvorming over welke functies vanuit een source file in het object worden aangeroepen.

2.1. Driver structuur

In deze paragraaf wordt de structuur en de samenhang van de blackmagic_core.c uiteen gezet. Hier wordt gekeken naar de samenhang van diverse functies en de relatie met andere source files. Dit is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Samenhang vanuit de blackmagic_core.c

In Figuur 1 is vastgelegd wat de samenhang is tussen de diverse functies en de source files waarvan de Blackmagic driver gebruik maakt. De functies bevinden zich in de source bestanden/kernel zoals in

de legenda is weergegeven. In de `blackmagic_core.c` is de `module_init` en `module_exit` te vinden. Deze entry points zorgen voor de juiste aanroep voor laden en verwijderen van de driver. De functie `pci_register_device` registreert de PCI functies terwijl `pci_unregister_device` het device verwijdert. Deze kernel functies zijn voor het starten en stoppen van de driver noodzakelijk en daarom zijn deze hier weergegeven. Omdat de device operations worden aangeroepen door een kernel actie, is de kernel tussen de functies en de device operations weergegeven.

Vanuit de `blackmagic_probe` wordt een call gedaan naar de functie `blackmagic_create_device`. In deze functie wordt het miscellaneous character device geregistreerd. In de functie `blackmagic_create_device` wordt een call gedaan naar de functie `blackmagic_bh_init` die de initialisatie voor de bottom-half handler voor zijn rekening neemt. Ook worden in de `blackmagic_create_device` functie de file operations aan het character device toegevoegd. Een file operation is bijvoorbeeld de `blackmagic_ioctl` of de `blackmagic_open`.

Vervolgens wordt er vanuit de `blackmagic_probe` een call gedaan naar de functie `blackmagic_serial_probe`. Deze functie bevindt zich in de `blackmagic_serial.c`, en zorgt ervoor dat de serial interface van de capturekaart wordt geïnitieerd. Vervolgens worden de `dl_alloc_driver` en de `dl_start_driver` aangeroepen in het `bmd-support.o` object. Hierna is de cyclus van de functie `blackmagic_probe` afgerond. De kernel functies zijn in dit overzicht weggelaten omdat deze niet relevant zijn voor deze context. Het volledige overzicht is te vinden in paragraaf 5.1.

2.2. Data in de systeemlog vastleggen

In de source file `blackmagic_core.c` worden de I/O controls uitgevoerd die de aansturing verzorgen van de Blackmagic capturekaart. Dit gebeurt in de functie `blackmagic_ioctl` die tijdens het laden van de driver wordt geregistreerd als `file_operation`. Vanuit de functie `blackmagic_ioctl` wordt een aanroep gedaan naar de functie `blackmagic_ioctl_private` die is gedefinieerd in de `bmd-support.o`.

Ondanks dat de daadwerkelijke implementatie in de functie `blackmagic_ioctl_private` niet bekend is kan hier wel worden achterhaald wat de commando's zijn die naar de deze functie worden gestuurd. De `blackmagic_ioctl` fungeert als wrapper voor het doorzetten van I/O controls naar de `blackmagic_ioctl_private`. In de functie `blackmagic_ioctl` is diagnostische code toegevoegd waardoor de commando's en de bijbehorende data in de systeemlog worden geschreven.

Het loggen van de commando's gebeurt door de functie `dl_printk`. De volledig gebruikte syntax dat is gebruikt is `dl_printk(DL_MSG "blackmagic ioctl cmd=0x%X arg=0x%X [%X] -> [%X]\n", cmd, arg, ervoor, erna);`

De `dl_printk` is gebaseerd op de kernel functie `vprintk`, echter is het verschil dat de `dl_printk` een `\n` na de regel invoegt. Door de `\n` wordt de regel afgesloten waardoor de volgende logregel op een nieuwe regel begint.

De `blackmagic_ioctl` heeft als input een struct `file`, een unsigned int, en een unsigned long. Deze functie wordt aangeroepen via de `ioctl` methode waarmee de driver zich heeft geregistreerd.

- **Ddev:** Hiermee wordt de device structure meegegeven.
- **Filp:** Dit is een file struct die een file descriptor representeert. Deze pointer wordt aangemaakt door de kernel wanneer een open van het apparaat wordt uitgevoerd. Deze file pointer bevat onder andere de file_operaties en de private data voor de driver [2].
- **Cmd:** is het unsigned int commando dat wordt gebruikt om de hardware aan te sturen. Dit commando kan dus variëren.

- **Arg:** wordt doorgegeven in de vorm van een unsigned long ongeacht of er een integer of een pointer wordt meegegeven [3].

Met de kernel functie `copy_from_user` wordt buffer arg naar de integer ervoor of erna in kernel space geschreven. Door de waarden voor en na het uitvoeren van de I/O control bij te houden kan worden geconstateerd of de waarde in de buffer is gewijzigd. Dit kan dan duiden op een lees of schrijf actie.

Het programma `bmdcapture` is een applicatie die is geleverd door Blackmagic en is aangepast door CS Engineering om de videodata via de API te verkrijgen en voor deze video data een `video4linux2` header te plaatsen. Echter worden door het starten van de capture dermate veel I/O controls in de systeemlog geschreven dat het niet te herleiden is welke betekenis een I/O control heeft.

2.3. Bmdcapture

Door Blackmagic is een programma genaamd bmdcapture meegeleverd. Dit programma maakt gebruik van de Blackmagic API. Via het programma bmdcapture kan bijvoorbeeld het captureren van video worden gestart met diverse parameters. Zo kan een andere resolutie worden gekozen, een andere framerate, een andere interface voor input of een bestand om de output naar te schrijven.

Door de video te captureren via het programma bmdcapture worden de uitgevoerde I/O controls naar de systeemlog geschreven. Dit komt doordat via de API de functie *blackmagic_ioctl* wordt aangeroepen. Omdat dit programma diverse functies achter elkaar uitvoert is het niet eenvoudig te achterhalen welke I/O controls bij een API aanroep behoort en dus ook niet welke I/O control bij welke functie in de bmd-support.o behoort.

Om te kunnen achterhalen welke I/O controls bij een functie horen is het programma capture aangepast waardoor deze kan worden gestart met parameters. Door het parameteriseren van dit programma kunnen gerichter functies uit de API worden uitgevoerd om de I/O controls te achterhalen die bij een API functie horen. Wanneer het programma capture wordt aangeroepen zonder parameters zal alleen de setup van de capturekaart worden uitgevoerd. Dit gebeurt wanneer de API functie *CreateDeckLinkIteratorInstance* wordt aangeroepen. Wat de functie *CreateDeckLinkIteratorInstance* precies doet is ook niet bekend omdat deze in de bibliotheek libDeckLinkAPI.so zit. Ook over deze bibliotheek is geen informatie bekend anders dan de beschrijving van de API functies. De parameters waarmee het programma Capture kan worden gestart is weergegeven in Tabel 2.

Capture parameter	API functie	Parameters
	<i>CreateDeckLinkIteratorInstance()</i>	
GetModelName	<i>deckLink->GetModelName()</i>	deckLinkModelName
setbmdVideoConnectionSDI	<i>deckLinkConfig->SetInt()</i>	<i>bmdDeckLinkConfigVideoInputConnection</i> , <i>value</i>
getbmdVideoConnection	<i>deckLinkConfig->GetInt()</i>	""
setbmdVideoConnectionComposite	<i>deckLinkConfig->SetInt()</i>	""
setbmdVideoConnectionComponent	<i>deckLinkConfig->SetInt()</i>	""
setbmdVideoConnectionHDMI	<i>deckLinkConfig->SetInt()</i>	""
setbmdVideoConnectionOpticalSDI	<i>deckLinkConfig->SetInt()</i>	""
setbmdVideoConnectionSVideo	<i>deckLinkConfig->SetInt()</i>	""
getDisplayModeName	<i>deckLinkInput->GetDisplayModelIterator()</i>	<i>displayModelIterator</i>
doesSupportVideoMode	<i>deckLinkInput->DoesSupportVideoMode()</i>	<i>selectedDisplayMode</i> , <i>pixelFormat</i> , <i>bmdVideoInputFlagDefault</i> , <i>&result</i> , <i>NULL</i>
getdisplyModeFlags	<i>displayModelIterator->Next()</i>	<i>displayMode</i>
enableVideoInput	<i>deckLinkInput->EnableVideoInput()</i>	<i>selectedDisplayMode</i> , <i>pixelFormat</i> , <i>inputFlags</i>
enableAudioInput	<i>deckLinkInput->EnableAudioInput()</i>	<i>bmdAudioSampleRate48kHz</i> , <i>g_audioSampleDepth</i> , <i>g_audioChannels</i>
enableAV	<i>deckLinkInput->EnableAudioInput()</i> <i>deckLinkInput->EnableVideoInput()</i>	<i>bmdAudioSampleRate48kHz</i> , <i>g_audioSampleDepth</i> , <i>g_audioChannels</i> , <i>selectedDisplayMode</i> , <i>pixelFormat</i> , <i>inputFlags</i>

Tabel 2 Capture parameters voor API functie aanroep

Wanneer het programma capture wordt aangeroepen zonder parameters zal altijd de functie *CreateDeckLinkIteratorInstance* worden aangeroepen. Hiermee wordt de initiële setup van de capturekaart uitgevoerd. Het vervolg van de applicatie is echter afhankelijk van de parameters die zijn meegegeven aan het programma Capture.

Als het programma Capture wordt uitgevoerd zonder parameters en alleen de initialisatie van de capturekaart wordt uitgevoerd, dan is het resultaat in de systeemlog zoals in Voorbeeld 1 weergegeven.

```
cmd=0x10000 arg=0xBF9DD49C [0] -> [BB]
cmd=0x99A arg=0xBF9DD424 [10000] -> [0]
cmd=0x10000 arg=0xBF9DD554 [BF9DD564] -> [BB]
cmd=0x990 arg=0x9FF23A4 [0] -> [7EA000]
cmd=0x940 arg=0xBF9DD5FC [B7478710] -> [A120]
cmd=0x10000 arg=0xBF9DD654 [9FF2390] -> [BB]
cmd=0x990 arg=0x9FF23A4 [0] -> [7EA000]
cmd=0x994 arg=0xBF9DD734 [0] -> [1]
cmd=0x990 arg=0x9FF2530 [72657620] -> [7EA000]
cmd=0x990 arg=0xBF9DD33C [B75E1FF4] -> [7EA000]
cmd=0x990 arg=0xBF9DD33C [B751A9EF] -> [7EA000]
```

Voorbeeld 1 systeemlog van het initialiseren van de capturekaart

In Voorbeeld 1 is de systeemlog te zien van het initialiseren van de capturekaart. Blijkbaar heeft het initialiseren van deze capturekaart al meerdere I/O controls ten gevolge. De log uit voorbeeld 4 kan naast de log in Voorbeeld 2 worden gelegd om het verschil te zien.

Wanneer het programma capture wordt aangeroepen met het argument *doesSupportVideoMode* zal de bijbehorende functie worden aangeroepen. Hierdoor wordt in de API *deckLinkInput->DoesSupportVideoMode* aangeroepen.

In Voorbeeld 2 is de log weergegeven zoals deze is verkregen door de initialisatie van de capturekaart en het uitvoeren van de functie *doesSupportVideoMode*.

```
cmd=0x10000 arg=0xBF80511C [0] -> [BB]
cmd=0x99A arg=0xBF8050A4 [10000] -> [0]
cmd=0x10000 arg=0xBF8051D4 [BF8051E4] -> [BB]
cmd=0x990 arg=0x937A3A4 [0] -> [7EA000]
cmd=0x940 arg=0xBF80527C [B74B3710] -> [A120]
cmd=0x10000 arg=0xBF8052D4 [937A390] -> [BB]
cmd=0x990 arg=0x937A3A4 [0] -> [7EA000]
cmd=0x994 arg=0xBF8053B4 [0] -> [1]
cmd=0x990 arg=0x937C5B0 [0] -> [7EA000]
cmd=0x990 arg=0xBF804FBC [B761CFF4] -> [7EA000]
cmd=0x990 arg=0xBF804FBC [B75559EF] -> [7EA000]
cmd=0xA06 arg=0xBF805334 [9] -> [9]
```

Voorbeeld 2 logging van het initialiseren + *doessupportdisplaymode*

In Voorbeeld 2 is het resultaat na het uitvoeren van het programma capture met de parameters *doesSupportVideoMode 1215312441* weergegeven. Nu kan worden geconstateerd dat wanneer de functie *deckLinkInput->DoesSupportVideoMode* wordt uitgevoerd dit in de systeemlog wordt vermeld als: *cmd=0xA06 arg=0xBF805334 [9] -> [9]*. De waarde 9 staat in dit geval voor de gekozen display mode 1215312441. Dit resultaat is vastgelegd in Tabel 5.

De waarde voor de displaymode is op zijn beurt weer verkregen door de functie *displayModegetName* aan te roepen. Deze functie itereert door alle beschikbare displaymodes die de capturekaart ondersteund en print deze naar de actieve terminal. Door de API functie *doesSupportVideoMode* uit te voeren met alle mogelijke combinaties kunnen de waarden voor de displaymode worden achterhaald. Deze gegevens zijn vastgelegd in Tabel 5.

Door alle functies in het programma Capture op te splitsen zijn de mogelijke I/O controls in kaart gebracht en in hoofdstuk 3 weergegeven.

2.4. Object dump

Om meer informatie te verkrijgen over de I/O controls is een dump gemaakt van het object bmd-support.o. Door het commando "objdump -D bmd-support.o > disassembly.txt" uit te voeren wordt bmd-support.o omgezet naar assembler code en direct in het bestand disassembly.txt gezet. Deze code is redelijk leesbaar en wordt gebruikt om extra informatie over een I/O control te verkrijgen. Onder Linux worden kernel functies niet aangeroepen door variabelen via de stack mee te geven, maar door deze via registers door te geven.

In Tabel 3 zijn enkele registers te zien die worden gebruikt bij een 32bits Intel architectuur.

Register	Functie
%ecx	Arg
%edx	Cmd
%esi	filp->private_data
%edi	ddev->driver

Tabel 3 Registers

In Tabel 3 zijn de registers uit de assemblercode bij de aanroep naar blackmagic_ioctl_private weergegeven. Deze kennis van de registers is noodzakelijk om de assemblercode te kunnen begrijpen.

De GCC compiler koppelt de parameters zoals deze volgordelijk bij de functie aanroep voorkomen aan de daarbij behorende registers.

blackmagic_ioctl_private(ddev->driver, filp->private_data, cmd, arg);

Zoals eerder is aangegeven is door middel van een disassembler objdump assembler code verkregen. Om de functienamen en de te schrijven/lezen bytes te achterhalen is gekeken naar assemblercode. Hieronder worden de stappen beschreven die zijn uit gevoerd om deze resultaten te verkrijgen.

- Het ioctl commando is de 3^e parameter van de aanroep bmd_ioctl_private. Dit betekent dat de numerieke waarde op het moment van de aanroep te vinden is in register %edx.
- In de gedisassembleerde code van de bmd_support.o kan nu worden gezocht naar instructies waarvan de inhoud van het register %edx wordt vergeleken.
8dc: 81 fa 10 09 00 00 cmp \$0x910,%edx
8e2: 0f 84 c5 0b 00 00 je 14ad <blackmagic_ioctl_private+0x14ad>
- blackmagic_ioctl_private+0x14ad geeft aan dat de functie die de implementatie van ioctl commando 0x910 bevat, begint op offset van 14ad van blackmagic_ioctl_private.
14ad: 8b 3d 00 00 00 00 mov 0x0,%edi
- Door het aanroepen van dl_access_ok met de parameter bmd_verify_read wordt in dit geval gekeken of een blok geheugen van 4 bytes in user-space valide is [4].
dl_access_ok is een wrapper voor de functie access_ok en is gedefinieerd in blackmagic_lib.c
- Diverse registers worden geladen om te gebruiken voor de aanroep van de functie videoInputOn
14f0: e8 00 00 00 00 call 14f5 <blackmagic_ioctl_private+0x14f5>
14f1: R_X86_64_PC32_ZN15UserClientClass12videoInputOnEj+0xffffffffffffc
- Vervolgens worden 4 bytes met de call __dl_copy_from_user in kernel-space geplaatst.

Aan de ioctl 0x910 kan de mangled symbolische naam UserClientClass::videoInputOn worden toegekend. Op deze wijze was het mogelijk om Tabel 4 aan te vullen met de functie namen. De functie namen geven een beeld van wat een I/O control doet.

Om te controleren of de data grootte uit de assemblercode informatie gelijk is aan de daadwerkelijke data grootte is in het source bestand `blackmagic_lib.c` aan de functie `dl_access_ok` een logregel toegevoegd. De toegevoegde regel is `dl_printk(DL_MSG "access_ok: type=%d addr=0x%X size=%d", type,addr,size);`.

Door nu afzonderlijk de commando's in de I/O control aan te roepen wordt de grootte van de buffer in de systeemlog gezet. Hiermee kan worden bepaald of de verkregen informatie inderdaad juist is.

Indien de type 1 is betreft het hier een `VERIFY_WRITE`, betreft het hier een 0 dan betreft het hier een `VERIFY_READ`. Dit zijn definities die zijn te vinden in de header `uaccess.h` van de linux-source.

3. Blackmagic I/O controls

In dit hoofdstuk wordt de mapping tussen de diverse BlackMagic functies en de I/O controls weergegeven voor zover deze achterhaald kunnen worden. Deze gegevens zijn verkregen door in de functie “`static long blackmagic_ioctl(struct file *filp, unsigned int cmd, unsigned long arg)`” logregels toe te voegen. Dit staat beschreven in paragraaf 2.2.

Door diverse commando's via het programma Capture uit te voeren (waaronder *doessupportdisplaymode()*) kon de onderstaande lijst worden vastgesteld. Deze lijst zal worden gebruikt om een mapping te maken tussen de video4linux2 I/O controls en de Blackmagic I/O controls. De uitkomsten die met zekerheid zijn vastgesteld zijn in Tabel 4 is vastgelegd.

Functienaam	Cmd	Value	Size	Type	Opmerking
UserClientClass::videoInputOn	0X910		4	Read	
UserClientClass::videoInputOff	0X911	0			Het argument komt ook voor in 0x937 0x93A 0x919
VideoInputSupportClass::setVideoInputDisplayMode	0X912	Zie Tabel 5 Displaymode waarden	12	Read	
VideoInputSupportClass::getVideoInputFrameBufferSizeForMode	0X913	Zie Tabel 5 Displaymode waarden	16	Write	
UserClientClass::provideFrameForVideoInput::BlackmagicVideoInputFrameParamsRec	0X914		32	Read	
UserClientClass::getCompletedInputFrame::BlackmagicVideoInputCompletedFramePrivateDescriptor	0X916		160	Write	
UserClientClass::getFlushedInputFrames	0X917		12	Write	Bevat een pointer naar het argument van 0x912 en 0x913.
BlackmagicCommandGateClass::acquireLock	0X919	Heeft na 0x912 en 0x913 als arg 0x waarde van de displaymode	-		
UserClientclass::audioInputstart	0X936	Waarde van de audio channels, 2, 8, 16	12	Read	
UserClientClass::audioInputStop	0X937	0	-		

UserClientClass::audioInputReadSamplesEP::BlackmagicAudioInputReadParamsP::BlackmagicAudioInputReadResult	0X938		40	Write	Komt alleen voor bij video en audio enabled
UserClientClass::audioInputFlushBufferedSamples	0X93A		-		
UserClientClass::getGenlockTimingOffset	0X940	0X15FD7C 0X587F84	4	Write	
UserClientClass::setVideoInputFormat	0X945	Zie Tabel 6 Videomode waarden	4	Read	
UserClientClass::get444And3GBpsOutput	0X946	Zie Tabel 6 Videomode waarden	4	Write	
UserClientClass::getVideoInputDownconversionMode	0X97F	EFF	4	Write	
UserClientClass::getDeviceHardwareDescription::BlackmagicHardwareDescription	0X990		88	Write	
UserClientClass::isHardwareUsable	0X994	0 - > 1	4	Write	
UserClientClass::audioInputFlushBufferedSamples	0X93A		-		
UserClientClass::getSubDeviceInfo	0X99A	10000 -> 0	12	Write	
UserClientClass::getGenlockTimingOffset	0X10000	Gic/card0	4	Write	
VideoInputSupportClass::doesSupportVideoInputMode	0XA06	Zie Tabel 5 Displaymode waarden	8 4	Read Write	Bepaal of een resolutie wordt ondersteund
Driver open			88		

Tabel 4 Mapping functies en I/O controls

In Tabel 4 worden functienamen met hun waarden weergegeven. Deze gegevens zullen worden gebruikt om een mapping te kunnen maken voor de I/O controls van het Video4Linux2 framework.

Wanneer de type de waarde READ heeft, betekent dit dat er in de functie dl_access_ok een VERIFY_READ wordt uitgevoerd. Is deze waarde WRITE dan wordt er een VERIFY_WRITE uitgevoerd in de dl_access_ok.

In de Tabel 5 zijn de resultaten voor de displaymodes weergegeven.

Waarde	Displaymode	Hexadecimaal	Tekst	Mode	Frames
5	842231923	32337073	23ps	1080 p	23.98
7	842297459	32347073	24ps	1080 p	24
8	1215312437	48703235	Hp25	1080 p	25
9	1215312441	48703239	Hp29	1080 p	29.97
A	1215312688	48703330	Hp30	1080 p	30
B	1214854448	48693530	Hi50	1080 i	50
C	1214854457	48693539	Hi59	1080 I	59.94
D	1214854704	48693630	Hi60	1080 I	60
11	1752184112	68703530	Np50	720 P	50
12	1752184121	68703539	Np59	720 P	59.94
13	1752184368	68703630	Np60	720 P	60

Tabel 5 Displaymode waarden

De gegevens in de Tabel 5 bevatten de waarde zoals deze door de driver wordt gebruikt. De waarde komt overeen met de waarde van het commando 0x912 of 0x913 dat wordt gebruikt voor het instellen of verkrijgen van displaymodes. De waarde in het veld display mode is de numerieke representatie van de mode in combinatie met de bijbehorende frames.

Om de waarden in de kolom tekst te krijgen is de displaymode omgezet naar een hex representatie. Deze waarden zijn vervolgens opgezocht in een ASCII tabel [5]. Hieruit zijn de waarden uit de tekst kolom tot stand gekomen. Deze waarden komen overeen met de gevonden gegevens. De P staat voor Progressive en I voor Interlaced. Dit zijn methoden voor het opbouwen van beeld. Bij progressive scanning worden alle frames op volgorde gewijzigd. Bij interlaced scanning bevatten de oneven frames de oneven beeldlijnen en de even frames de even beeldlijnen. Elk frame bevat bij interlaced scanning dus de helft van de informatie als bij progressive scanning [6].

In Tabel 6 de beschikbare interfaces weergegeven. Deze gegevens worden gebruikt voor het selecteren van de juiste input interface voor de capturekaart.

Waarde	VideoMode
0	SDI
1	HDMI
2	Component
3	Composite
4	Svideo
	setbmdVideoConnectionOpticalSDI

Tabel 6 Videomode waarden

De waarden in de bovenstaande tabel horen bij het commando 0x945. Bij `setbmdVideoConnectionOpticalSDI` is geen waarde geretourneerd. Dit komt doordat deze interface niet wordt ondersteund door deze capturekaart.

3.1. Verwerken informatie

De verkregen informatie wordt zoals aangegeven gebruikt om een mapping te maken tussen de Video4Linux2 I/O controls en de Blackmagic I/O controls. Wanneer een Video4Linux2 functie wordt aangeroepen wordt de waarde van de betreffende I/O control opgezocht in de Blackmagic mapper (Deze functie dient nog te worden geïmplementeerd). Bijvoorbeeld wanneer door FFmpeg de resolutie wordt ingesteld, zal dit worden opgeslagen in de driver. Echter wanneer de driver in streaming mode wordt gezet, moet worden gekeken of de resolutie overeenkomt met een resolutie die wordt ondersteund door de capturekaart. Vervolgens zal de bijbehorende Blackmagic I/O control worden opgezocht en zal de juiste waarde in de buffer worden gezet. Deze buffer dient wel aangemaakt te worden in userspace. Hierna wordt de Blackmagic I/O control met het bijbehorende argument aan de `blackmagic_ioctl` struct doorgegeven.

4. Achtergrond informatie

In dit hoofdstuk wordt achtergrond informatie gegeven die noodzakelijk en/of gewenst is voor het uitvoeren van de reverse engineering

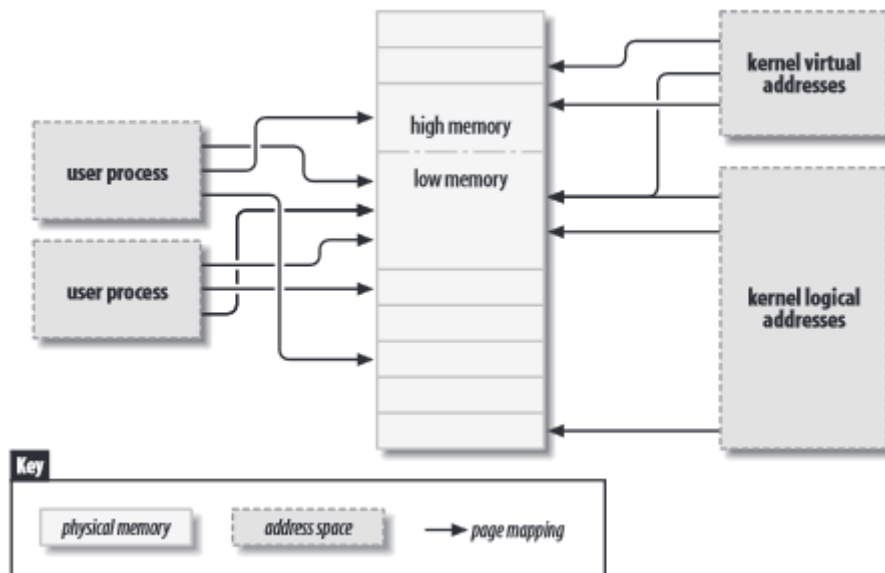
4.1. DMA

De Blackmagic DeckLink Studio capturekaart maakt gebruik van DMA(Direct Memory Access). Dit hoofdstuk beschrijft hoe DMA werkt en wat het betekent voor de nieuw te ontwikkelen driver.

DMA is een functie waarmee hardware direct in het geheugen kan lezen en schrijven zonder tussenkomst van de CPU(Central Processing Unit). Dit wordt hier beschreven als achtergrond informatie.

4.1.1. Geheugen

Binnen het Linux memory management wordt onderscheid gemaakt tussen high memory en low memory dit wordt weergegeven in Figuur 2.

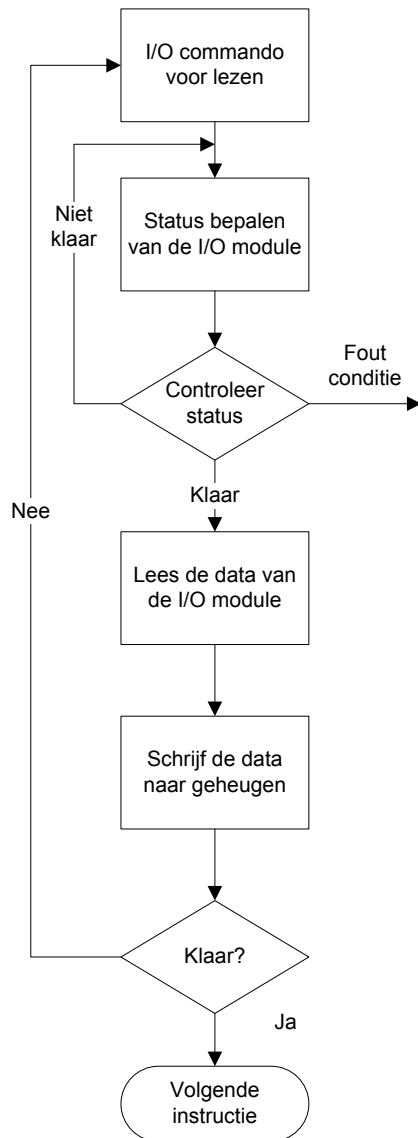


Figuur 2 High and low memory [7]

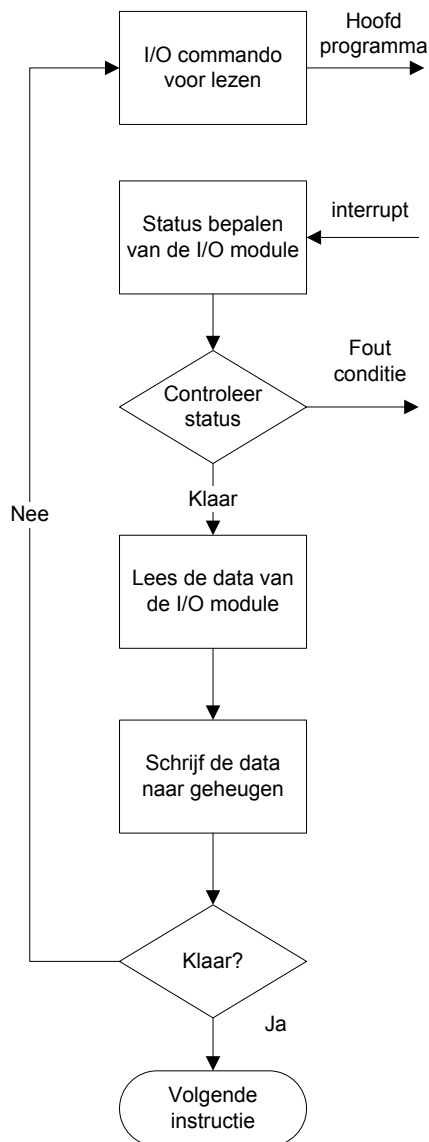
Linux splitst het beschikbare geheugen, bijvoorbeeld wanneer een 32 bits systeem 4GB beschikbaar geheugen heeft, wordt 3GB 75% beschikbaar gesteld voor de user space. De overige 1GB 25% wordt gebruikt door de kernel. Is er meer geheugen nodig dan de 1GB, is het systeem in staat een mapping uit te voeren waardoor het low memory kan beschikken over adressen in het high memory [8].

4.2. Programmed I/O en Interrupted I/O

DMA is een verbetering van het programmed I/O waarbij de CPU de initiator is voor het benaderen van geheugen. Wanneer de CPU sneller is dan het I/O apparaat, moet de CPU wachten tot het I/O apparaat klaar is. Dit is een inefficiënte manier voor het benaderen van het geheugen. Hier wordt achtergrond informatie geschetst over programmed I/O en interrupted I/O. Dit is weergegeven in Figuur 3 en Figuur 4.



Figuur 3 Programmed I/O



Figuur 4 Interrupted I/O

Wanneer met programmed I/O een apparaat in het geheugen wil schrijven, worden de volgende stappen uitgevoerd.

1. De CPU doet door een instructie een I/O verzoek naar een module
2. De I/O module voert het opgegeven commando uit
3. De CPU controleert of het commando is afgerond
4. De CPU leest de data van de I/O module en plaatst dit in het geheugen
5. Is de taak afgerond kan de CPU door met andere taken.

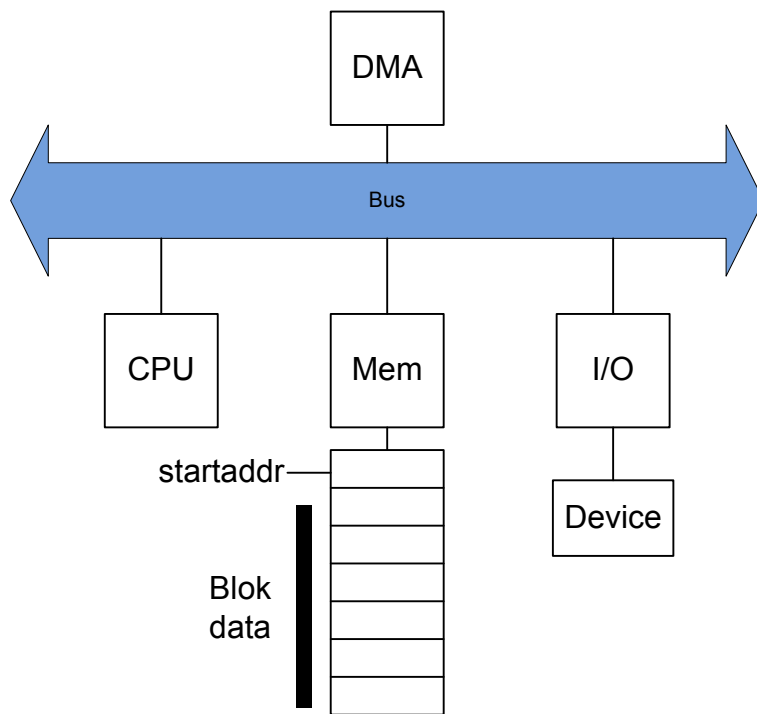
Interrupted I/O is een verbetering ten opzichte van Programmed I/O. Dit omdat de CPU door kan gaan met de instructies terwijl het wordt genotificeerd door de I/O module.

1. De CPU doet door een instructie een I/O verzoek naar een module en gaat door met het programma
2. De I/O module stuurt een interrupt naar de CPU wanneer deze klaar is met het commando
3. De CPU controleert of er een error is opgetreden
4. De CPU plaatst de data van de I/O module in het geheugen
5. En is de taak afgerond, kan de CPU weer door met het hoofdprogramma

In verband met efficiëntie wordt DMA door steeds meer apparaten ondersteund waaronder:

- Harde schijf controllers
- Grafische kaarten
- Netwerk kaarten
- Geluidskaarten

Zoals de naam Direct Memory Access al aangeeft wordt een device in staat gesteld direct in het geheugen een blok data te schrijven. In Figuur 5 is globaal weergegeven hoe de DMA werkt.



Figuur 5 DMA

Om DMA te kunnen gebruiken is een DMA controller vereist. Deze controller zit aan de bus gekoppeld. DMA kan worden gebruikt wanneer de CPU de bus niet in gebruik heeft. Maar de DMA controller is ook in staat om de bus te claimen wanneer het nodig is. Dit wordt ook wel “cycle stealing” genoemd.

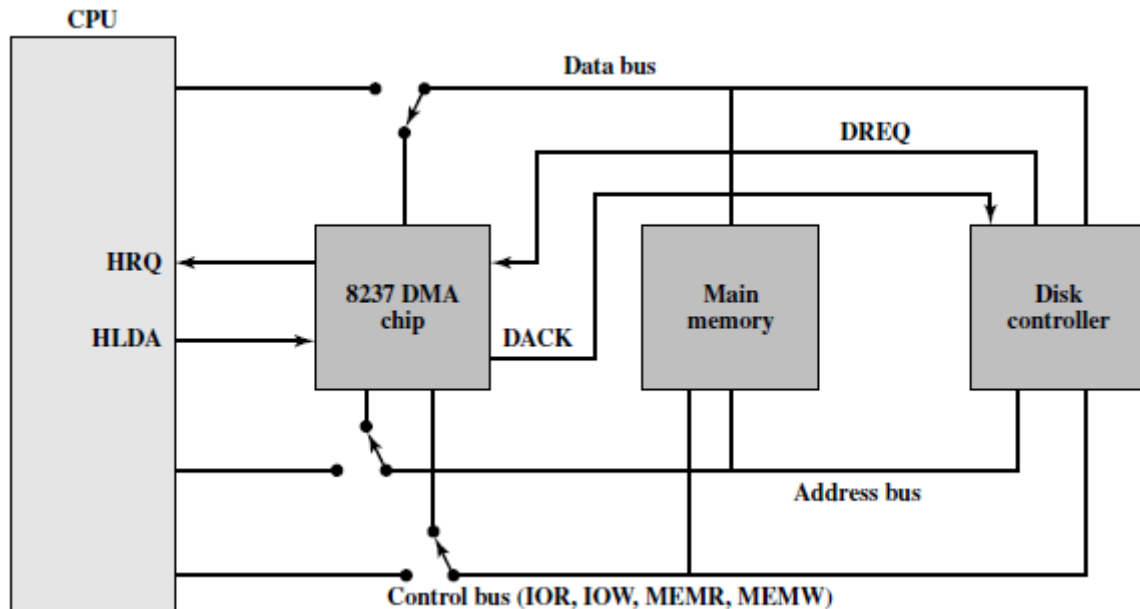
Het proces van DMA gaat als volgt:

1. De CPU geeft een commando aan de DMA controller. Dit kan zijn lezen of schrijven. Ook wordt de volgende informatie door de CPU meegestuurd.
 - a. Het adres van de I/O module
 - b. De start locatie in het geheugen waar naartoe geschreven moet worden of moet worden gelezen
 - c. Het aantal bytes dat in het geheugen moet worden geschreven
2. De CPU gaat door met de andere taken die uitgevoerd moeten worden
3. De DMA module verplaatst het data blok van de I/O module naar het geheugen (of omgekeerd)
4. Wanneer de dataoverdracht heeft plaatsgevonden stuurt de DMA controller een interrupt naar de CPU

De CPU is bij het gebruik van DMA alleen aan het begin en het einde betrokken in het DMA proces.

Voor DMA worden onder andere de volgende statussen gebruikt:

- DACK - DMA acknowledge
- DREQ - DMA request
- HLDA - HOLD acknowledge
- HRQ - HOLD request



Figuur 6 Voorbeeld van een DMA proces [9]

In het onderstaande scenario wordt data naar de disk controller geschreven. Dit scenario hoort bij Figuur 6.

1. De Disk controller doet een DMA request naar de DMA controller
2. De DMA Controller stuurt een HRQ (hold request) naar de CPU.
3. Wanneer de CPU de gewenste bus niet meer gebruikt wordt er een HLDA (hold acknowledge) naar de DMA controller gestuurd.
4. De DMA controller stuurt een DACK (DMA acknowledge) naar de disk controller
5. De DMA controller stuurt het adres van de eerste byte naar de disk controller en wordt de MEMR geactiveerd waardoor data uit het geheugen naar de disk controller kan worden gestuurd
6. Wanneer de data is overgedragen wordt er een HRQ gestuurd door de DMA controller waarmee de CPU weer de controle over de bus krijgt [10].

4.3. PCI

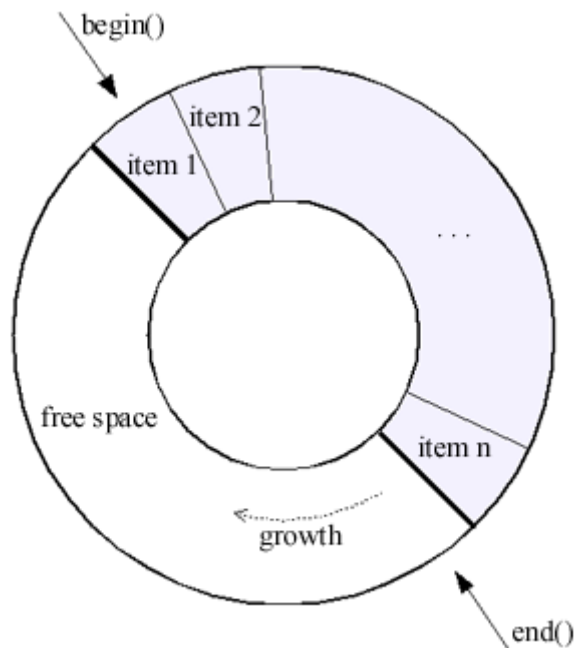
Ook apparaten aangesloten op een PCI bus kunnen gebruik maken van DMA. Echter is de werking hiervan iets afwijkend dan wat hierboven is beschreven. In plaats van de DMA controller te raadplegen zal een PCI apparaat het verzoek doen om een BUS master te worden. Wanneer een PCI apparaat dus in het geheugen wil schrijven of lezen zal het apparaat verzoeken master te worden op de bus.

Als het PCI apparaat bus master is geworden heeft deze de mogelijkheid direct in het geheugen te lezen of te schrijven. Een PCI apparaat maakt dan ook geen gebruik van de DMA controller zoals hierboven is beschreven.

De Blackmagic DeckLink Studio capturekaart maakt gebruik van DMA waardoor het in staat is snel data in het geheugen te plaatsen of te lezen.

4.4. Blackmagic DMA

Wanneer de Blackmagic driver een DMA setup uitvoert worden er 30 buffers aangemaakt. Bij het ontvangen van een frame wordt de betreffende data in een buffer geplaatst. Nadat de data is verwerkt wordt de buffer weer geleegd. Hierdoor kan nieuwe data in de buffer worden geschreven. Dit proces wordt weergegeven in Figuur 7.



Figuur 7 Circulair Buffer [11]

In Figuur 7 is te zien hoe de buffer wordt gebruikt. Er wordt een bepaalde buffer grootte gereserveerd. Naarmate er data wordt verzameld wordt dit in de buffer geplaatst en naar het geheugen geschreven. De data zal op een bepaalde tijd uit de buffer worden gehaald waarna de buffer weer zal worden geleegd. Nadat de data uit de buffer is geleegd kan deze weer worden gebruikt door het systeem.

Blackmagic maakt gebruik van streaming DMA. Dit is te herkennen doordat in de `blackmagic_dma.c` de kernel functie `pci_map_single(pdev, address, size, direction)` wordt gebruikt [12]. De `direction` geeft de richting aan waarin de data geschreven moet worden. Deze waarden kunnen zijn:

- `PCI_DMA_TODEVICE`
- `PCI_DMA_FROMDEVICE`
- `PCI_DMA_BIDIRECTIONAL`
- `PCI_DMA_NONE`

4.5. Interrupts

Wanneer de Blackmagic DeckLink Studio capturekaart data in het geheugen heeft geschreven wordt er door het systeem een interrupt gestuurd naar de interrupt handler. Hierdoor weet uiteindelijk de driver dat er data kan worden gelezen uit het geheugen. Voor interrupts wordt gebruik gemaakt van een “Bottom half” en een “top half” interrupt handler.

De top half interrupt handler reageert daadwerkelijk op de interrupt. De afhandeling van deze interrupt mag niet lang duren omdat hiermee het risico bestaat dat het systeem vastloopt. De bottom half handler kent dit probleem niet. Deze handler heeft een queue waar interrupts in worden geplaatst die niet direct uitgevoerd hoeven te worden. Deze interrupts worden op een ander moment uitgevoerd. [13]

Naast de interrupt handlers is het noodzakelijk om een IRQ adres te hebben voor de hardware. Dit interrupt nummer wordt tijdens het opstarten van het systeem geregistreerd [14]. In het geval van deze capturekaart is het IRQ nummer 16. Dit nummer zal worden gebruikt door de interrupt handler wanneer een interrupt wordt verzonden.

Wanneer de driver is geladen wordt een interrupt handler geïnstalleerd. Dit is te zien in Tabel 7.

IRQ	CPU								
	CPU0	CPU1	CPU2	CPU3	CPU4	CPU5	CPU6	CPU7	
0	42	0	0	0	0	1	0	0	IO-APIC-edge timer
1	1	0	0	0	1	0	0	0	IO-APIC-edge i8042
8	1	0	0	0	0	0	0	0	IO-APIC-edge rtc0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	IO-APIC-fastestoi acpi
16	31919	62	577	42	944	39	51	9	IO-APIC-fastestoi ehci_hcd: usb3, blackmagic0

Tabel 7 Interrupts van `/proc/interrupts`

In Tabel 7 is te zien dat er een interrupt handler voor blackmagic0 is geregistreerd. Deze interrupt handler reageert op interrupt nummer 16. Dit interrupt nummer wordt gedeeld met usb3. Om een shared interrupt handler goed te installeren moet bij de registratie van de handler worden aangegeven dat het hier een shared interrupt handler betreft. De registratie van deze handler is bijna dezelfde als een normale interrupt handler echter moet bij registratie de flag SA_SHIRQ worden meegegeven evenals het unieke device nummer (`dev_id`) [14].

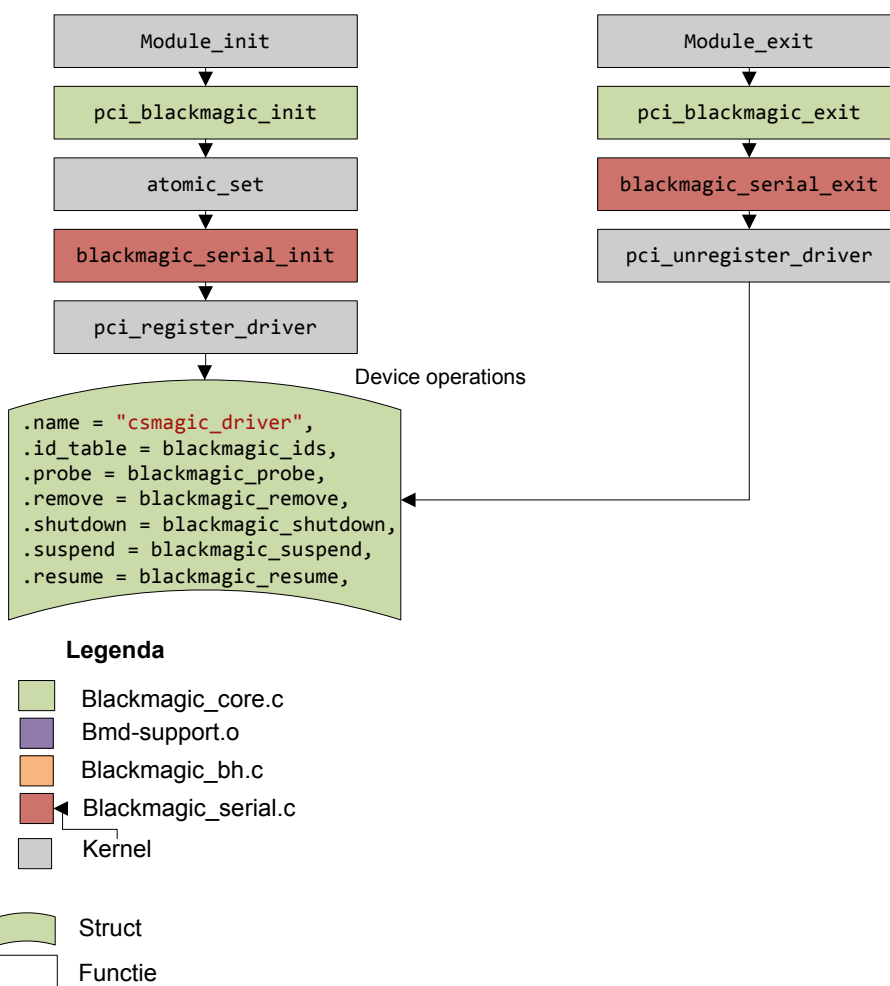
5. Bijlagen

5.1. Kernel aanroepen binnen de functies.

In deze paragraaf worden de kernel aanroepen binnen de functies weergegeven als aanvulling op Figuur 1.

5.1.1. Init en exit

In Figuur 8 wordt de flow voor de module_init en module_exit weergegeven. Met deze commando's kan een module in de kernel worden geladen of worden verwijderd. Tevens worden hier de device operaties geregistreerd.

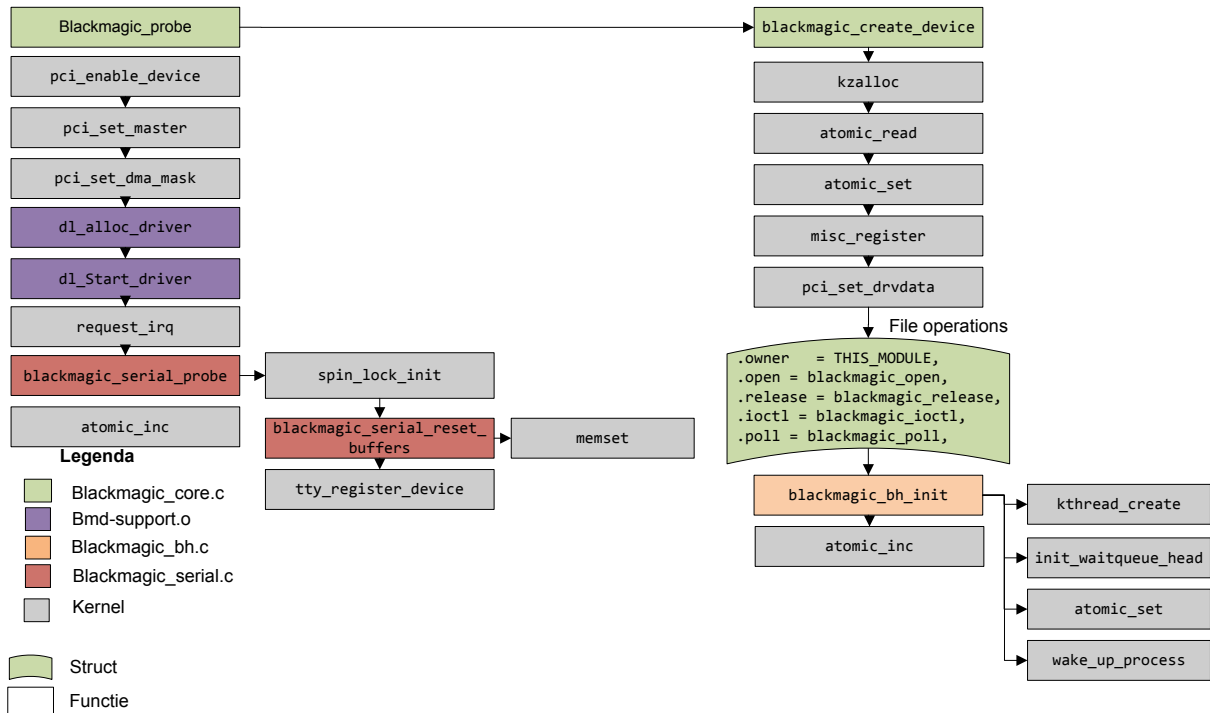


Figuur 8 Module_init

5.1.2. Blackmagic_probe

In Figuur 9 wordt de flow weergegeven van de blackmagic_probe. De blackmagic probe wordt aangeroepen door de kernel wanneer een nieuwe module is geladen.

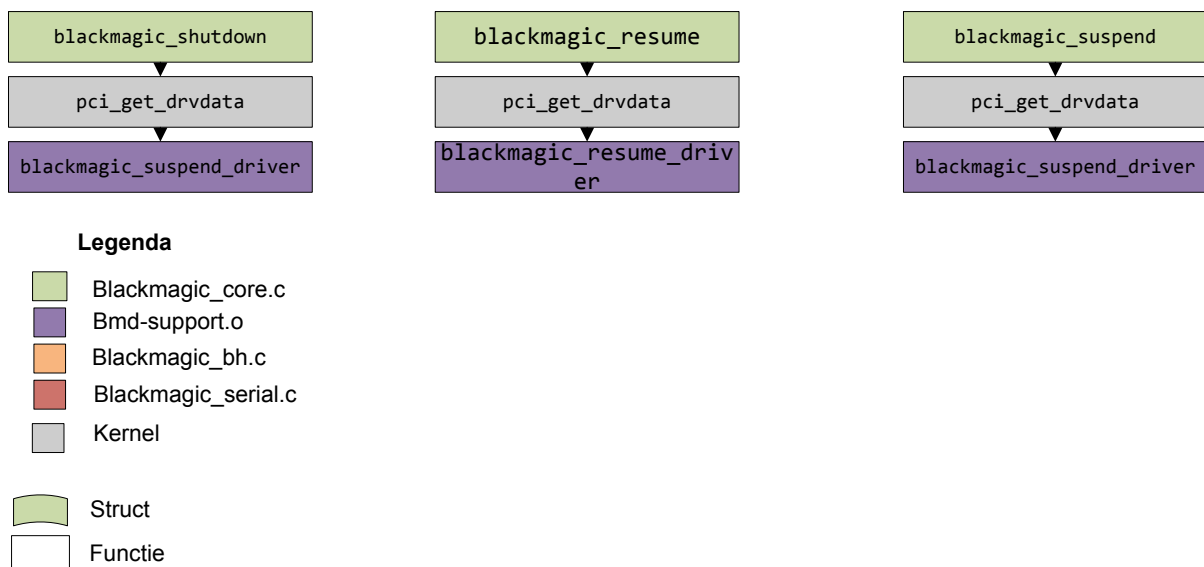
Deze afbeelding laat tevens zien welke kernel functies er worden aangeroepen en welke andere Blackmagic functies noodzakelijk zijn voor het proben van de capturekaart.



Figuur 9 Blackmagic_probe

5.1.3. Blackmagic_shutdown, suspend, resume

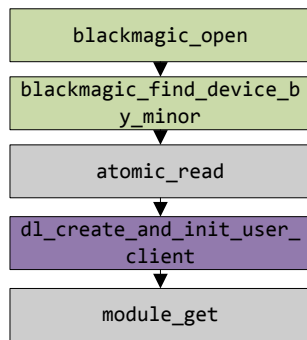
In Figuur 10 wordt de cyclus weergegeven voor de shutdown, suspend en resume van de capturekaart. Deze functies worden aangeroepen wanneer bijvoorbeeld de pci_bus wordt uitgeschakeld.



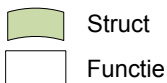
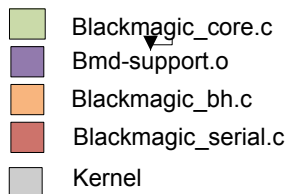
Figuur 10 Blackmagic_shutdown, suspend, resume

5.2. Blackmagic_open

In Figuur 11 wordt de flow voor de blackmagic_open weergegeven. Deze functie wordt aangeroepen wanneer een programma of de API de open entry point voor het character device aanroept.



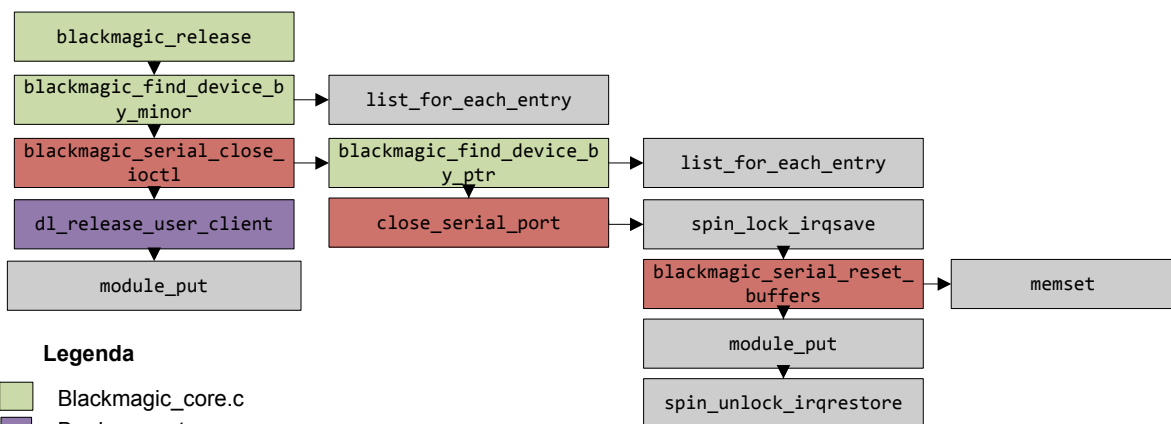
Legenda



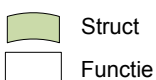
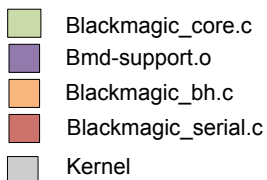
Figuur 11 blackmagic_open

5.2.1. Blackmagic_release

In Figuur 12 wordt de flow voor de blackmagic_release gegeven. Deze functie wordt aangeroepen wanneer een programma de release entry point voor het character device aanroept.



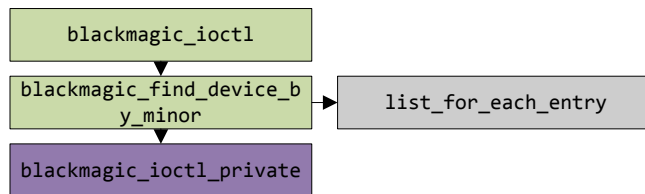
Legenda



Figuur 12 Blackmagic_release

5.3. Blackmagic_ioctl

In Figuur 13 wordt de flow voor de blackmagic_ioctl gegeven. Deze functie wordt aangeroepen wanneer een programma de ioctl entry point voor het character device aanroept.



Legenda

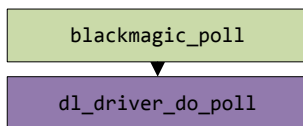
- Blackmagic_core.c
- Bmd-support.o
- Blackmagic_bh.c
- Blackmagic_serial.c
- Kernel

- Struct
- Functie

Figuur 13 blackmagic_ioctl

5.3.1. Blackmagic_poll

In Figuur 14 wordt de flow voor de blackmagic_poll gegeven. Deze functie wordt aangeroepen wanneer een programma de poll entry point voor het character device aanroept.



Legenda

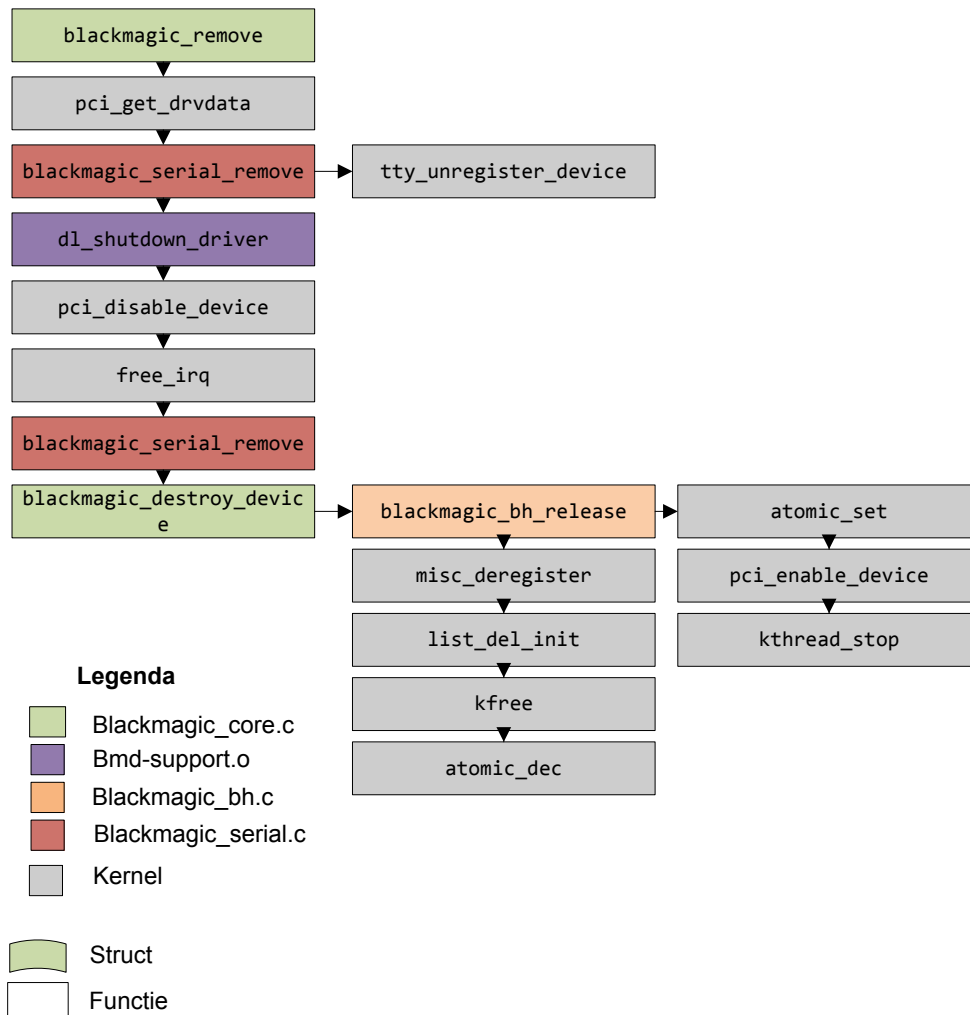
- Blackmagic_core.c
- Bmd-support.o
- Blackmagic_bh.c
- Blackmagic_serial.c
- Kernel

- Struct
- Functie

Figuur 14 Blackmagic_poll

5.3.2. Blackmagic_remove

In Figuur 15 wordt de flow voor de blackmagic_remove gegeven. Deze functie wordt aangeroepen wanneer de module_exit wordt aangeroepen. Hiermee zal de capturekaart worden gestopt. waarna de driver uit de kernel wordt verwijderd



Figuur 15 Blackmagic_remove

5.4. Documentbeheer

Gegevens CSNet

Naam	Email adres	Telefoonnummer	Functie
Andre Canrinus	acanrinus@corp.csnet.nl	0182-750571	Manager afdeling ontwikkeling
Daan van Heteren	d.vanheteren@corp.csnet.nl	0182-570500	Directeur

Tabel 8 Gegevens CSNet

Versiebeheer Architectuur document

Datum	Versie	Status
25-04-2014	0.1	Concept
02-05-2014	0.2	Concept
03-05-2014	0.3	Concept
14-05-2014	0.4	Concept
23-05-2014	0.5	Concept
03-06-2014	1.0	Definitief

Tabel 9 Versiebeheer

6. Verwijzingen

- [1] „NM,” [Online]. Available: <http://unixhelp.ed.ac.uk/CGI/man-cgi?nm>. [Geopend 08 05 2014].
- [2] J. Corbet, A. Rubini en G. Kroah-Hartman, „The file structure,” in *Linux Device Drivers*, Sebastopol, O'Reilly Media Inc, 2005, pp. 51-52.
- [3] J. Corbet, A. Rubini en G. Kroah-Hartman, „IOCTL,” in *Linux Device Drivers*, Sebastopol, O'Reilly Media Inc, 2005, p. 136.
- [4] File systems and Storage Lab, „access_ok User Space Memory Access,” File systems and Storage Lab, [Online]. Available: <http://www.fsl.cs.sunysb.edu/kernel-api/re243.html>. [Geopend 24 05 2014].
- [5] „Table ASCII -I,” [Online]. Available: <http://www.cdrummond.qc.ca/cegep/informat/professeurs/alain/files/ascii.htm>. [Geopend 05 04 2014].
- [6] M. Reff, „Choosing Your Direction: Progressive or Interlaced,” Videomaker, 07 01 2008. [Online]. Available: <http://www.videomaker.com/article/13755-choosing-your-direction-progressive-or-interlaced>. [Geopend 23 05 2014].
- [7] J. Corbet, A. Rubini en G. Kroah-Hartman, „Address types used in Linux,” in *Linux device drivers, Third edition*, O'Reilly, 2005, p. 414.
- [8] J. Corbet, A. Rubini en G. Kroah-Hartman, „Memory mapping and DMA,” in *Linux device drivers, third edition*, O'Reilly, 2005, pp. 412 - 146.
- [9] W. Stallings, „Memory access,” in *Computer Organization and Architecture Designing for Performance*, Prentice Hall , 2009, p. 239.
- [10] W. Stallings, „Computer Organisation and Architecture,” in *Computer Organisation and Architecture*, New Jersey, PEARSON, 2009, pp. 224-442.
- [11] J. Gaspar, „Chapter 6. Boost.Circular Buffer,” 28 10 2013. [Online]. Available: http://www.boost.org/doc/libs/1_55_0/doc/html/circular_buffer.html. [Geopend 11 04 2014].
- [12] D. Miller , R. Henderson en J. Jelinek , „Using Streaming DMA mappings,” Dynamic DMA mapping, [Online]. Available: <http://lwn.net/2001/0712/a/dma-interface.php3>. [Geopend 30 05 2014].
- [13] makelinux, „Top and Bottom Halves,” makelinux, [Online]. Available: <http://www.makelinux.net/ldd3/chp-10-sect-4>. [Geopend 04 05 2014].
- [14] J. Corbet, A. Rubini en G. Kroah-hartman, „Interrupt sharing,” in *Linux device drivers*, Sebastopol, O'Reilly, 2005, pp. 278 - 279.

- [15] Blackmagic, „Support centre,” [Online]. Available:
<http://www.blackmagicdesign.com/support/detail?sid=3945&pid=4012&leg=false&os=linux>.
[Geopend 04 05 2014].
- [16] Blackmagic, „Support centre Decklink SDK,” [Online]. Available:
<http://www.blackmagicdesign.com/support/detail/register?sid=3945&fid=0&did=59001&alt=true&sdk=true>. [Geopend 04 05 2014].
- [17] Unixhelp, „Make,” Unixhelp, [Online]. Available: <http://unixhelp.ed.ac.uk/CGI/man-cgi?make>.
[Geopend 08 05 2014].
- [18] tenouk, „The Function Stack,” tenouk, [Online]. Available:
<http://www.tenouk.com/Bufferoverflowc/Bufferoverflow2a.html>. [Geopend 09 05 2014].
- [19] D. Evans, „x86 Assembly Guide,” University of Virginia, 16 02 2014. [Online]. Available:
<http://www.cs.virginia.edu/~evans/cs216/guides/x86.html>. [Geopend 08 05 2014].
- [20] The Linux Information Project, „Pipes: A Brief Introduction,” The Linux Information Project, 29 04 2004. [Online]. Available: <http://www.linfo.org/pipes.html>. [Geopend 23 05 2014].
- [21] GCC, „GCC, the GNU Compiler Collection,” GCC, 22 05 2014. [Online]. Available:
<http://gcc.gnu.org/>. [Geopend 23 05 2014].

6.1. Gebruikte tabellen en afbeeldingen

FIGUUR 1 SAMENHANG VANUIT DE BLACKMAGIC_CORE.C	5
FIGUUR 2 HIGH AND LOW MEMORY [7]	17
FIGUUR 3 PROGRAMMED I/O	18
FIGUUR 4 INTERRUPTED I/O	19
FIGUUR 5 DMA	20
FIGUUR 6 VOORBEELD VAN EEN DMA PROCES [9]	21
FIGUUR 7 CIRCULAIR BUFFER [11]	22
FIGUUR 8 MODULE_INIT	24
FIGUUR 9 BLACKMAGIC_PROBE	25
FIGUUR 10 BLACKMAGIC_SHUTDOWN, SUSPEND, RESUME	25
FIGUUR 11 BLACKMAGIC_OPEN	26
FIGUUR 12 BLACKMAGIC_RELEASE	26
FIGUUR 13 BLACKMAGIC_IOCTL	27
FIGUUR 14 BLACKMAGIC_POLL	27
FIGUUR 15 BLACKMAGIC_REMOVE	28
 VOORBEELD 1 SYSTEEMLOG VAN HET INITIALISEREN VAN DE CAPTUREKAART	 9
VOORBEELD 2 LOGGING VAN HET INITIALISEREN + DOESSUPPORTDISPLAYMODE	9
 TABEL 1 AUTEUR GEGEVENS	 1
TABEL 2 CAPTURE PARAMETERS VOOR API FUNCTIE AANROEP	8
TABEL 3 REGISTERS	11
TABEL 4 MAPPING FUNCTIES EN I/O CONTROLS	14

TABEL 5 DISPLAYMODE WAARDEN.....	15
TABEL 6 VIDEOMODE WAARDEN	15
TABEL 7 INTERRUPTS VAN /PROC/INTERRUPTS.....	23
TABEL 8 GEGEVENS CSNET.....	29
TABEL 9 VERSIEBEHEER	29

Ontwikkelen Linux driver voor Blackmagic video capturekaart

Bijlage C Architectuurrapport

Architectuurrapport voor het project “*Ontwikkelen Linux driver voor Blackmagic video capturekaart*”

Door Maarten Hamburg

Auteur gegevens

Naam	Email adres	Telefoonnummer	studentnummer
Maarten Hamburg	Maarten.hamburg@gmail.com	0626871380	20064311

Tabel 1 Auteur gegevens

Inhoudsopgave

1. Inleiding	3
2. Huidige architectuur kerkzender	4
2.1. Globale netwerk infrastructuur	4
2.2. Zender	5
2.3. Capturekaart	8
2.4. Besturingssysteem	10
3. Huidige architectuur driver	11
3.1. Blackmagic driver	12
3.2. SDK	13
4. Nieuwe architectuur driver	14
4.1. Systeemeisen	14
4.2. Nieuwe driver CSmagic	15
4.3. Gebruikte technieken	17
5. Planning	18
6. Bijlagen	19
6.1. Documentbeheer	19
7. Bibliografie	20
7.1. Gebruikte tabellen en afbeeldingen	23

1. Inleiding

In dit document wordt de huidige architectuur van de zender (kerkzender) beschreven. Ook wordt beschreven hoe de communicatie tussen de diverse platformen plaatsvindt. Ook wordt in dit document beschreven wat de functionele en niet functionele eisen zijn die aan de driver worden gesteld alsmede hoe de nieuwe driver structuur eruit komt te zien.

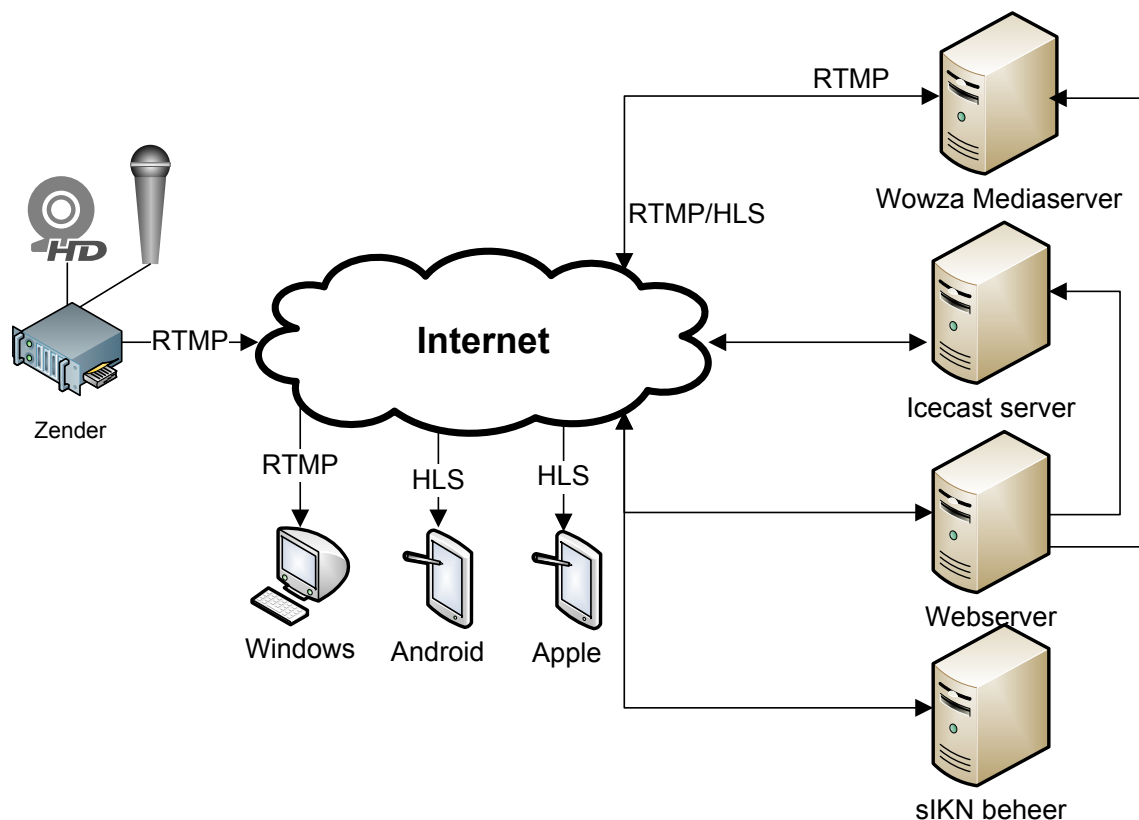
2. Huidige architectuur kerkzender

Dit hoofdstuk beschrijft de huidige architectuur van de zender in de kerk. Hier wordt zowel de gebruikte hardware als software beschreven. In paragraaf 2.1 wordt een globaal overzicht gegeven van de flow voor het uitzenden van kerkdiensten.

In paragraaf 2.3 worden de specificaties beschreven van de Blackmagic DeckLink Studio capturekaart.

2.1. Globale netwerk infrastructuur

Om een beeld te krijgen van de huidige netwerk infrastructuur wordt deze netwerk infrastructuur hier globaal beschreven. In Figuur 1 is een overzicht gegeven hoe het huidige netwerk momenteel is opgebouwd.



Figuur 1 Globale netwerk infrastructuur

Zoals in Figuur 1 is te zien, is de zender in de kerk aangesloten op een videobron en een audiobron. Deze videobron kan direct een camera zijn, maar ook een mengpaneel dat video doorgeeft aan de capturekaart. De audiobron kan direct een microfoon zijn, maar ook een audio installatie. De video wordt gecaptured door de Blackmagic DeckLink Studio capturekaart en wordt via het programma bmdcapture doorgezet naar FFmpeg. Het doorgeven van de video data van bmdcapture naar FFmpeg gebeurt via een pipe. Ook de audio wordt doorgezet naar FFmpeg deze en voegt de video en audio samen. Naast het samenvoegen van de video en audio wordt door FFmpeg encoding uitgevoerd.

FFmpeg streamt de video data via het internet naar de Wowza media server. Wowza is een product van Wowza media services [1]. Deze Wowza media server heeft als specifiek doel het streamen en ontvangen van live video.

Naast video wordt ook los audio uitgezonden. De audio wordt via het internet naar de Icecast server worden verzonden. Icecast is een product van “the xiph open source community” [2]. De Icecast server heeft als doel het streamen en ontvangen van audio.

De apache webserver [3] biedt de luisteraars de mogelijkheid om de audio en video bronnen te kunnen openen in hun browser. In welk formaat de audio en/of video wordt aangeboden is afhankelijk van het apparaat dat verbinding maakt met de bron. Zo kan video in flv(flash) alsmede mp4 worden aangeboden. Daarnaast is er voor Android [4] en de iPhone/iPad [5] ook een app beschikbaar waarmee de audio en/of video kan worden afgespeeld.

Via sIKN beheer kunnen medewerkers van DCTNet alsmede de klanten van sIKN instellingen van hun producten aanpassen. Hier kan bijvoorbeeld de aspectratio worden aangepast alsmede de bitrate voor het streamen van audio en/of video.

2.2. Zender

Dit hoofdstuk beschrijft de hardware specificaties van de zender. De zender is een computer die binnen CSNet, CS Engineering en gebruikers van sIKN een zender of kerkzender wordt genoemd.

2.2.1. Specificaties van de kerkzender

MOEDERBORD

Het moederbord dat in de zender zit is een “iBASE MI970VF” [6]. Hieronder worden de specificaties vermeld van het eerder genoemde moederbord.

- **Features**
- Intel® QM77 Express Chipset
- Two DDR3 SO-DIMM sockets, Max. 16GB
- Processor graphics (Gen 5.75 graphics engine)
Supports CRT, DVI-I, DVI-D, LVDS and DisplayPort
Supports 24-bit dual channel LVDS display
- Intel® 82579LM(MI97VF) / 82579V(MI970F) Gigabit LAN PHY
Intel® 82583V PCI-E Gigabit LAN
2x RJ-45 on board
- Intel® QM77 / Hm76 PCH built-in high definition audio controller with
Realtek ALC892 for 7.1 CH audio
- Fintek F81866AD-I I/O controller supports 4x COM,
4x SATA II, 2x SATA III
- 3x RS-232, 1x RS-232/422/485
- 4x SATA II and 2x SATA III
- 4 USB 3.0 ports (2 ports on board, 2 ports via pin header)
8 USB 2.0 ports (4 ports on board, 4 ports via pin header)
- Supports 4 in, 4out
- ATX power
- 1x PCI-E(x16)
2x Mini PCI-E(x1) - w/ USB signal (1x Half-Size, 1x Full-Size)
1x mSATA via Mini PCI-E (Full-Size)
- CRT, DVI-D, DVI-I, HDMI, Display Port,
2x RJ45, 2x USB 3.0, 4x USB 2.0, 3x1 Audio jacks

In Figuur 2 is het bovenaanzicht van het moederbord weergegeven.



Figuur 2 MI970VF moederbord bovenzijde [7]

In Figuur 3 is het de achterkant van het moederbord weergegeven. Momenteel wordt voor het capturen van audio de groene jackplug gebruikt als audiobron.

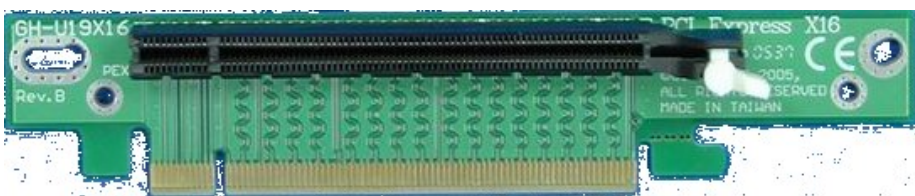


Figuur 3 MI970VF moederbord achterzijde [8]

RISER KAART

In het PCI slot op het moederbord is een riser kaart van het type GH-U19X16 geplaatst [9]. Deze riser kaart heeft de volgende specificaties:

- One PCI Express X16 slot.
- Slot height: 14.7mm
- Left-side insertion.



Figuur 4 Riser kaart [9]

Deze riser kaart wordt gebruikt omdat de PCI slot op het moederbord verticaal is. Hierdoor kan de capturekaart niet worden geplaatst. Door deze riser kaart is de PCI slot horizontaal waardoor plaatsing mogelijk is.

PROCESSOR

Op het moederbord zit een Intel® Core™ i7-3610QE Processor [10]. Deze processor heeft de volgende specificaties:

- 4 kernen
- 8 threads
- Maximale turbosnelheid van 3.3GHz
- 6MB Intel® Smart Cache.

GEHEUGEN

Als geheugen wordt Kingston KHX1600C9S3K2/4GX gebruikt [11]. Dit geheugen heeft de volgende specificaties

- 4GB (2GB 1Rx8 256M x 64-Bit x 2 pcs.)
DDR3-1600 CL9 204-Pin SODIMM Kit



Figuur 5 Kingston geheugen

In de huidige configuratie worden beide geheugen banken voorzien van dit type geheugen en is er 8GB geheugen beschikbaar voor het systeem.

HARDDRIVE

De zender heeft een Solid State disk van het type Transcend TS16GMSA310 [12]. Hieronder staan de specificaties van dit product.

- Solid State Disk
- 16GB opslag
- Cache 64MB
- Leessnelheid 143MB/s
- Schrijfsnelheid 65MB/s



Figuur 6 Transcend TS16GMSA310 SSD [13]

2.3. Capturekaart

Voor het captureren van video wordt een Blackmagic DeckLink Studio gebruikt. Deze capturekaart kan worden aangesloten op een (Peripheral Component Interconnect express) PCIe slot.

2.3.1. Specificaties en aansluitingen van de Blackmagic DeckLink Studio

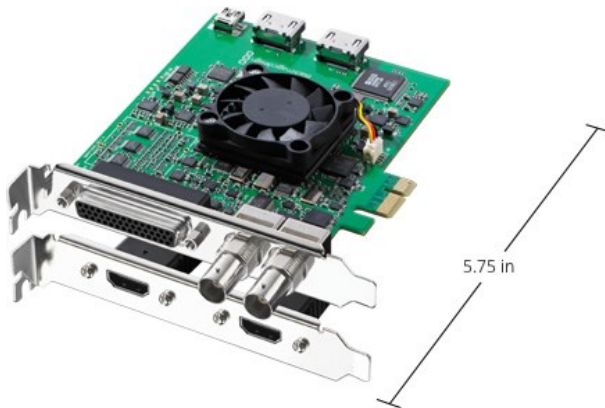
De Blackmagic DeckLink Studio is een professionele videokaart die diverse aansluitingen heeft voor het captureren van video en audio [14]. Hieronder staan de specificaties die de fabrikant geeft voor deze capturekaart.

- **Video input/output**
- SDI Video Input 1 x 10 bit SD/HD switchable.
- SDI Video Output 1 x 10 bit SD/HD switchable. 1 x 10-bit SD only, down converted or key.
- Analog Video Input 1 x Component video on 3 BNCs. 1 x S-Video on S-Video connector. 1 x Composite NTSC/PAL on 1 BNC.
- Analog Video Output 1 x Component video on 3 BNCs. 1 x S-Video on S-Video connector. 1 x Composite NTSC/PAL on 1 BNC.
- HDMI Video Input 1 x HDMI type A connector.
- HDMI Video Output 1 x HDMI type A connector.

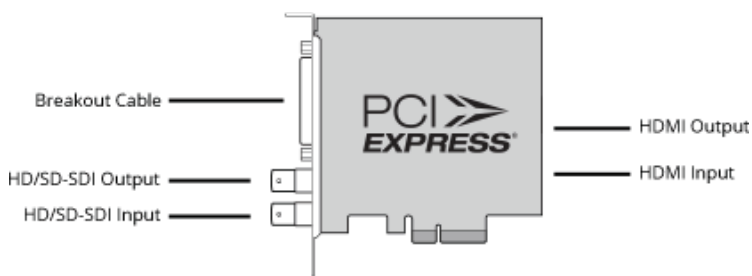
- **Audio input/output**
- Analog Audio Input 4 Channels of professional balanced analog audio via 1/4" jack connectors.
- Analog Audio Output 4 Channels of professional balanced analog audio via 1/4" jack connectors. Channels 3 and 4 can switch to AES/EBU outputs.
- AES/EBU Audio Input 2 Channels unbalanced with sample rate converter.
- AES/EBU Audio Output 2 Channels unbalanced. Analog outputs 3 and 4 can switch to AES/EBU outputs for audio 3 & 4 and 5 & 6 output. This provides a total of 6 AES/EBU output audio channels when using this feature.
- SDI Audio Input 8 Channels embedded in SD and HD.
- SDI Audio Output 8 Channels embedded in SD and HD.
- HDMI Audio Input 2 Channels embedded in SD and HD.
- HDMI Audio Output 2 Channels embedded in SD and HD.

- **Overige aansluitingen**
- Sync Input 1 x sync input. Blackburst in SD, 720p50, 720p59.94, 1080i50 and 1080i59.94 formats or Tri-Sync in any HD format.
- Device Control Sony™ compatible RS422 deck control ports. Serial ports TxRx direction reversible under software control.
- Computer Interface PCI Express 1 lane, compatible with 1, 4, 8 and 16 lane PCIe slots.

Hieronder is de Blackmagic DeckLink caputrekaart weergegeven.



Figuur 7 Blackmagic DeckLink Studio capturekaart [15]



Figuur 8 Blackmagic DeckLink Studio overview [16]

2.3.2. PCI

De Blackmagic DeckLink Studio capture kaart is aangesloten op een 16X PCI Express interface. De onderstaande tabel geeft de snelheden aan van PCI Express.

Lane Width	Clock Speed	Throughput (Duplex, bits)	Throughput (Duplex, bytes)	Expected use
1x	2.5GHz	5 Gbps	400 MBps	Slots, Gigabit Ethernet
2x	2.5GHz	10 Gbps	800 MBps	
4x	2.5GHz	20 Gbps	1.6 GBps	Slots, 10 GB Ethernet, SCSI, SAS
8x	2.5GHz	40 Gbps	3.2 GBps	
16x	2.5GHz	80 Gbps	6.4 GBps	Graphics Adapters

Note: Table above contains speeds for PCI Express 1.0 bus. For version 2.0, multiply all bandwidths by 2. For example a PCI Express 2.0 16x slot has a max bandwidth of 8000 MB/s one way or 16000 MB/s both ways.

Tabel 2 Snelheden PCI Bus [17]

Omdat bij de specificaties van het moederbord niet wordt aangegeven of het om PCIe versie 2.0 gaat wordt aangenomen dat het PCIe 16x versie 1.0 betreft.

2.4. Besturingssysteem

De zender maakt gebruik van het besturingssysteem genaamd Debian 6.0 Squeeze [18]. Ondanks dat er een nieuwere versie van Debian is namelijk Debian 7.0 Wheezy moet bij voorkeur Squeeze worden gebruikt [19].

In Wheezy zijn geen wijzigingen doorgevoerd ten opzichte van de gebruikte Squeeze kernel die eventuele compatibiliteit problemen oplossen. Er zijn echter wel wijzigingen toegevoegd voor xvidcore en de x264 codec [20].

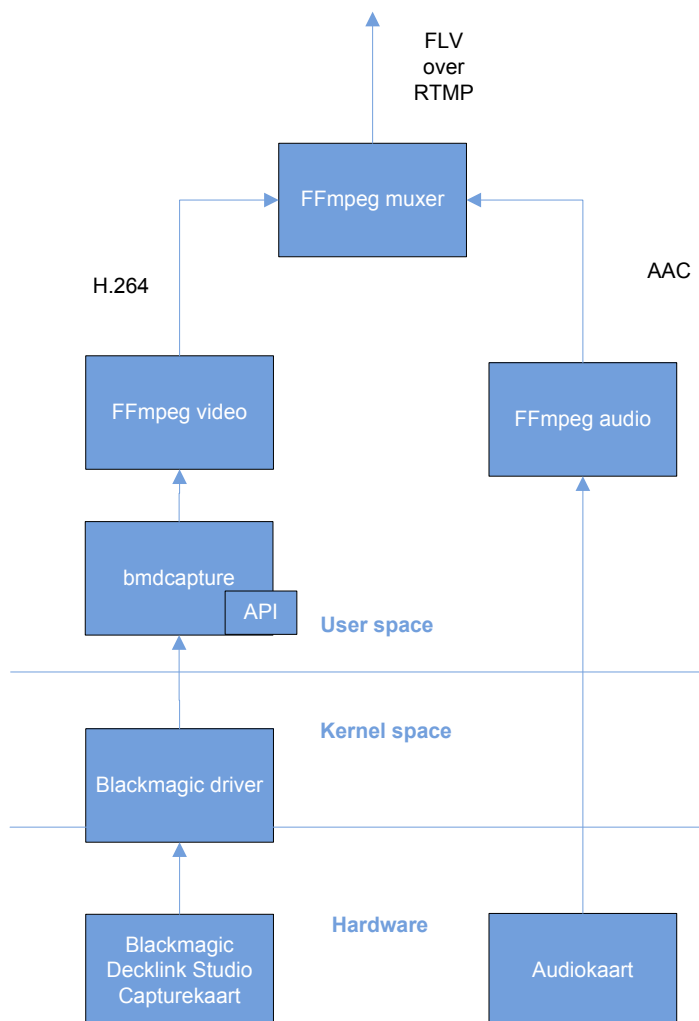
Doordat er geen kritieke wijzigingen zijn doorgevoerd of functies zijn toegevoegd die het project vergemakkelijken in Wheezy is er geen reden om een upgrade uit te voeren. Daarnaast is de nieuwe x264 codec reeds aan het door ons gebruikte besturingssysteem toegevoegd.

Ondanks dat het hier een nieuwe zender reeks betreft is besloten gebruik te blijven maken van Squeeze. Dit omdat:

- er geen voordelen zijn aan een upgrade
- de huidige scripts en applicaties stabiel werken op Squeeze
- de focus voor dit project ligt op het schrijven van een Video4Linux2 driver voor de Blackmagic DeckLink Studio

3. Huidige architectuur driver

In dit hoofdstuk wordt de architectuur van de driver uiteen gezet. Figuur 9 geeft de flow weer hoe momenteel de videodata wordt klaargemaakt om naar de servers te worden gestuurd.



Figuur 9 Van capturekaart naar servers

Zoals in Figuur 9 is te zien is er op hardware niveau een Blackmagic DeckLink Studio capturekaart aanwezig. Deze capturekaart bevindt zich in de zender. Voor de aansturing van de capturekaart is er een driver beschikbaar gemaakt door Blackmagic. Deze driver verzorgt de interactie tussen de hardware en het programma bmdcapture/API (Application Programming Interface).

Het programma bmdcapture, dat wordt gebruikt voor het captureren van video, maakt gebruik van de Blackmagic SDK (Software Development Kit). Deze SDK die kan worden gedownload van de Blackmagic website is op zijn beurt afhankelijk van de bibliotheek libDeckLinkAPI.so (API). In het programma bmdcapture wordt momenteel een Video4Linux2 header toegevoegd aan de videodata zodat dit naar FFmpeg kan worden doorgegeven. FFmpeg kan de video data verkrijgen via een pipe. Binnen Linux wordt een pipe gebruikt om output te redirecten naar een ander programma. Deze videodata wordt door FFmpeg gecodeerd als H.264. Simultaan wordt vanuit de audiokaart audio doorgegeven aan FFmpeg en wordt dit gecodeerd als AACplus. De functionaliteit van het audio framework(ALSA) valt buiten de scope van dit project.

Zowel de H.264 gecodeerde videodata alsmede de AACplus audio data wordt samengevoegd in een FLV container. Hierna wordt de data via RTMP naar de WOWZA server verzonden. Vanaf deze server wordt de mogelijkheid geboden om de kerkdienst te bekijken of te beluisteren.

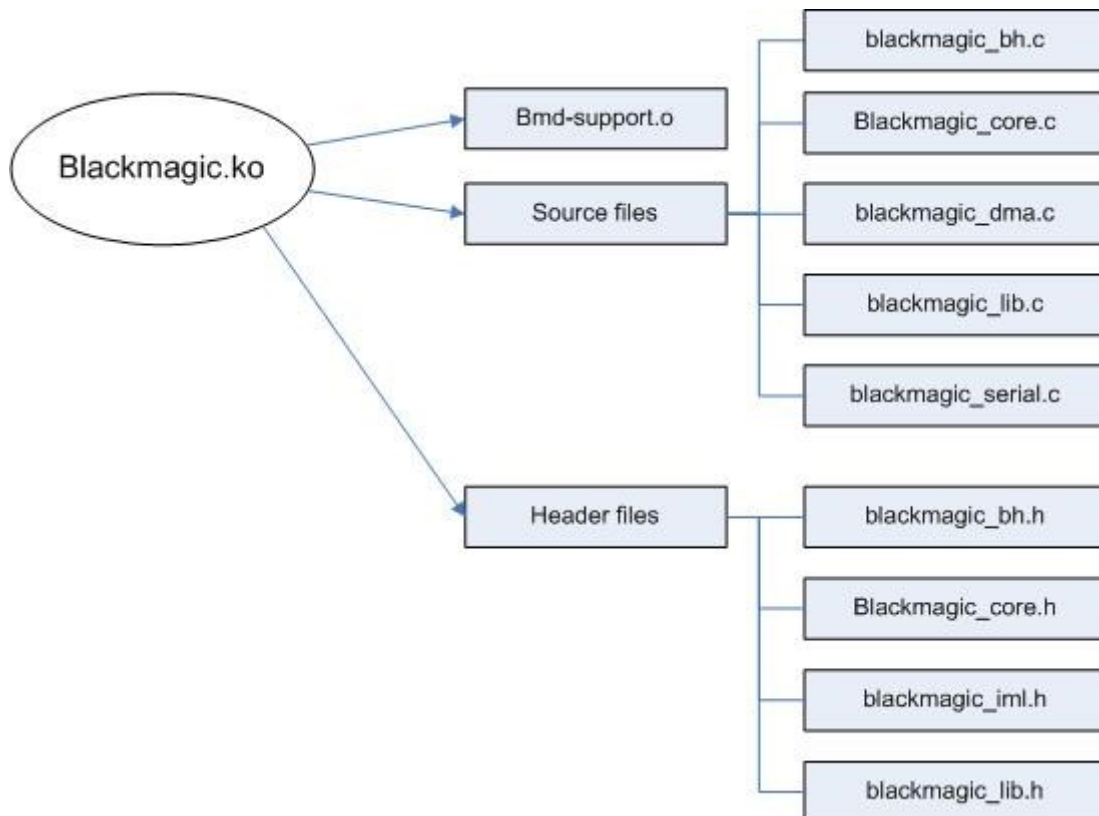
3.1. Blackmagic driver

De driver kan worden gedownload van de website van Blackmagic [21]. Ondanks dat er een nieuwere versie beschikbaar is zal versie 9.7.7 worden gebruikt. Hier is voor gekozen omdat van de huidige driver bekend is dat deze goed functioneert en er geen wijzigingen in de nieuwe driver zijn die problemen zouden oplossen. De driver bestaat uit 2 delen:

1. Source files voor de driver
2. Pre-compiled object (bmd-support.o)

De Blackmagic DeckLink Studio driver is geschreven in de programmeer taal C en kan worden gecompileerd met het programma GCC [22]. Hiervoor dient wel het package GCC op het systeem geïnstalleerd te zijn. Om de driver succesvol te compileren moeten de Linux kernel source files op het systeem worden gezet.

In Figuur 10 is de samenhang van de driver weergegeven.



Figuur 10 Samenhang van de Blackmagic driver

Zoals in Figuur 10 te zien is bestaat het gecompileerde Blackmagic object uit een voor-gecompileerd object bmd-support.o en een vijftal source bestanden. Wanneer de driver is gecompileerd, is een object genaamd blackmagic.ko aangemaakt. Dit object bevat de gecompileerde source files en het voor-gecompileerde object bmd-support.o

3.2. SDK

Bij de driver wordt een SDK (**S**oftware **D**evelopment **K**it) en een API (**A**pplication **P**rogramming **I**nterface) geleverd. Via deze API libDeckLinkAPI.so kunnen functies binnen de driver worden aangestuurd en kan data worden terug gegeven aan de API. De API is onderdeel van de SDK kan worden gedownload van de website van Blackmagic [23]. Ondanks dat er een nieuwere SDK beschikbaar is zal voor dit project gebruik worden gemaakt van versie 9.7.7.

Het programma bmdcapture maakt gebruik van deze SDK en API om de video data te verkrijgen. Ook het instellen van de driver vanuit het programma bmdcapture is de verantwoordelijkheid van deze API.

De SDK bevat de definities (headers) die gebruikt worden door bijvoorbeeld het programma bmdcapture.

Van de API functies is een beschrijving mee geleverd door Blackmagic en daarom zal dit verder niet in dit document worden vermeld. De API Handleiding is eveneens onderdeel van de SDK en deze is dan ook in de bovenstaande download te vinden.

4. Nieuwe architectuur driver

Dit hoofdstuk beschrijft de nieuwe architectuur voor de capturekaart driver. In hoofdstuk 2 en 3 is reeds gesproken over de huidige architectuur en de gebruikte systemen.

De hardware die in paragrafen 2.2.1 en 2.3 is beschreven zal niet worden gewijzigd. De hardware is namelijk een as-is en daarnaast is er geen noodzaak andere hardware aan te schaffen. Ook het besturingssysteem zal niet worden gewijzigd tijdens dit project omdat de focus ligt op het maken van de driver.

4.1. Systeemeisen

In deze paragraaf worden de functionele en niet functionele systeemeisen beschreven. De functionele kandidaat systeemeisen zijn gedurende het project niet gewijzigd en zijn derhalve hetzelfde als in het vision document [24]. Echter worden hier ook de niet functionele eisen voor de nieuwe driver beschreven.

Niet functionele systeemeisen	
De driver moet minimaal compatible zijn met Debian Squeeze	De driver moet compatible zijn met het besturingssysteem Squeeze van Debian. Hogere versies hoeven niet ondersteund te worden, maar indien compatibiliteit met Wheezy kan worden verkregen is dit als toevoeging mooi meegenomen. Lagere versies dan Squeeze hoeven niet te worden ondersteund.
De driver moet compatible zijn met het Video4Linux2 framework	De driver moet compatible zijn met het Video4Linux2 framework. Dit betekent dat er interactie kan plaatsvinden tussen FFmpeg en v4l2-ctl.
De driver moet tenminste ingesteld kunnen worden dat de SDI ingang kan worden gebruikt	De capturekaart bevat diverse ingangen die kunnen worden geselecteerd. Echter ligt de prioriteit bij het verkrijgen van video data via de SDI ingang. Mochten de overige ingangen ook werken, dan is dit mooi meegenomen.
De driver moet Full HD met 25 frames ondersteunen	De driver moet een resolutie van 1920 X 1080 met 25 frames per seconde ondersteunen in Progressive Scan mode. Ook lagere resoluties moeten ingesteld kunnen worden.
De driver moet pixel mode YUV420p ondersteunen	De driver moet kunnen worden ingesteld in pixel formaat YUV420p. Betere pixel formaten zijn niet noodzakelijk maar wel wenselijk.

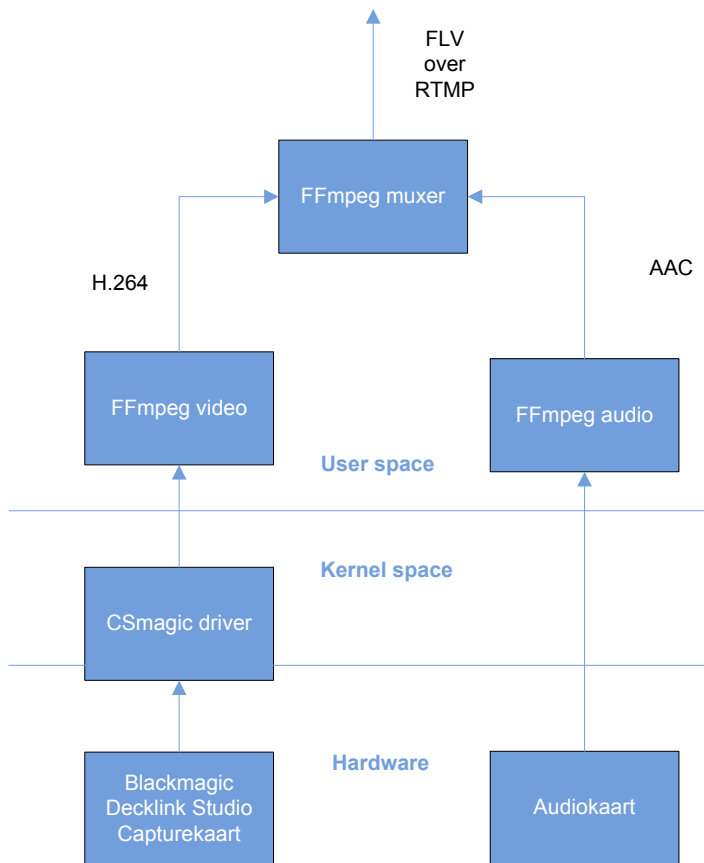
Tabel 3 Niet functionele systeemeisen

Functionele systeemeisen	
Driver laden	Via modprobe of insmod wordt de driver geladen in de kernel.
Driver instellen	De driver kan via FFmpeg of vanuit het Video4Linux2 framework worden ingesteld. Dit omvat het instellen van de resolutie en het aantal frames per seconde
Video captureren	De driver verkrijgt de video data van de capturekaart
Driver verwijderen	De driver wordt via rmmod verwijderd uit de kernel

Tabel 4 Functionele systeemeisen

4.2. Nieuwe driver CSmagic

Tijdens de uitvoering van dit project zal de huidige Blackmagic DeckLink driver worden vervangen zodat de nieuwe driver compatible is met het Video4Linux2 framework. De vernieuwde driver is CSmagic genaamd. In Figuur 11 is de nieuwe wenselijke situatie weergegeven en hiermee is het verschil met Figuur 9 goed zichtbaar.



Figuur 11 Nieuwe implementatie video driver

Door de nieuwe driver is het gebruik van bmdcapture niet meer nodig. Dit komt omdat de nieuwe driver direct compatibiliteit met het Video4Linux2 garandeert. Doordat de driver direct de video data kan doorgeven aan FFmpeg hoeft de data minder vaak getransporteerd te worden en kan de conversie in user space achterwegen worden gelaten. Hierdoor is een overbodige tussenlaag verwijderd waardoor resources bespaart moeten blijven.

In Figuur 11 is duidelijk te zien dat de video data vanaf de capturekaart door de driver wordt verwerkt om deze zodoende direct door te kunnen zetten naar FFmpeg. Het gebruik van bmdcapture en het gebruik van de API is hiermee komen te vervallen.

Ook het initialiseren van de Blackmagic DeckLink Studio capturekaart zal op een andere wijze worden uitgevoerd waardoor de Blackmagic API overbodig zal zijn. Omdat de API na de omzetting naar het Video4Linux2 framework niet meer zal functioneren wordt er een programma genaamd bmd2v4l gemaakt. Via het programma bmd2v4l worden de I/O controls voor het initialiseren van de capturekaart die via reverse engineering zijn verkregen naar de driver gestuurd. De API werkt niet meer omdat deze afhankelijk is van het character device blackmagic0 en deze zal in de nieuwe driver niet meer worden aangemaakt. Om deze I/O controls door te geven aan de driver moet er wel een

buffer worden aangemaakt in user space. De grootte die de buffers moeten hebben zijn ook reeds achterhaald via reverse engineering en opgenomen in het analyserapport [25].

Deze buffers moeten uit user space komen omdat de `blackmagic_ioctl_private` een `copy_from_user` uitvoert en dit niet aangepast kan worden. Hierdoor is het niet mogelijk de driver een buffer aan te laten maken.

Om de driver compatible te maken met het Video4Linux2 framework moeten functies van het Video4Linux2 worden toegevoegd aan de huidige driver en kunnen bepaalde elementen uit de driver worden verwijderd. Zo wordt er in de huidige driver een miscellaneous device aangemaakt. Dit is dadelijk overbodig omdat het een Video4Linux2 device zal zijn.

De CSmagic driver zal bij de probing een `/dev/video0` aanmaken. Mocht deze reeds bestaan, dan zal door het framework het minor devicenummer worden opgehoogd. Om herkend te worden door het Video4Linux2 framework dient de `/dev/video0` een major nummer 81 te hebben. Het minor nummer is niet belangrijk en zal door de driver automatisch worden toegekend.

Ondanks dat FFmpeg in de toekomst niet meer gebruikt wordt, wordt momenteel gebruik gemaakt van FFmpeg. De vervanger van FFmpeg, `avconv` genaamd is een voortvloeijsel uit FFmpeg. Compatibiliteit met `avconv` is geen eis omdat momenteel Debian Squeeze wordt gebruikt en ook in het nieuwe platform Debian Wheezy is FFmpeg nog aanwezig. Of dit in hogere versies ook zo is, is nu nog niet bekend.

Omdat de I/O controls vanuit het Video4Linux2 framework anders zijn dan de Blackmagic driver, zal er een mapping worden gemaakt tussen de Video4Linux2 I/O controls en de Blackmagic I/O controls die reeds zijn verkregen [25]. Dit houdt in dat wanneer een Video4Linux2 I/O control naar de driver wordt gestuurd het bijbehorende Blackmagic I/O control wordt gebruikt.

De driver zal worden gecompileerd als `csmagic.ko` (Kernel Object). Zoals eerder is aangegeven dienen er enkele functies uit het Video4Linux2 framework te worden toegevoegd aan de driver. Dit zijn bijvoorbeeld:

- `v4l2_device_register(struct device *dev, struct v4l2_device *v4l2_dev)`
- `video_register_device(vdev, VFL_TYPE_GRABBER, -1);`
- `v4l2_device_unregister(struct v4l2_device *v4l2_dev);`
- `video_unregister_device(vdev);`

Uitleg over deze functies zijn te vinden in de Video4Linux2 framework beschrijving [26].

4.3. Gebruikte technieken

Dit hoofdstuk beschrijft de technieken en talen die worden gebruikt om de driver te kunnen ontwikkelen.

4.3.1. C

Om de driver uit te breiden wordt de programmeertaal C gebruikt. De programmeertaal C wordt ook gebruikt voor de huidige Blackmagic driver. In tegenstelling tot bijvoorbeeld C# of C++ is C niet object georiënteerd maar procedureel. C is een low-level programmeertaal die perfect kan worden gebruikt voor interactie met de Linux kernel en hardware [27].

4.3.2. UML

Voor het ontwerpen van de nieuwe driver wordt gebruik gemaakt van de modelleertaal UML [28]. Deze taal biedt diverse modellen voor het ontwerpen van bijvoorbeeld software. Ondanks dat UML een object georiënteerde methode is zal van diverse modellen gebruik worden gemaakt. Hier is voor gekozen omdat voor het ontwerpen van een driver geen geschikte ontwerp methodiek is gevonden. Voor het ontwerp worden use-cases, sequentie diagrammen en toestandsdiagrammen gebruikt omdat deze een goed beeld van de driver geven.

4.3.3. H.264

H.264 is één van de meest gebruikte video codecs. Deze codec wordt voornamelijk gebruikt bij het opnemen, comprimeren en verspreiden (streaming) van video content [29].

4.3.4. FLV

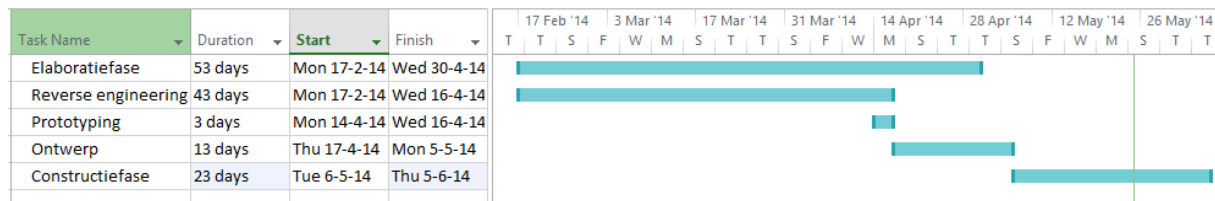
FLV is een proprietary container formaat die zowel H.264 video kan bevatten alsmede AAC audio. De video content en de audio content zijn in deze container samengevoegd [30].

4.3.5. RTMP

RTMP(Real Time Messaging Protocol) is een protocol dat wordt gebruikt voor het transporteren van video en audio over het internet. RTMP maakt gebruik van TCP (Transmission Control Protocol). RTMP splitst de te versturen data in kleinere delen waardoor de overdracht van deze data bevordert wordt. De grootte van deze pakketten worden dynamisch toegekend afhankelijk van wat de server en de cliënt overeen zijn gekomen [31].

5. Planning

In dit hoofdstuk is de nieuwe planning opgenomen. Deze planning is bijgesteld ten opzichte van de planning in het vision document.



Figuur 12 planning

In Figuur 12 is de nieuwe planning weergegeven. Door de uitloop zijn fasen naar een later tijdstip verplaatst.

6. Bijlagen

6.1. Documentbeheer

Gegevens CSNet

Naam	Email adres	Telefoonnummer	Functie
Andre Canrinus	acanrinus@corp.csnet.nl	0182-750571	Manager afdeling ontwikkeling
Daan van Heteren	d.vanheteren@corp.csnet.nl	0182-570500	Directeur

Tabel 5 Gegevens CSNet

Versiebeheer Architectuur document

Datum	Versie	Status
23-01-2014	0.1	Concept
	0.2	Concept
14-04-2014	0.3	Concept
16-04-2014	0.4	Concept
25-04-2014	0.5	Concept
05-05-2014	0.6	Concept
03-06-2014	1.0	Definitief

Tabel 6 Versiebeheer

7. Bibliografie

- [1] Wowza, „Wowza media services,” Wowza, [Online]. Available: <http://www.wowza.com/>. [Geopend 04 05 2014].
- [2] Iccast.org, „Iccast.org,” Iccast.org, [Online]. Available: <http://www.iccast.org/>. [Geopend 04 05 2014].
- [3] Apache, „HTTP server project,” Apache, [Online]. Available: <http://httpd.apache.org/>. [Geopend 04 05 2014].
- [4] Kerkomroep op Google Play, „Google Play,” 2014. [Online]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=corp.csnet.nl.kerkomroep>. [Geopend 2014].
- [5] Kerkomroep in Apple store, „Apple store,” 2014. [Online]. Available: <https://itunes.apple.com/nl/app/kerkomroep/id541059718?mt=8>.
- [6] iBASE, „QM77 Mini-ITX Motherboards,” [Online]. Available: www.ibase.com.tw/2009/MI970.html#specifications.
- [7] Ibase, „QM77 Mini-ITX Motherboards,” Ibase, [Online]. Available: <http://www.ibase.com.tw/2009/images/MI970-200.jpg>. [Geopend 30 03 2014].
- [8] Ibase, „QM77 Mini-ITX Motherboards,” Ibase, [Online]. Available: <http://www.ibase.com.tw/2009/images/MI970%20IO-600.jpg>. [Geopend 30 03 2014].
- [9] Ably, „GH-U19X16,” Ably, [Online]. Available: http://www.ably.com.tw/pdt/viewpdt.asp?absp=20&cat=PCIE_RISER. [Geopend 24 04 2014].
- [10] Intel, „Intel® Core™ i7-3610QE Processor,” [Online]. Available: http://ark.intel.com/nl/products/65711/Intel-Core-i7-3610QE-Processor-6M-Cache-up-to-3_30-GHz.
- [11] Kingston, „KHX1600C9S3K2/4GX,” 15 05 2013. [Online]. Available: http://www.kingston.com/datasheets/KHX1600C9S3K2_4GX.pdf.
- [12] Hardware.info, „Transcend MSA310 16GB,” [Online]. Available: <http://uk.hardware.info/productinfo/158988/transcend-msa310-16gb#tab:specifications>.
- [13] Hardware.nl, „Transcend MSA310 16GB,” Hardware.nl, [Online]. Available: http://content.hwigroup.net/images/products/xl/158988/transcend_msa310_16gb.jpg. [Geopend 30 03 2014].
- [14] Blackmagic, „DeckLink Studio Technical Specifications,” [Online]. Available: <http://www.blackmagicdesign.com/products/decklink/techspecs#4012>.
- [15] Blackmagic design, „Decklink Studio technical specifications,” Blackmagic Design, [Online]. Available: <http://www.blackmagicdesign.com/media/5440411/decklink-studio-imperial.jpg>. [Geopend 30 03 2014].

- [16] Blackmagic Design, „Decklink Studio technical specifications,” Blackmagic Design, [Online]. Available: <http://www.blackmagicdesign.com/media/5437809/decklink-studio.png>. [Geopend 30 03 2014].
- [17] Internation Computer Concepts, „PCIe: An Overview,” [Online]. Available: <https://www.icc-usa.com/compare-pci>.
- [18] Debian, „Debian “squeeze” Release Informatie,” 08 12 2013. [Online]. Available: <http://www.debian.org/releases/squeeze/>. [Geopend 30 3 2014].
- [19] Debian, „Debian “wheezy” release-informatie,” 08 12 2013. [Online]. Available: <http://www.debian.org/releases/wheezy/>. [Geopend 30 03 2014].
- [20] Debian, „Release Notes for Debian 7.0 (wheezy), 64-bit PC,” [Online]. Available: <http://www.debian.org/releases/stable/amd64/release-notes/index.en.html>.
- [21] Blackmagic, „Support centre,” [Online]. Available: <http://www.blackmagicdesign.com/support/detail?sid=3945&pid=4012&leg=false&os=linux>. [Geopend 04 05 2014].
- [22] Die.net, „GCC,” die.net, [Online]. Available: <http://linux.die.net/man/1/gcc>. [Geopend 25 05 2015].
- [23] Blackmagic, „Support centre Decklink SDK,” [Online]. Available: <http://www.blackmagicdesign.com/support/detail/register?sid=3945&fid=0&did=59001&alt=true&sdk=true>. [Geopend 04 05 2014].
- [24] M. Hamburg, „Vision document,” 2014.
- [25] M. Hamburg, „Analyserapport,” 2014.
- [26] Kernel.org, „Overview of the V4L2 driver framework,” [Online]. Available: <https://www.kernel.org/doc/Documentation/video4linux/v4l2-framework.txt>. [Geopend 05 04 2014].
- [27] Wikipedia, „C (programmeertaal),” Wikipedia, 07 02 2014. [Online]. Available: http://nl.wikipedia.org/wiki/C_%28programmeertaal%29. [Geopend 09 05 2014].
- [28] J. Warmer en A. Kleppe, Praktisch UML, Amsterdam: Pearson Education Benelus, 2008.
- [29] Wikipedia, „H.264/MPEG-4 AVC,” Wikipedia, 05 05 2014. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/H.264/MPEG-4_AVC. [Geopend 09 05 2014].
- [30] Wikipedia, „Flash video,” Wikipedia, 27 03 2014. [Online]. Available: http://nl.wikipedia.org/wiki/Flash_video. [Geopend 09 05 2014].
- [31] Wikipedia, „Real Time Messaging Protocol,” Wikipedia, 02 03 2014. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Real_Time_Messaging_Protocol. [Geopend 09 05 2014].
- [32] CS Net, „Historie CS Net,” 2009. [Online]. Available: <http://www.csnet.nl/algemeen/historie/cn.php>.

- [33] CS Net, „Historie CS Engineering,” 2009. [Online]. Available: <http://www.csnet.nl/algemeen/historie/cse.php>.
- [34] HDN, „Wat is HDN,” [Online]. Available: <http://www.hdn.nl/over-hdn/wat-is-hdn>.
- [35] CS Engineering, „Over Setrax®,” 2006. [Online]. Available: <http://www.setrax.nl/setrax/>.
- [36] FFmpeg, „FFmpeg,” 12 11 2013. [Online]. Available: <http://www.ffmpeg.org/>.
- [37] Wikipedia, „Video4Linux,” 17 12 2013. [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Video4Linux>.
- [38] ALSA, „Advanced Linux Sound Architecture (ALSA) project homepage,” [Online]. Available: http://www.alsa-project.org/main/index.php/Main_Page.
- [39] M. Rouse, „Serial Digital Interface (SDI),” 09 2005. [Online]. Available: <http://searchnetworking.techtarget.com/definition/Serial-Digital-Interface>.
- [40] Wikipedia, „BNC-connector,” 08 04 2013. [Online]. Available: <http://nl.wikipedia.org/wiki/BNC-connector>.
- [41] M. Rouse, „HDMI (High-Definition Multimedia Interface),” 03 2010. [Online]. Available: <http://whatis.techtarget.com/definition/HDMI-High-Definition-Multimedia-Interface>.
- [42] Peter, „De S/PDIF en AES/EBU aansluiting, hetzelfde of toch niet?,” 20 02 2013. [Online]. Available: <http://www.audio-creative.nl/hifi/de-spdif-en-aesebu-aansluiting-hetzelfde-of-toch-niet/>.
- [43] Wikipedia, „S-Video,” 05 11 2013. [Online]. Available: <http://nl.wikipedia.org/wiki/S-Video>.
- [44] Wikipedia, „Serial digital interface,” 24 02 2014. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Serial_digital_interface.
- [45] „Direct memory access,” 17 02 2014. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Direct_memory_access.
- [46] Wikipedia, „Direct memory access,” 17 02 2014. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Direct_memory_access.
- [47] W. Stallings, „Computer Organisation and Architecture,” in *Computer Organisation and Architecture*, New Jersey, PEARSON, 2009, pp. 224-442.
- [48] J. Corbet, A. Rubini en G. Kroah-Hartman, „Address types used in Linux,” in *Linux device drivers, Third edition*, O'Reilly, 2005, p. 414.
- [49] J. Corbet, A. Rubini en G. Kroah-Hartman, „Memory mapping and DMA,” in *Linux device drivers, third edition*, O'Reilly, 2005, pp. 412 - 146.
- [50] W. Stallings, „Memory access,” in *Computer Organization and Architecture Designing for Performance*, Prentice Hall , 2009, p. 239.

- [51] J. Gaspar, „Chapter 6. Boost.Circular Buffer,” 28 10 2013. [Online]. Available: http://www.boost.org/doc/libs/1_55_0/doc/html/circular_buffer.html. [Geopend 11 04 2014].
- [52] makelinux, „Top and Bottom Halves,” makelinux, [Online]. Available: <http://www.makelinux.net/ldd3/chp-10-sect-4>. [Geopend 04 05 2014].
- [53] Ably, [Online]. Available: <http://www.ably.com.tw/pdt/vpics.asp?url=/file20061242225082.jpg>. [Geopend 25 04 2014].

7.1. Gebruikte tabellen en afbeeldingen

FIGUUR 1 GLOBALE NETWERK INFRASTRUCTUUR	4
FIGUUR 2 MI970VF MOEDERBORD BOVENZIJD [7]	6
FIGUUR 3 MI970VF MOEDERBORD ACHTERZIJD [8]	6
FIGUUR 4 RISER KAART [9]	6
FIGUUR 5 KINGSTON GEHEUGEN	7
FIGUUR 6 TRANSCEND TS16GMSA310 SSD [13]	8
FIGUUR 7 BLACKMAGIC DECKLINK STUDIO CAPTUREKAART [15]	9
FIGUUR 8 BLACKMAGIC DECKLINK STUDIO OVERVIEW [16]	9
FIGUUR 9 VAN CAPTUREKAART NAAR SERVERS	11
FIGUUR 10 SAMENHANG VAN DE BLACKMAGIC DRIVER	12
FIGUUR 11 NIEUWE IMPLEMENTATIE VIDEO DRIVER	15
FIGUUR 12 PLANNING	18
TABEL 1 AUTEUR GEGEVENS	1
TABEL 2 SNELHEDEN PCI BUS [17]	9
TABEL 3 NIET FUNCTIONELE SYSTEEMEISEN	14
TABEL 4 FUNCTIONELE SYSTEEMEISEN	14
TABEL 5 GEGEVENS CSNET	19
TABEL 6 VERSIEBEHEER	19

Ontwikkelen Linux driver voor Blackmagic video capturekaart

Bijlage D Ontwikkeldocument

**Ontwikkeldocument voor het project “*Ontwikkelen Linux driver
voor Blackmagic video capturekaart*”**

Door Maarten Hamburg

Auteur gegevens

Naam	Email adres	Telefoonnummer	studentnummer
Maarten Hamburg	Maarten.hamburg@gmail.com	0626871380	20064311

Tabel 1 Auteur gegevens

Inhoudsopgave

1. Inleiding	3
2. Use-cases	4
2.1. Use-case	4
3. Sequentie diagrammen	7
3.1. Driver laden	7
3.2. Driver verwijderen.....	8
3.3. Driver instellen	9
3.4. Video captureren	9
4. Toestand diagram.....	11
5. Testen	12
5.1. Driver laden	13
5.2. Driver verwijderen.....	14
5.3. Driver instellen	14
5.4. Video captureren	15
6. Bijlagen	16
6.1. Documentbeheer	16
7. Bibliografie.....	17
7.1. Gebruikte figuren en tabellen	17

1. Inleiding

Dit document is het ontwikkelrapport voor het project “Ontwikkelen Linux driver voor Blackmagic video capturekaart”. Omdat alleen de `blackmagic_core.c` wordt aangepast zal alleen deze source file als ontwerp in dit ontwerp document weergegeven. Hier is voor gekozen omdat de andere source bestanden niet gewijzigd hoeven te worden. Mocht later blijken dat andere wijzigingen noodzakelijk zijn, dan zal het ontwerp worden bijgesteld.`

2. Use-cases

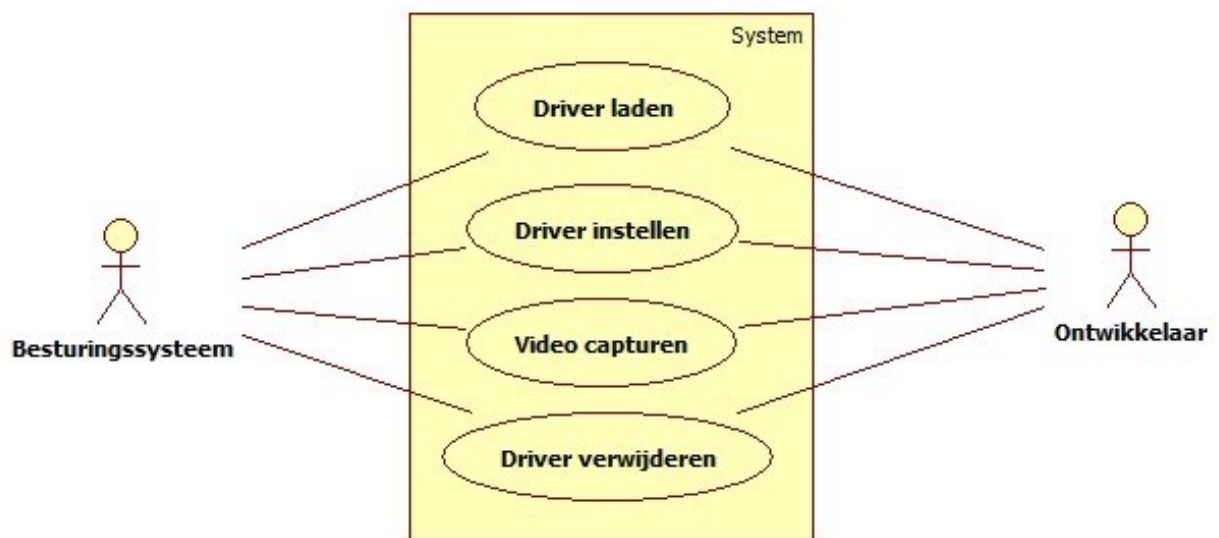
Dit hoofdstuk beschrijft de use-cases voor de CSmagic driver. Deze use-cases zijn opgesteld aan de hand van de functionele systeemeisen die in het architectuurrapport zijn opgenomen [1]. Om de driver te kunnen gebruiken zijn er 2 actoren:

- Besturingssysteem
- Ontwikkelaar

Alhoewel de driver voornamelijk uitgevoerd zal worden vanuit het besturingssysteem (scripts) is er ook een actor ontwikkelaar. Deze actor zal tijdens het ontwikkelen van de driver de handelingen die normaal worden uitgevoerd vanuit een script handmatig uitvoeren.

2.1. Use-case

In Figuur 1 is de use-case weergegeven aan de hand van de functionele eisen in het architectuurrapport [1].



Figuur 1 use-case

In de Tabel 2, Tabel 3 Tabel 4, Tabel 5, wordt een beschrijving gegeven voor de use-cases uit Figuur 1.

Use case beschrijving	
Naam	Driver laden
Samenvatting	De driver zal door het besturingssysteem of ontwikkelaar in de kernel worden geladen
Actoren	Besturingssysteem, Ontwikkelaar
Aannamen	<ul style="list-style-type: none"> De zender is ingeschakeld De actor beschikt over root rechten De actor ontwikkelaar beschikt over een terminal
Beschrijving	<ol style="list-style-type: none"> De actor geeft het commando aan modprobe om de driver te laden Modprobe controleert of de driver geladen kan worden. Indien dit lukt, retourneert modprobe een 0. Zo niet treedt uitzondering [Fout bij laden] op.
Uitzonderingen	<ul style="list-style-type: none"> [fout bij laden] De driver kan niet worden geladen omdat deze reeds in de kernel is geladen of een andere fout is opgetreden. De waarde 1 wordt geretourneerd.
Resultaat	De driver is geladen in de kernel.

Tabel 2 use-case driver laden

Use case beschrijving	
Naam	Driver instellen
Samenvatting	Door het besturingssysteem of ontwikkelaar wordt de driver ingesteld. Dit is bijvoorbeeld de resolutie en de pixelformaat.
Actoren	Besturingssysteem, ontwikkelaar
Aannamen	<ul style="list-style-type: none"> De zender is gestart. De driver is geladen. De capturekaart is herkend. FFmpeg of v4l2-ctl is op het systeem aanwezig. De actor ontwikkelaar heeft beschikking over een terminal
Beschrijving	<ol style="list-style-type: none"> De actor geeft aan FFMpeg of v4l2-ctl de parameters mee voor de driver. Wanneer de parameters in de driver zijn opgeslagen retourneert de v4l2-ctl of FFMpeg de waarde 0. Lukt dit niet treedt uitzondering [foutieve parameters] op.
Uitzonderingen	<ul style="list-style-type: none"> [foutieve parameters] Er is een ongeldige combinatie voor de configuratie opgegeven. De waarde 1 wordt geretourneerd.
Resultaat	De driver is ingesteld met de opgegeven parameters.

Tabel 3 use-case driver instellen

Use case beschrijving	
Naam	Video captureren
Samenvatting	De actor besturingssysteem of ontwikkelaar zal de videocapture mode activeren.
Actoren	Besturingssysteem, Ontwikkelaar
Aannamen	<ul style="list-style-type: none"> De zender is gestart. De driver is geladen. De capturekaart is herkend. FFmpeg of v4l2-ctl is op het systeem aanwezig. De actor ontwikkelaar heeft beschikking over een terminal De driver is reeds ingesteld met de gewenste parameters
Beschrijving	<ol style="list-style-type: none"> De actor geeft het commando aan FFMpeg of v4l2-ctl om in streaming mode te gaan. De capturekaart begint het captureren van de video data. FFMpeg of v4l2-ctl retourneert 0 wanneer de stream is gestart. Wanneer dit niet lukt, treedt een uitzondering op [Kan streamen niet starten]
Uitzonderingen	<ul style="list-style-type: none"> [Kan streamen niet starten] De driver kan niet streamen omdat de configuratie onjuist is en retourneert de waarde 255.
Resultaat	De applicatie FFMpeg ontvangt streaming videodata.

Tabel 4 use-case video captureren

Use case beschrijving	
Naam	Driver verwijderen
Samenvatting	De driver zal door het besturingssysteem of ontwikkelaar verwijderd worden uit de kernel.
Actoren	Besturingssysteem, ontwikkelaar
Aannamen	<ul style="list-style-type: none"> De zender is ingeschakeld De driver is geladen De actor beschikt over root rechten De actor ontwikkelaar beschikt over een terminal
Beschrijving	<ol style="list-style-type: none"> De actor geeft het commando aan rmmod om de driver te verwijderen. Rmmod controleert of de driver verwijderd kan worden. Indien dit is geslaagd retourneert het rmmod een 0. Wanneer dit niet lukt, treedt uitzondering [fout bij verwijderen] op.
Uitzonderingen	<ul style="list-style-type: none"> [fout bij verwijderen] De driver kan niet worden verwijderd uit de kernel. Rmmod retourneert de waarde 1.
Resultaat	De driver is uit de kernel verwijderd.

Tabel 5 use-case driver verwijderen

3. Sequentie diagrammen

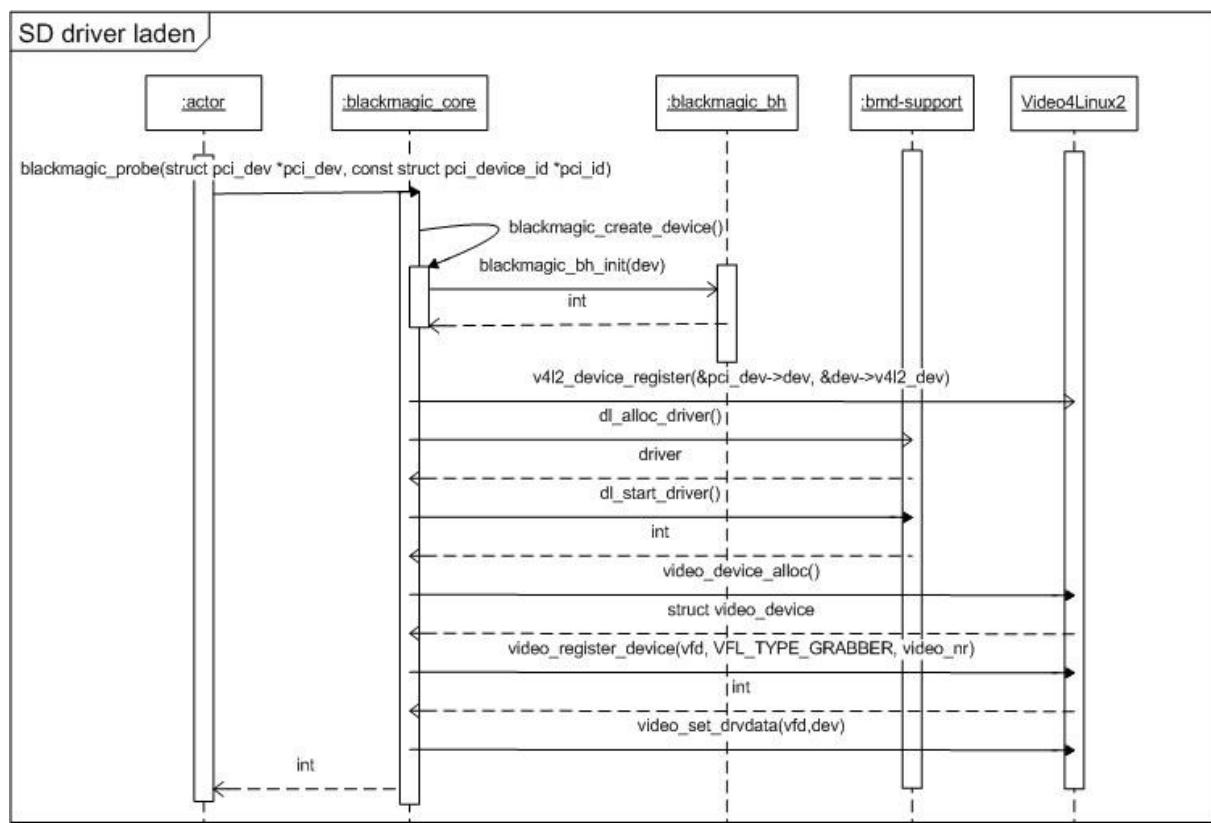
In dit hoofdstuk worden de sequentiediagrammen voor de CSmagic driver weergegeven. In de sequentie diagrammen worden de functie-aanroepen, voor zover deze reeds bekend zijn, weergegeven. Ook worden de nieuwe toe te voegen functies weergegeven.

In UML sequentiediagrammen wordt de interactie tussen objecten weergegeven. Omdat wanneer een source file als blackmagic_core.c wordt gecompileerd een object is, is de blackmagic_core als object in het sequentie diagram weergegeven. Hiermee wordt zoveel mogelijk de UML taal intact gelaten.

De doorgetrokken lijnen geven een aanroep aan naar een functie binnen een object. Vanuit blackmagic_core wordt een call gedaan naar het blackmagic_bh object waar de functie blackmagic_bh_init is gedefinieerd. Deze functie retourneert een integer. De lange witte lijn omlaag geeft aan hoelang de levenslijn van de functie is.

3.1. Driver laden

In Figuur 2 wordt de sequentie gegeven voor het laden van de driver.



Figuur 2 Driver laden

In Figuur 2 wordt het sequentie diagram voor het laden van de driver gegeven. De actor voert het programma modprobe uit waardoor de functie blackmagic_probe in het blackmagic_core object wordt aangeroepen. Vervolgens wordt vanuit de probe een aanroep gedaan naar de functie blackmagic_create_device die op zijn beurt een blackmagic_bh_init uitvoert.

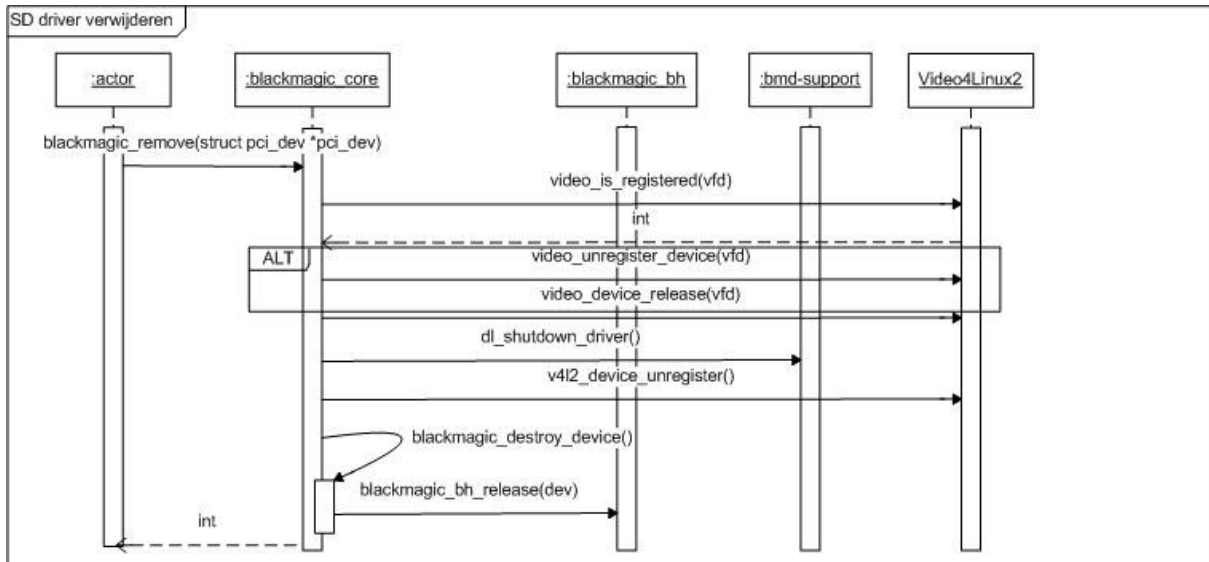
Vervolgens wordt de v4l2_device register uitgevoerd waarmee het Video4Linux2 apparaat wordt geregistreerd.

Ook wordt de Blackmagic driver geïnitieerd door dl_alloc_driver en dl_start_driver aan te roepen. Door de aanroep van video_device_alloc wordt de video_device struct geretourneerd.

Video_device_register registreert het daadwerkelijke character device. De return waarde is een integer. Door de aanroep naar video_set_drvdata wordt de private data aan de driver toegevoegd.

3.2. Driver verwijderen

In Figuur 3 wordt het sequentie diagram gegeven voor het verwijderen van de driver.



Figuur 3 Driver verwijderen

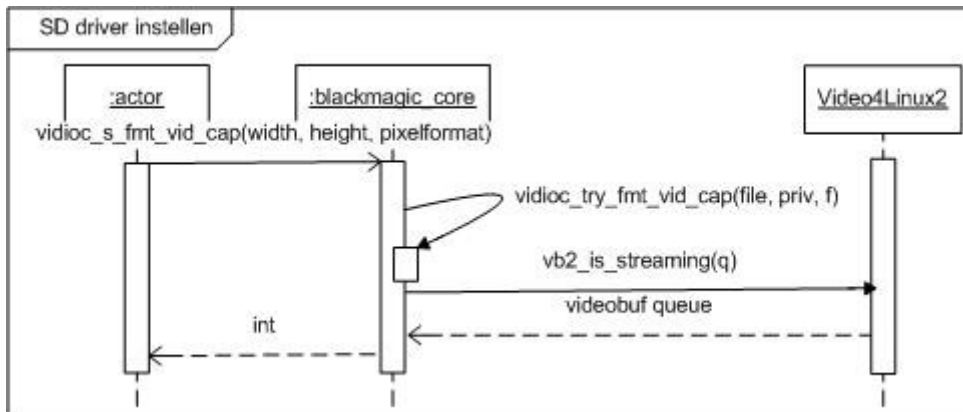
De actor voert via rmmod een verzoek om de driver te verwijderen in het blackmagic_core object de functie blackmagic_remove wordt aangeroepen. De functie video_is_registered binnen het Video4Linux2 framework wordt aangeroepen. Indien het device is geregistreerd wordt door functie video_unregister_device en video_device_release het video device verwijderd.

De dl_shutdown in bmd-support.o wordt aangeroepen waarna het video_device uit de kernel wordt verwijderd door de aanroep van v4l2_device_unregister.

Binnen het blackmagic_core object wordt vervolgens de blackmagic_destory_device aangeroepen evenals de blackmagic_bh_release waarmee de bottom half handler wordt verwijderd.

3.3. Driver instellen

In Figuur 4 is de sequentie diagram weergegeven voor het instellen van de driver.



Figuur 4 driver instellen

De actor geeft het commando om de parameters van de driver in te stellen via FFmpeg of v4l2-ctl. De functie `videoc_try_fmt_vid_cap` wordt aangeroepen waarin de parameters worden gezet in de driver. Vervolgens wordt de functie `vb2_is_streaming` aangeroepen binnen Video4Linux2 framework aangeroepen en wordt de queue teruggegeven aan de functie `videoc_try_fmt_vid_cap`.

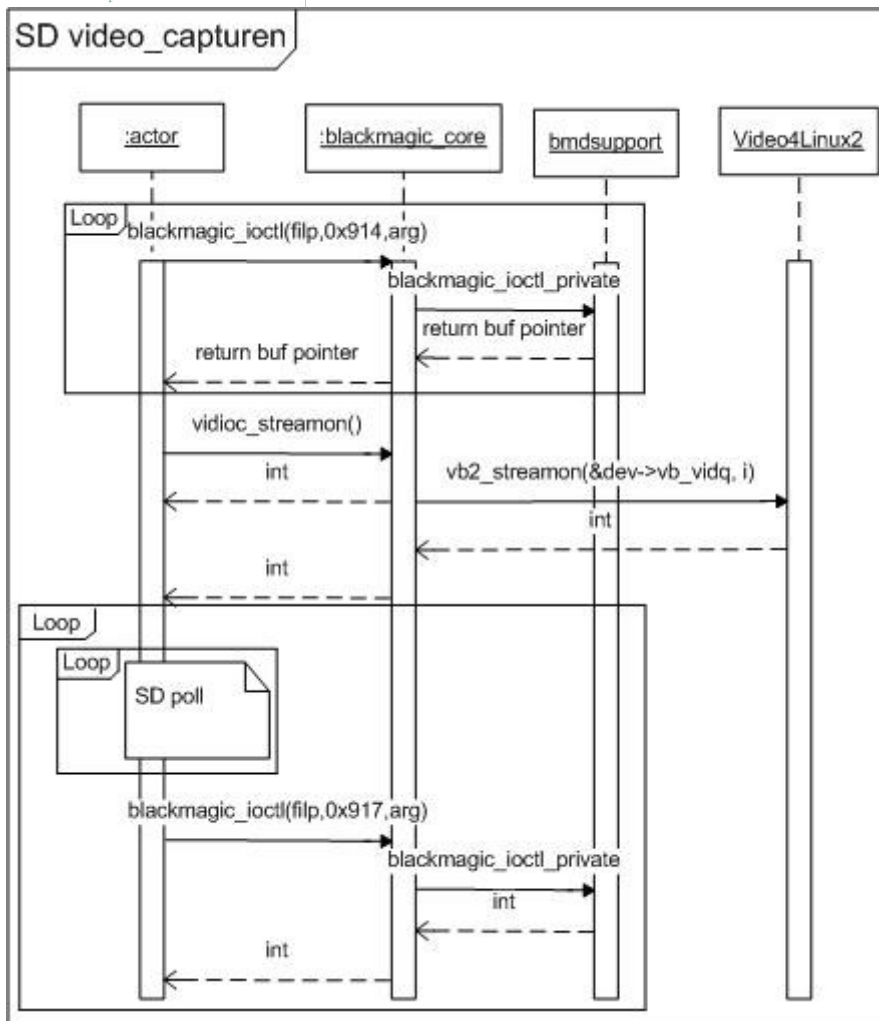
De waarde 0 wordt terug gegeven aan de FFmpeg of v4l2-ctl.

3.4. Video captureren

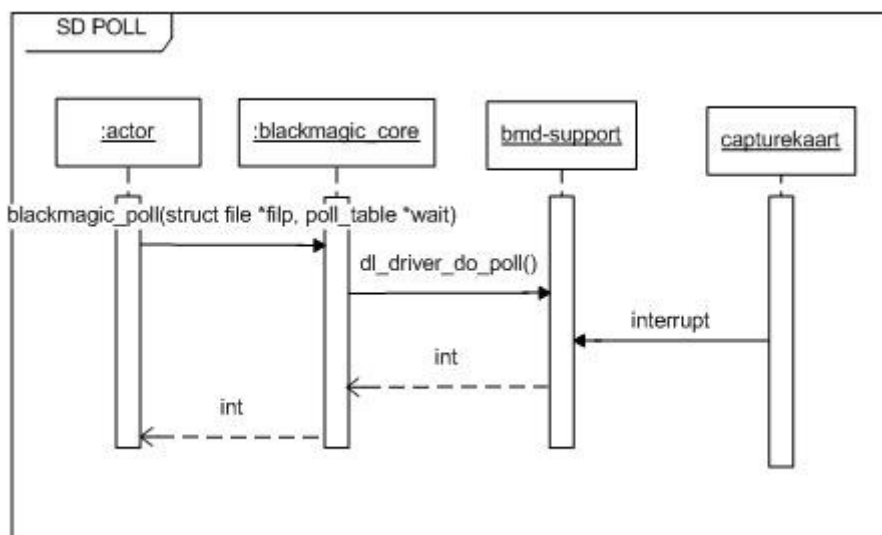
In Figuur 5 is het sequentie diagram voor de use-case video captureren weergegeven. Deze sequentie wijkt af van de bovenstaande sequentie diagrammen. Wanneer de video moet worden gecaptured zullen er eerst buffers worden aangemaakt. Dit gebeurt door `blackmagic_ioctl` aan te roepen voor het aantal buffers dat moet worden gemaakt. Wanneer dit is gedaan wordt de streamon doorgegeven aan de blackmagic core.

Hierna zal continu een poll worden uitgevoerd om te kijken of er nieuwe data in het geheugen is geplaatst. Dit is weergegeven in Figuur 6. De poll is een actie dat frequent wordt uitgevoerd en is derhalve als loop weergegeven.

Wanneer de video data is verwerkt zal door het aanroepen van de `blackmagic_ioctl` de buffer worden leeggemaakt.



Figuur 5 video capturen

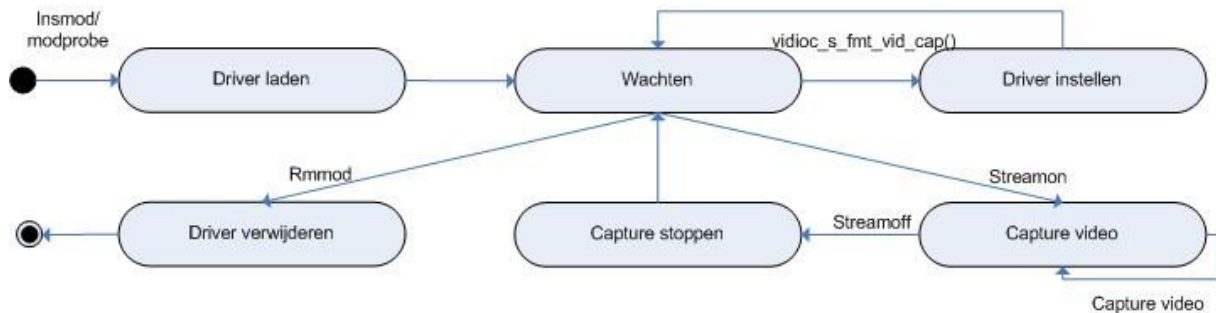


Figuur 6 poll

De capturekaart in Figuur 6 is enkel weergegeven om de interactie te laten zien dat volgt op een interrupt van de capturekaart. De capturekaart is derhalve ook geen object.

4. Toestand diagram

In Figuur 7 is te zien in welke toestanden de driver zich kan bevinden. In de toestand wachten is enkel de driver geladen en worden er geen operaties op uitgevoerd.



Figuur 7 toestand diagram laden, streamen en verwijderen van de driver

In Figuur 7 zijn de toestanden te zien waarin de driver zich kan bevinden.

1. Via insmod of modprobe wordt de driver geladen
2. De driver wacht vervolgens tot hij in de streaming mode wordt gezet of wordt ingesteld
3. De driver blijft in de streaming mode totdat de capture wordt gestopt
4. Wanneer de capture is gestopt zal de driver wachten tot het opnieuw moet captureren of de driver wordt verwijderd
5. Wanneer het captureren wordt hervat wordt de cyclus herhaald vanaf punt 3.
6. Wordt de driver verwijderd, dan wordt de driver uit de kernel verwijderd.

5. Testen

In de onderstaande paragrafen worden diverse test scenario's beschreven die tijdens het ontwikkelen van de driver worden gebruikt. De test condities zijn dusdanig geformuleerd te zijn dat hier enkel een positieve of negatieve uitslag op van toepassing is. Normaal zou een testplan worden opgenomen in het CSnet online testplannen systeem, echter kunnen daar geen randvoorwaarden bij een test worden opgenomen. Wanneer dit mogelijk is zullen de onderstaande testen naar het online systeem worden verplaatst. De testen zijn white-box programma testen [2], hiermee zal worden gecontroleerd of de driver voldoet aan de gestelde eisen. Elke test heeft als doel een functionele of niet functionele eis te testen. De testen zijn dusdanig geformuleerd dat deze overeenkomen met hoe ze binnen CSNet worden gebruikt.

Voor de volledigheid worden hier de functionele en niet functionele eisen waaraan de driver moet voldoen weergegeven. Deze functionele en niet functionele eisen zijn afkomstig uit het architectuurrapport [1].

Niet functionele systeemeisen	
De driver moet minimaal compatible zijn met Debian Squeeze	De driver moet compatible zijn met het besturingssysteem Squeeze van Debian. Hogere versies hoeven niet ondersteund te worden, maar indien compatibiliteit met Wheezy kan worden verkregen is dit als toevoeging mooi meegenomen. Lagere versies dan Squeeze hoeven niet te worden ondersteund.
De driver moet compatible zijn met het Video4Linux2 framework	De driver moet compatible zijn met het Video4Linux2 framework. Dit betekent dat er interactie kan plaatsvinden tussen FFmpeg en v4l2-ctl.
De driver moet tenminste ingesteld kunnen worden dat de SDI ingang kan worden gebruikt	De capturekaart bevat diverse ingangen die kunnen worden geselecteerd. Echter ligt de prioriteit bij het verkrijgen van video data via de SDI ingang. Mochten de overige ingangen ook werken, dan is dit mooi meegenomen.
De driver moet Full HD met 25 frames ondersteunen	De driver moet een resolutie van 1920 X 1080 met 25 frames per seconde ondersteunen in Progressive Scan mode. Ook lagere resoluties moeten ingesteld kunnen worden.
De driver moet pixel mode YUV420p ondersteunen	De driver moet kunnen worden ingesteld in pixel formaat YUV420p. Betere pixel formaten zijn niet noodzakelijk maar wel wenselijk.

Tabel 6 Niet functionele systeemeisen

Functionele systeemeisen	
Driver laden	Via modprobe of insmod wordt de driver geladen in de kernel.
Driver instellen	De driver kan via FFmpeg of vanuit het Video4Linux2 framework worden ingesteld. Dit omvat het instellen van de resolutie en het aantal frames per seconde
Video capturen	De driver verkrijgt de video data van de capturekaart
Driver verwijderen	De driver wordt via rmmod verwijderd uit de kernel

Figuur 8 functionele systeemeisen

5.1. Driver laden

Tijdens het uitvoeren van deze test zal de driver worden geladen in de Linux kernel. Hierdoor wordt een /dev/video0 aangemaakt. Door het uitvoeren van deze test wordt de functionele eis “De driver kan worden geladen in de kernel” getest.

5.1.1. Randvoorwaarden

- De zender is ingeschakeld
- De kernel module is nog niet geladen
- Het kernel object csmagic is aanwezig
- De driver dient te worden geladen met root rechten
- De uit te voeren commando's worden vanaf de terminal uitgevoerd.

5.1.2. Test

Test conditie	Omschrijving	Geslaagd	Gefaald
De driver kan worden geladen in de kernel?	Dit kan worden gedaan door insmod csmagic.ko uit te voeren vanuit de map waar dit kernel object te vinden is.		
Is de driver in de kernel geladen?	Dit kan worden gecontroleerd door lsmod grep csmagic uit te voeren		
Is er een video device aangemaakt?	Dit kan worden gecontroleerd door ls -l /dev/ grep video uit te voeren. Hier moet een video0 te vinden zijn		
Heeft de video0 het juiste major nummer?	Het major nummer voor video0 moet zijn 81. Bijvoorbeeld: 81, 0 May 2 09:17 video0		
Kan de module informatie worden geraadpleegd?	Dit kan worden gedaan door modinfo csmagic uit te voeren.		
Staat bij de filename de locatie waarvandaan de module is geladen?	Wanneer het script ./go.sh wordt uitgevoerd zal hier staan: /lib/modules/3.2.0-4-686-pae/kernel/drivers/media/video/csmagic.ko.		
De version komt overeen met de versie van de driver?	De versie van de driver is terug te vinden in de blackmagic_core.c		
Staat bij description de beschrijving van de driver?	Deze moet overeen komen met de beschrijving in de blackmagic_core.c		
Staat bij author de auteur vermeld?	Dit is de author zoals te vinden is in de blackmagic_core.c		
Blijft het systeem stabiel na het laden van de driver?	Dit kan worden gecontroleerd door bijvoorbeeld een toets op het toetsenbord in te drukken of de driver een tijd geladen te houden.		
Zijn er in de system log fouten te zien gerelateerd aan de driver?	De meldingen van de driver zijn te vinden in /var/log/syslog. Elke log regel heeft de waarde blackmagic: in zich.		
Resultaat			

Test 1 Driver laden

5.1.3. Opmerkingen bij de test

5.2. Driver verwijderen

Tijdens het uitvoeren van deze test zal de driver uit de Linux kernel worden verwijderd. Hiermee zal het video device worden verwijderd uit /dev/. Ook zal de driver via lsmod niet te vinden zijn. Door het uitvoeren van deze test wordt de functionele eis “De driver kan worden verwijderd uit de kernel” getest. Via lsmod moeten ook de video4linux2 drivers zijn verwijderd. Dit is bijvoorbeeld v4l2-common

5.2.1. Randvoorwaarden

- De zender is ingeschakeld
- De driver is geladen in de Linux kernel.
- De module wordt verwijderd door een user met root rechten.
- De driver is niet in gebruik.
- De uit te voeren commando's worden vanaf de terminal uitgevoerd.

5.2.2. Test

Test conditie	Omschrijving	Geslaagd	Gefaald
De driver kan worden verwijderd uit de kernel?	Dit kan worden gedaan door rmmod csmagic uit te voeren.		
Het video device is verwijderd uit /dev/	Dit kan worden gecontroleerd door ls -l /dev/ grep video uit te voeren. Het eerder aangemaakte apparaat mag hier niet meer te vinden zijn		
In de systeemlog is terug te vinden dat de driver succesvol is verwijderd?	Dit is te vinden in /var/log/syslog		
De driver is verwijderd uit de kernel?	Dit kan worden gecontroleerd door lsmod grep csmagic uit te voeren. Er mogen nu geen resultaten komen. Ook de v4l2-common moet niet terug te vinden zijn in de lsmod, tenzij deze door een andere module in gebruik is.		
Zijn de video4linux2 drivers ook verwijderd?	Dit kan worden gecontroleerd via lsmod grep v4l2-common		
Resultaat			

Test 2 Driver verwijderen

5.2.3. Opmerkingen bij de test

5.3. Driver instellen

Tijdens het uitvoeren van deze test wordt duidelijk of de driver via het video4linux framework kan worden ingesteld. Door het uitvoeren van deze test wordt de functionele eis “Driver instellen” getest. De test wordt uitgevoerd via de v4l2-ctl. Hiermee wordt eenzelfde resultaat bereikt als instellen via FFmpeg.

5.3.1. Randvoorwaarden

- De zender is ingeschakeld
- De driver is geladen in de kernel
- Er is een video0 device aangemaakt.
- v4l-utils zijn geïnstalleerd op het systeem

5.3.2. Test

Test conditie	Omschrijving	Geslaagd	Gefaald
De driver informatie kan worden verkregen via het Video4Linux2 framework	Dit kan worden uitgevoerd door v4l2-ctl --all uit te voeren		
De resolutie alsmede de pixelformat kan worden ingesteld	V4l2-ctl --set-fmt-video=width=1920,height=1080,pixelformat=V4L2_PIX_FMT_YUYV		
Het ingestelde video format is opgeslagen in de driver	V4l2-ctl --get-fmt-video geeft de ingevoerde waardes weer		
Resultaat			

Test 3 Driver openen

5.3.3. Opmerkingen bij de test

5.4. Video captureren

Tijdens het uitvoeren van deze test wordt gecontroleerd of de driver video kan captureren. Dit betekent dat v4l2-ctl de streamon functie kan gebruiken om in streaming mode te komen.

5.4.1. Randvoorwaarden

- De zender is ingeschakeld
- De driver is geladen in de kernel
- Er is een video0 device aangemaakt.
- v4l-utils zijn geïnstalleerd op het systeem

5.4.2. Test

Test conditie	Omschrijving	Geslaagd	Gefaald
De driver kan in streaming mode worden gezet	De driver kan door middel van het uitvoeren van v4l2-ctl --streamon in streamingmode worden gezet.		
Via FFmpeg kan de driver in capture mode worden gezet	Dit kan worden gedaan door het commando uit te voeren: Ffmpeg -y -f video4linux2 -i /dev/video0 -q:v 24 -r 25 -vcodec libx264 -x264opts -aspect 16:9 -s 1920x1080 -pix_fmt YUV420p /dev/video.h264		
Resultaat			

Test 4 Video captureren

5.4.3. Opmerkingen bij de test

6. Bijlagen

6.1. Documentbeheer

Gegevens CSNet

Naam	Email adres	Telefoonnummer	Functie
Andre Canrinus	acanrinus@corp.csnet.nl	0182-750571	Manager afdeling ontwikkeling
Daan van Heteren	d.vanheteren@corp.csnet.nl	0182-570500	Directeur

Tabel 7 Gegevens CSNet

Versiebeheer Technisch ontwerp

Datum	Versie	Status
19-04-2014	0.1	Concept
08-05-2014	0.2	Concept
14-05-2014	0.3	Concept
25-05-2014	0.4	Concept
26-05-2014	0.5	Concept
03-06-2014	1.0	Definitief

Tabel 8 Versiebeheer

7. Bibliografie

- [1] M. Hamburg, „Architectuurrapport Ontwikkelen Video4Linux2 driver voor Blackmagic video capturekaart,” 2014.
- [2] M. Pol, R. Teunissen en E. van Veenendaal, „White-box testsoorten,” in *Testen volgens Tmap*, 'S-Hertogenbosch, Uitgeverij Tutein Nolthenius, 2002, p. 40.
- [3] J. Warmer en A. Kleppe, „Toestandsdiagrammen,” in *Praktisch UML*, Amsterdam, Pearson Education Benelux bv, 2007, pp. 131 - 140.
- [4] M. Hamburg, „Vision document Ontwikkelen Linux driver voor Blackmagic video capturekaart,” 2014.

7.1. Gebruikte figuren en tabellen

FIGUUR 1 USE-CASE	4
FIGUUR 2 DRIVER LADEN	7
FIGUUR 3 DRIVER VERWIJDEREN	8
FIGUUR 4 DRIVER INSTELLEN	9
FIGUUR 5 VIDEO CAPTUREN	10
FIGUUR 6 POLL	10
FIGUUR 7 TOESTAND DIAGRAM LADEN, STREAMEN EN VERWIJDERDEN VAN DE DRIVER	11
FIGUUR 8 FUNCTIONELE SYSTEEMEISEN	12
TEST 1 DRIVER LADEN	13
TEST 2 DRIVER VERWIJDEREN	14
TEST 3 DRIVER OPENEN	15
TEST 4 VIDEO CAPTUREN	15
TABEL 1 AUTEUR GEGEVENS	1
TABEL 2 USE-CASE DRIVER LADEN	5
TABEL 3 USE-CASE DRIVER INSTELLEN	5
TABEL 4 USE-CASE VIDEO CAPTUREN	6
TABEL 5 USE-CASE DRIVER VERWIJDEREN	6
TABEL 6 NIET FUNCTIONELE SYSTEEMEISEN	12
TABEL 7 GEGEVENS CSNET	16
TABEL 8 VERSIEBEHEER	16