

ONGERUBRICEERD

TNO-rapport

WebM een alternatief voor H.264?

Onderzoek naar het gebruik van open source software en
open standaarden

Technical Sciences

Brassersplein 2
2612 CT Delft
Postbus 5050
2600 GB Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 70 00
F +31 88 866 70 57
infodesk@tno.nl

Datum	23 juni 2011
Auteur(s)	Dr. Ir. Mark van Staalduinen, Martin Prins MSc
Reviewers	Ir. Kamal Ahmed Ir. Frits Klok Drs. Dirk Griffioen
Aantal pagina's	38 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	3
Opdrachtgever	Bram Tullemans
Projectnaam	WebM Pilot
Projectnummer	035.33967
Rapportnummer	35616

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

© 2011 TNO

ONGERUBRICEERD

Managementsamenvatting

Dit rapport presenteert de bevindingen die zijn gedaan tijdens de ontwikkeling en het gebruik van de een live- en VoD-keten, die is gebaseerd op het open videoformaat WebM. Uitgangspunten bij de ontwikkeling die keten waren:

- Focus op gebruik door aan te sluiten bij de operationele omgeving van NPO,
- Nadruk op configureren van open source componenten in plaats van het programmeren van ontbrekende functionaliteit,
- “Open” project zodat de pilot eenvoudig gebruikt en herhaald kan worden door andere partijen.

WebM is door Google ontwikkeld en wordt gepositioneerd als een vrij te gebruiken alternatief voor de videostandaard H.264 die op dit moment het meest wordt gebruikt. Deze formaten zijn al regelmatig met elkaar vergeleken, maar daarin wordt veelal alleen gefocust op de encodingkwaliteit en zelden op alle aspecten die nodig zijn om een dergelijke keten te realiseren in een bestaande organisatie.

Met betrekking tot het gebruik van WebM door de NPO zijn de belangrijkste conclusies:

- Op dit moment is het niet mogelijk om zonder veel extra ontwikkeling een WebM gebaseerde live- en VoD-dienst te ontwikkelen die aansluit bij de bestaande infrastructuur van de NPO.
- Het feit dat Google volop investeert in de ontwikkeling van WebM geeft vertrouwen met betrekking tot toekomstvastheid en de verwachting dat WebM op termijn een serieus alternatief kan bieden.
- Waarschijnlijk zijn er, naast Google, partijen met patenten op WebM, wat de uitrol van WebM als open formaat kan belemmeren.

Gebruikte afkortingen

DRM – Digital Rights Management
MXF – Material Exchange Format
NPO – Nederlandse Publieke Omroep
SD – Standard Definition
SDI – Serial Digital Interface
TRL – Technology Readiness Level
UZG – Uitzending Gemist
VoD – Video on Demand

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	2
Gebruikte afkortingen.....	3
1 Inleiding	5
1.1 Achtergrond	5
1.2 Probleemstelling	7
1.3 Doelstelling	7
2 Bevindingen WebM pilot.....	9
2.1 SDI video capture	9
2.2 Video encoding	10
2.3 Webserver	12
2.4 Videoplayer in de webbrowser	13
2.5 Conclusies	13
3 Evaluatie van de VoD keten.....	15
3.1 Kosten.....	15
3.2 "Open" aspecten	15
3.3 Quality of Experience.....	17
3.4 Beheersbaarheid en toekomstvastheid	18
3.5 Bereik en toekomstperspectief	19
3.6 Ketefunctionaliteit	20
3.7 Conclusies	20
4 Kwalitatieve WebM evaluatie met paneltest	22
4.1 Aanpak.....	22
4.2 Resultaten.....	27
4.3 Conclusies	30
5 Conclusies en aanbevelingen	32
Appendix A: Encoder Instellingen	34
Appendix B: Systeem instellingen	36
Appendix C: Handhaving target bitrates	37

1 Inleiding

Dit rapport presenteert de bevindingen van een pilot, waarin het gebruik van het nieuwe videoformaat WebM is onderzocht. De belangrijkste uitgangspunten bij deze pilot waren:

- Focus op gebruik door aan te sluiten bij de operationele omgeving van NPO,
- Nadruk op configureren van open source componenten in plaats van het programmeren van ontbrekende functionaliteit,
- “Open” project zodat de pilot eenvoudig gebruikt en herhaald kan worden door andere partijen¹.

Het gebruik van open source software en open standaarden worden steeds belangrijker voor omroepen. De verschillende oplossingen worden kwalitatief volwassen en gaan serieuze alternatieven bieden voor closed source software en proprietary standaarden. Daarnaast heeft deze “open” ontwikkeling als voordeel dat minder of geen licentiekosten aan het gebruik verbonden zijn. Om meer inzicht te krijgen in de praktische aspecten bij het gebruik van open source software en open standaarden, heeft de NPO deze pilot geïnitieerd.

De pilot onderzoekt een live- en VoD-keten die gebaseerd is op het open multimedia formaat: WebM². Dit formaat heeft potentie om een standaard te worden voor “free” video op het internet en is daarom relevant in de context van internet gebaseerde video diensten zoals Uitzending Gemist (UZG). WebM is door Google ontwikkeld en wordt gepositioneerd als een vrij te gebruiken alternatief voor de standaard H.264 die op dit moment het meest wordt gebruikt.

De pilot is uitgevoerd door NPO-ICT, CodeShop en TNO. Deze partijen werkten samen in de volgende rolverdeling: access provider en beheerder van de bestaande infrastructuur van UZG (NPO-ICT), configuratie van de open source software (CodeShop) en kwalitatief- en ketenonderzoek (TNO). Daarnaast was TNO verantwoordelijk voor het projectmanagement.

1.1 Achtergrond

De commissie-Brinkman heeft in 2009 geconcludeerd dat de publieke omroep meer gebruik moet maken van open source software en vervolgens deze kennis en software moet delen met de buitenwereld, waaronder uitgevers³. Om invulling te geven aan deze conclusies zijn een aantal projecten uitgevoerd. Deze pilot geeft invulling aan de derde en laatste fase van het onderzoek naar open source software en open standaarden voor de publieke omroep.

Een open standaard wordt gekenmerkt door een aantal eigenschappen, zoals standaardisatie die wordt uitgevoerd door een non-profit organisatie en intellectueel eigendom dat vrij van royalties beschikbaar moet worden gesteld. Open standaarden bieden onder andere keuzevrijheid, interoperabiliteit en kostenvrij

¹ <http://kenniscentrum.publiekeomroep.nl/pilot/WebM/>

² <http://www.webmproject.org>

³ <http://webwereld.nl/nieuws/60667/-techniek-publieke-omroep-moet-open-source-.html>

gebruik. In de praktijk zijn er naast gesloten standaarden en open standaarden ook publieke standaarden, waarbij de standaardisatie organen gedreven worden door veelal commerciële partijen. Ondanks dat er in sommige gevallen voor gebruik betaald dient te worden leveren zij wel een open ecosysteem op dat duurzaam, interoperabel en fabrikant onafhankelijk is.

Open source software heeft als voordeel dat de broncode beschikbaar is en naar eigen inzicht gebruikt, gemodificeerd en gedistribueerd kan worden. Daarnaast kan deze technologie kosteloos worden gebruikt, tenzij het type licentie waaronder deze code beschikbaar is gemaakt dat niet toestaat. Naast voordelen zijn er ook nadelen, zoals ondersteuning van de technologie op de korte, maar zeker ook op lange termijn.

In 2009 heeft TNO voor de NPO een inventarisatie gemaakt van het gebruik van open source software en open standaarden binnen de publieke omroepen en de NPO. Hierbij is de gefocust op de distributie keten van de NPO: van productie bij de omroepen tot en met mediaconsumptie door consumenten. De belangrijkste conclusies waren:

- De NPO maakt uitgebreid gebruik van publieke en open standaarden⁴
- Open source software wordt in sommige delen van de distributieketen van de NPO toegepast (vooral op het vlak van broadcasting van nieuwe media).
- Lang niet alle functionaliteit van de distributieketen kan afgedekt worden door open source software.
- Een goede integratie met in gebruik zijnde (gesloten) software is van doorslaggevend belang voor het succesvol inzetten van open source software.
- Aspecten zoals maturiteit, support en toekomstvastheid van open source software spelen een belangrijke rol bij de besluitvorming om open source software in te zetten. Veel onderzochte pakketten scoren onvoldoende op één of meerdere van deze aspecten.

In 2010 is een vervolg fase gestart. Met het oog op een pilot in samenwerking met de omroepen is onderzocht welke criteria bepalend zijn geweest voor het succesvol inzetten van open source software:

- Er moet een bestaande (actieve) community zijn.
- De pilot moet goed aansluiten bij bestaande omroep activiteiten en potentie hebben voor een operationele dienst
- De inzet van de software moet lijden tot een kostenverlaging.

In deze fase lanceerde Google WebM. Aan de hand van de gevonden criteria is een business case opgesteld met aspecten die relevant zijn voor het gebruik van WebM. Om deze aspecten in de praktijk te toetsen is deze pilot uitgevoerd.

WebM is een open media formaat voor webgebaseerde videodiensten. WebM bestaat uit 3 onderdelen:

- een multimedia container formaat voor de opslag en distributie van videomateriaal. Dit formaat is gebaseerd op het open Matroska formaat
- het door Google ontwikkelde VP8 video formaat⁵
- Het open audio formaat Ogg Vorbis⁶.

⁴ De termen publieke standaarden en open standaarden worden toegelicht in

⁵ VP8 is ontwikkeld door On2 Technologies, wat in 2010 door Google is overgenomen. Voorloper VP6 was voor de introductie van H.264 het videoformaat van Flash.

Via Uitzending Gemist⁷ (UZG) kunnen uitgezonden programma's van de publieke omroep worden teruggekeken in een webbrowser op basis van H.264⁸. Hiervoor maakt de NPO gebruik van plugins van Adobe Flash en Microsoft Silverlight. Deze plugins bieden de mogelijkheid om de verdere verspreiding van auteursrechtelijk beschermd materiaal te voorkomen, wat een vereiste is voor het uitzenden van veel programma's. Deze plugins zijn niet voor alle besturingssystemen en webbrowsers beschikbaar, waardoor UZG voor een klein percentage Nederlandse gebruikers niet toegankelijk is.

Deze achtergrond maakt WebM relevant om te onderzoeken door middel van een pilot. Met HTML5 is het mogelijk om WebM zonder het gebruik van plugins te bekijken in een webbrowser. Dit maakt WebM in potentie interessant voor UZG, omdat mogelijk het bereik vergroot kan worden en kosten verlaagd kunnen worden.

1.2 Probleemstelling

In eerste instantie klinkt het gebruik van "open" aantrekkelijk. Het betreft veelal gratis technologie en software die naar eigen inzicht aangepast kan worden. Is het ook echt gratis of hoeven er alleen geen licentiekosten betaald te worden? Hoeveel kennis van de technologie is nodig om robuust diensten te kunnen leveren? Is de technologie voldoende volwassen om diensten te realiseren? Deze pilot beantwoordt deze vragen voor WebM en op basis van die bevindingen worden conclusies getrokken met betrekking tot het gebruik van open source software en open standaarden in het algemeen.

1.3 Doelstelling

Het primaire doel van deze pilot is inzichtelijk te maken of, en zo ja, welke praktische aspecten de inzet van open source software en open standaarden belemmeren. Deze kennis biedt de NPO de mogelijkheid in de toekomst beter gefundeerd keuzes maken ten aanzien van verschillende software varianten. Dit doel wordt bereikt door te onderzoeken of het open video formaat WebM een geschikt alternatief is voor H.264.

WebM biedt een alternatief als er twee videoketens ontwikkeld kunnen worden, waarin WebM geëncodeerde content uitgeserveerd wordt als live-stream en als Video-on-Demand (VoD). Figuur 1 presenteert deze keten met de benodigde componenten:

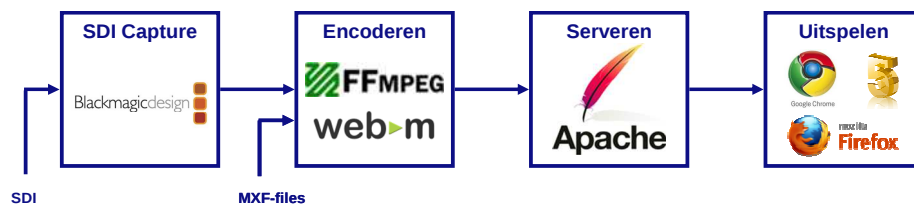
- **SDI video capture** (in SD formaat), met een SDI capture kaart voor live input;
- **Video encoding** naar het WebM formaat vanaf SDI capture en vanaf file voor VoD;
- **Webserver** voor het uitspelen als live-stream of als VoD-dienst via een webserver;

⁶ <http://www.vorbis.com/>

⁷ <http://www.uitzendinggemist.nl>

⁸ H.264 wordt veelal gebruikt in combinatie met MP4, als container formaat, en AAC of MP3 als audio formaat. Omdat de focus van dit rapport ligt op het videoformaat van WebM, wordt de term H.264 gehanteerd voor op H.264 gebaseerde distributie.

- **Videoplayer** voor het afspelen van WebM in de webbrowser.



Figuur 1: Onderzochte pilot opstelling

Om te bepalen of WebM een alternatief is, worden de volgende deelvragen beantwoord:

- Welke belemmeringen zijn er om deze twee videoketens op te zetten? Hiertoe zijn deze ketens geïmplementeerd door CodeShop. De bevindingen worden gepresenteerd in hoofdstuk 2.
- Kan WebM op korte termijn worden ingezet in de operationele keten van de NPO op basis van open source componenten? Om deze vraag te beantwoorden is een ketenevaluatie uitgevoerd door TNO en CodeShop: hoe presteert een fragment in het WebM formaat in verschillende browsers, maar ook hoe is de patentpositie van WebM? De resultaten hiervan worden gepresenteerd in hoofdstuk 3.
- Welke kwaliteit biedt WebM ten opzichte van H.264? Om deze vraag te beantwoorden heeft TNO een kwalitatief onderzoek uitgevoerd. De uitkomsten van dit onderzoek worden gepresenteerd in hoofdstuk 4.

Tenslotte presenteert hoofdstuk 5 de belangrijkste conclusies met betrekking tot het gebruik van WebM specifiek en het gebruik van open source en open standaarden in het algemeen.

2 Bevindingen WebM pilot

Dit hoofdstuk presenteert de belangrijkste bevindingen die zijn gedaan door CodeShop tijdens de ontwikkeling van de twee videoketens voor live- en VoD-dienstverlening op basis van WebM geëncodeerd video materiaal. Deze bevindingen hebben een sterke relatie met de mogelijkheden, maar ook de onmogelijkheden die open source software biedt.

Belangrijk uitgangspunt voor de keuzes bij het opzetten van de pilot keten was, dat deze zo goed mogelijk moet aansluiten bij de bestaande UZG keten. Om die reden is bijvoorbeeld de Flumotion⁹ oplossing van Fluendo afgefallen. Flumotion biedt WebM ondersteuning voor zowel live als VoD, maar dan als een geheel eigen distributieketen.

2.1 SDI video capture

Voor de live-keten moet een live-signaal in SD formaat opgepakt worden met een capture card, zodat de content vervolgens naar WebM geëncodeerd kan worden. Dit proces vereist twee componenten:

1. SDI capture-card om het SD signaal op te pakken,
2. Software om deze videostroom aan te bieden aan de encoder.

2.1.1 SDI capture-card

Als capture-card is in eerste instantie gekozen voor de Centaurus LT II capture board¹⁰. De software die bij deze kaart was meegeleverd bood geen goede ondersteuning om het SDI signaal op te vangen en beschikbaar te maken als input stream, waardoor deze niet out-of-the-box bruikbaar was voor live-capture. De beschikbare tools zijn er vooral op gericht het SDI signaal weg te schrijven naar een bestand. CodeShop gaf aan dat het wel mogelijk zou zijn om het signaal voor streaming beschikbaar te maken, maar dat dat een specifieke investering zou betreffen voor de Centaurus kaart.

Gegeven dat er alternatieven voor handen waren is gekozen om met een andere capture-card verder te gaan. Na overleg tussen NPO-ICT en CodeShop is besloten een kaart van Decklink¹¹ te gebruiken. Deze kaart bleek iets minder stabiel dan de Centaurus, maar een stuk goedkoper. Dit is waarschijnlijk een reden waarom de open source community rondom deze kaart een stuk actiever is. Ondanks beperkte support voor Linux voor deze kaart heeft CodeShop twee open source projecten geïdentificeerd, waarvan er een (decklink-ffmpeg)¹² geschikt is voor het real-time captureren van video van Decklink kaarten met behulp van FFmpeg.

⁹ Flumotion Streaming Software is een Open Source software pakket voor broadcasters, gebaseerd op het Gstreamer multimedia Framework. Bron: <http://www.flumotion.net/>

¹⁰ <http://www.dvs.de/products/video-boards/centaurus-ii-lt.html>

¹¹ <http://www.blackmagic-design.com/products/decklink/>

¹² <https://github.com/lu-zero/decklink-ffmpeg>

2.1.2 *SDI aanbieden aan encoder*

De TNO inventarisatie in 2009 heeft het door de BBC ontwikkelde pakket Ingex geïdentificeerd. Ingex is een toolkit voor de invoer ('Ingest') en opslag van audiovisueel materiaal in het productieproces, waarbij gebruik wordt gemaakt van een SDI capturecard en een standaard PC.

Tijdens de pilot is geconstateerd dat de Ingex software niet goed paste bij de doelstellingen van de pilot, namelijk het live kunnen invoeren van video materiaal via SDI; de software was gericht op het schrijven naar files, daarom is besloten Ingex niet in te zetten.

2.2 **Video encoding**

Voor de live- en VoD-keten zijn twee encoding processen nodig:

1. Encoderen van de SDI livestream naar het WebM formaat
2. Transcoderen van MXF bestanden naar WebM voor de VoD-dienst. MXF is het standaard formaat, waarin de omroepen programma's aanleveren.

Voor de encoding is gekozen voor het open source softwarepakket FFmpeg¹³, omdat het door NPO-ICT veel gebruikt wordt. FFmpeg is een toolkit die bestaat uit: een programma voor het converteren van multimedia bestanden, een library van audio en video codecs (libavcodec) en een library container- en distributiefformaten (libavformat) voor audio en video.

2.2.1 *Live-encoding*

Voor de live-dienst moet het SDI signaal geëncodeerd worden als WebM stream. Voor het live kunnen serveren van WebM video vereist WebM een ander encodingformaat (de manier hoe een WebM live-stream geëncodeerd moet worden) dan voor WebM files (voor VoD)¹⁴. In tegenstelling tot file-based encoding, is deze specificatie (nog) niet geïmplementeerd in FFmpeg. Overigens is deze specificatie wel geïmplementeerd in Gstreamer¹⁵, een mogelijk alternatief voor FFmpeg. Voor de pilot is het niet wenselijk om andere software te gebruiken dan FFmpeg, omdat de NPO voornamelijk FFmpeg gebruikt.

Dit issue maakt een relevant open source issue inzichtelijk. Doordat alle tools vrijelijk beschikbaar zijn, kan vrij eenvoudig onderzocht worden welke tools welke functionaliteiten hebben en of die ook daadwerkelijk geschikt zijn. Dit voorbeeld laat zien, dat veel benodigde functionaliteit beschikbaar is in FFmpeg, maar een cruciaal element niet, dat op dit moment alleen in Gstreamer beschikbaar is. Mogelijk zal op termijn FFmpeg doorontwikkeld worden voor WebM en zal deze functionaliteit voor live-streaming geïmplementeerd worden. Het feit dat vergelijkbare tools, als FFmpeg en Gstreamer, complementair zijn, is lastig te benutten.

¹³ <http://www.ffmpeg.org/>

¹⁴ Rapportage WebM pilot door CodeShop

¹⁵ <http://gstreamer.freedesktop.org/>

2.2.2 MXF-encoding

De omroepen leveren de programma's die uitgezonden worden aan in het MXF bestandsformaat, zoals is vastgelegd in de ketenafspraken¹⁶. Voor de pilot is gebruik gemaakt van MXF bestanden die konden worden aangeleverd met behulp van FTP. Het MXF formaat biedt de mogelijkheid om multi-channel audio aan te leveren. Het videomateriaal kan door FFmpeg worden geëncodeerd naar ieder ondersteund formaat, in dit geval VP8. Daarentegen biedt FFmpeg op dit moment geen volledige ondersteuning voor het converteren van multi-channel audio. Dit geldt in het bijzonder op het vlak van het down-mixen naar stereo, waarvoor geen standaard methode beschikbaar is, waardoor het audio signaal in dergelijke gevallen niet goed geëncodeerd wordt. Dit betekent dat FFmpeg niet goed inzetbaar is voor de NPO, tenzij FFmpeg wordt aangepast voor dit aspect, of dat deze operatie door een ander programma zou worden uitgevoerd. Overigens heeft Gstreamer exact dezelfde problemen.

Er is binnen de FFmpeg community al in 2008 een patch beschikbaar gesteld, die het downsamen van multi-channel naar stereo mogelijk maakt. De beheerders van de FFmpeg community, die controle hebben over welke functionaliteit in de dagelijkse releases terechtkomt, hebben de patch nooit goedgekeurd, met als argument dat die patch niet goed (genoeg) geprogrammeerd was, met als gevolg dat de support voor downsampling ontbreekt in FFmpeg. Partijen die deze patch wel willen gebruiken, kunnen deze wel (een voordeel van open source) compileren, maar dit moet handmatig gebeuren, waarbij compatibiliteit met de meest recente versie van FFmpeg niet gewaarborgd is.

Dit voorbeeld is illustratief voor de open source community. Voor veel problemen bestaan er wel (deel)oplossingen, maar die worden vervolgens niet geïntegreerd in de "officiële" releases. Enerzijds zou men kunnen denken, "dan doen wij dat toch zelf", maar dat betekent eigenlijk dat in dit geval de NPO een eigen afsplitsing (*branch*) start van de FFmpeg ontwikkelingen. Gevolg is dat nieuwe versies van FFmpeg niet direct gebruikt kunnen worden. Kortom, de technologie is vaak wel aanwezig, zeker in een actieve community als die van FFmpeg, maar er zijn andere belemmeringen, zoals de kwaliteit van de code, die maken dat de nieuwe functionaliteit niet snel of helemaal beschikbaar komt in het primaire ontwikkelpad van de software. Het integreren van de benodigde code in een eigen executable is vaak ook niet handig, omdat dan niet eenvoudig gebruik kan worden gemaakt van nieuwe releases van FFmpeg.

Dit voorbeeld staat niet op zich en vergelijkbare voorbeelden komen vaker voor in de open source community. Een interessante vraag die deze observatie oplevert is: wat zou de NPO moeten doen om deze functionaliteit wel beschikbaar te krijgen in het primaire ontwikkelpad van FFmpeg, zodat deze functionaliteit beschikbaar komt in officiële FFmpeg releases zonder een afsplitsing van de software te moeten creëren? Wie staat garant voor de kwaliteit daarvan? CodeShop doet op dit vlak de volgende aanbeveling: ontwikkel een component met deze functionaliteit welke zo generiek mogelijk is en niet te veel NPO specifiek, waardoor de kans zo groot mogelijk gemaakt wordt dat de beheerders van FFmpeg deze uitbreiding accepteren.

¹⁶ Ketenaafspraken TV versie 2.1 September 2010; afspraken tussen NPO en de omroepen.

2.2.3 VP8 encoder

Voor het encoderen van WebM wordt gebruik gemaakt van de door Google vrijgegeven VP8 encoder: bibliotheek *libvpx*¹⁷. Testen met *libvpx* liet lage encodeersnelheden zien, waardoor real-time encoding alleen mogelijk is voor een video-bitrate lager dan 200kbps, waardoor de beeldkwaliteit erg beperkt is. Er zijn verschillende oplossingsrichtingen onderzocht om te onderzoeken of de snelheid verbeterd kon worden:

- GStreamer implementatie met VP8 ondersteuning,
- Een nieuwere versie van Google's *libvpx* implementatie, die tijdens de ontwikkeling van de pilot beschikbaar kwam.

Met de GStreamer implementatie werden vergelijkbare resultaten behaald, maar met een nieuwere versie van *libvpx* werd de encoding snelheid een stuk beter, maar nog niet voldoende om real-time encoding van SDI mogelijk te maken.

Deze case introduceert een aantal aspecten die kenmerkend zijn voor open source software.

- Het is relatief eenvoudig om alternatieven te onderzoeken, ook tijdens het ontwikkelproces. Dit biedt de mogelijkheid om alsnog te switchen naar een ander pakket, bijvoorbeeld GStreamer in dit geval.
- Er komen regelmatig updates vanuit de community voor FFmpeg. Bij proprietary software is dit ook het geval, maar in dat geval is er sprake van een single-point of contact, waarvan afhangt of iets ontwikkeld wordt of niet. Enerzijds is een dergelijke constructie beter beheersbaar, anderzijds is een dergelijke constructie een risico. Als er geen medewerking wordt verleend aan de wensen van de NPO in dit geval. Voor open source software is er in ieder geval altijd nog een oplossing door deze specifiek voor de NPO te laten ontwikkelen.
- Deze pilot laat zien dat *libvpx* in combinatie met FFmpeg niet erg volwassen is met betrekking tot de eisen van een broadcaster zoals NPO. Voordat open source software voor een partij als NPO bruikbaar wordt, is het belangrijk dat het TRL (*technology readiness level*) voldoende hoog is om te integreren in een operationele dienst.

2.3 Webserver

In aanloop naar de pilot was *Lighttpd*¹⁸ de belangrijkste kandidaat om te gebruiken als webserver. Tijdens de kick-off met NPO-ICT werd duidelijk dat in verband met performance issues en gebrek aan verdere ontwikkelingen door de *Lighttpd* community werd overwogen te migreren naar de Apache webserver¹⁹. Een belangrijke reden is dat Apache chunked-encoding ondersteund en daardoor geschikt is voor live-publicatie. De pilot gebruikt dan ook alleen Apache, zodat de aansluiting met de operationele omgeving van NPO-ICT op orde bleef.

¹⁷ <http://www.webmproject.org/code/>. De code wordt beheerd door Google, maar iedereen kan verbeteringen of bug-fixes aanleveren. In het verleden heeft Google al bepaalde fixes geweigerd: <http://x264dev.multimedia.cx/archives/377>

¹⁸ www.lighttpd.net/

¹⁹ <http://www.apache.org/>

Dit voorbeeld illustreert een ander open source aspect. De ontwikkeling binnen de Lighthead community is min of meer stilgevallen. Indien gekozen wordt toch gebruik te gaan maken van een dergelijke oplossing, dan betekent dit dat er een risico wordt genomen, omdat benodigde kennis om eventuele problemen op te lossen minder goed voor handen zal zijn en deze waarschijnlijk binnen de eigen organisatie moet worden opgebouwd en onderhouden. Dit zelfde geldt ook voor het toevoegen van nieuwe functionaliteit: voor actieve open source projecten zijn in het algemeen meer ontwikkelaars beschikbaar die de kennis hebben om nieuwe functionaliteiten toe te voegen (en waarmee dus ook vendor lock-in wordt voorkomen).

2.4 Videoplayer in de webbrowser

Om het videomateriaal te bekijken wordt deze afgespeeld in een webbrowser met ondersteuning voor HTML5, waarvan Tabel 1 een voorbeeld presenteert. Deze browser moet vervolgens wel de mogelijkheden hebben om WebM video af te spelen. Dit is niet in alle browsers mogelijk. De volgende browsers ondersteunen WebM: Chrome, Opera en Firefox4. Bij het evalueren van de keten komen de specifieke aspecten aan de orde die relevant zijn voor de gebruikersbeleving, zoals gepresenteerd wordt bij Quality of Experience in hoofdstuk 3.

Tabel 1. Voorbeeld HTML5 code van het video-object

```
<video
  src="http://webm-pilot2.omroep.nl/video/
  big_buck_bunny_480p_stereo.ogg.webm"
  width="320" height="240" controls="yes" autoplay="yes">
  Your browser does not support the video tag
</video>
```

2.5 Conclusies

De ontwikkeling van de live- en VoD-keten heeft de volgende conclusies opgeleverd. Op dit moment is het binnen de gegeven uitgangspunten, onmogelijk om een live-dienst op te zetten die aansluit bij de bestaande infrastructuur van de NPO. Om dit te realiseren op basis van FFmpeg moet de software uitgebreid worden met specifieke functionaliteit om WebM in het juiste live-format te encoderen. Daarnaast kan FFmpeg de audio kanalen uit een MXF bestand niet goed mappen naar stereo, waardoor op dit moment het opzetten van een VoD-dienst gebaseerd op WebM met behulp van FFmpeg nog niet realistisch is. Voor de VoD keten evaluatie wordt er alleen gekeken naar beeldmateriaal, dus het is wel mogelijk de geïmplementeerde VoD-keten te evalueren als keten en op videokwaliteit.

Gegeven de drive van Google om WebM te ondersteunen is het niet onwaarschijnlijk dat de komende periode de ontbrekende schakels voor WebM

zullen worden ontwikkeld en beschikbaar worden gemaakt. Indien wenselijk kan dit proces versneld worden door deze componenten te laten ontwikkelen.

Met betrekking tot ontwikkeling op basis van open source software zijn de volgende observaties relevant:

- Het gebruik van open source biedt de mogelijkheid om alternatieven te onderzoeken, zoals Gstreamer ten opzichte van FFmpeg, of Apache als alternatief voor Lighttpd. Hiertoe zijn veelal verschillende aanleidingen, zoals het ontbreken van functionaliteit, bijvoorbeeld omdat de community gestopt is met doorontwikkelen.
- Open source software is voor een partij als NPO bruikbaar als het TRL (technology readiness level) voldoende hoog is. Dit is bijvoorbeeld voor de open source webserver Apache al lange tijd het geval. Dit geldt uiteraard ook voor gesloten software, maar de open source community publiceert software soms al in een vroegtijdig stadium.
- De open source community heeft een wat ongeorganiseerd karakter. Regelmatig worden updates uitgebracht, evenals closed source software makers dit doen. Bij closed source software makers is er veelal sprake van een single-point of contact, waarvan afhangt of iets ontwikkeld wordt of niet. Een dergelijke constructie is beter beheersbaar, maar een risico als er geen luisterend oor wordt gevonden.
- Ontbrekende functionaliteiten kunnen relatief eenvoudig ontwikkeld worden, maar het is wenselijk dat deze ook opgenomen worden in de dagelijkse releases. Daartoe moeten componenten zo generiek mogelijk ontwikkeld worden en niet te veel NPO specifiek, waardoor de kans zo groot mogelijk gemaakt wordt dat de beheerders van de FFmpeg software deze extensie accepteert.
- Met betrekking tot onderhoud en beheer is het essentieel dat de juiste kennis beschikbaar is, eventueel in de community, of bij een implementatiepartner als CodeShop en mogelijkerwijs ook in de eigen organisatie. Indien die kennis ontbreekt, dan moet naar een alternatief worden gezocht.

3 Evaluatie van de VoD keten

Dit hoofdstuk presenteert de evaluatie van de VoD-keten gebaseerd op WebM. In het project voorafgaand op deze pilot is een business case²⁰ opgesteld om grip te krijgen op alle elementen voor een succesvolle inzet van een videodienst gebaseerd op een formaat als WebM. Dit hoofdstuk doorloopt deze elementen één-voor-één aan de hand van de VoD-keten. Deze keten is geëvalueerd op basis van het VPRO programma Tegenlicht²¹ dat is gepubliceerd onder Creative Commons licentie, waardoor twee uitzendingen gebruikt konden worden voor de pilot.

3.1 Kosten

Het beeld dat open source software kosteloos is, is achterhaald. Het grote voordeel van open source is dat het een oplossing oplevert, zonder jaarlijkse licentie afdrachten, waardoor de operationele kosten laag zijn. Alleen de software is kosteloos, maar het uitvoeren van een pilot met die software is bijvoorbeeld niet kosteloos.

In potentie zou WebM voor de NPO een besparing van operationele kosten op kunnen leveren ter grootte van de licentiekosten die gerelateerd zijn aan H.264. In de praktijk zijn deze kosten verdisconteerd in software licenties. Vervolgens moet bepaald worden wat de kosten zijn van het ontwikkelen van WebM ketens om tot een indicatie te komen van de return-on-investment. Indien dit een acceptabele termijn is, dan zal deze business case verder uitgewerkt moeten worden.

Alle software die is gebruikt in deze pilot is vrijgegeven volgens de GPL licentie, dat betekent dat deze componenten voor derden commercieel te gebruiken zijn zonder betaling van licentiekosten. Dit betreft alle bestaande componenten, de tools ontwikkeld door CodeShop en de programma's ontwikkeld door TNO ten behoeve van de kwaliteitstest. De documentatie en het gebruikte test materiaal worden vrijgegeven onder open condities: Creative Commons (VPRO-CA) of zijn dit reeds: EBU test-content (te gebruiken ten behoeve van videokwaliteitstesten en voor niet commerciële doeleinden). Dit betekent dat de drempel om op basis van de bereikte resultaten door te ontwikkelen laag is.

3.2 “Open” aspecten

3.2.1 Publieke Opinie

Vanuit de overheid is druk ontwikkeld op publieke partijen, zoals de NPO, om gebruik te maken van open source software en open standaarden. In dit kader is het programma Nederland Open in Verbinding (NOiV) gestart. Een open standaard wordt volgens het NOiV gekenmerkt door de volgende eigenschappen²²:

1. De standaard is goedgekeurd door, en wordt beheerd door een non-profit organisatie. Lopende ontwikkelingen vindt plaats volgens een open

²⁰ Open Source Software Pilot gebaseerd op WebM, door TNO 2010.

²¹ <http://tegenlicht.vpro.nl/>

²² NOiV Definitie Open Standaard: <https://noiv.nl/open-standaarden-en-open-source/wat-zijn-open-standaarden/>

- besluitvormingsprocedure (op basis van consensus of meerderheidsbeschikking), die toegankelijk is voor alle belanghebbenden;
2. De standaard is gepubliceerd en de specificatie kan verkregen worden tegen een nominale (of geen) bijdrage;
 3. Het intellectuele eigendom is onherroepelijk ter beschikking gesteld op een royalty-free basis;
 4. Er zijn geen beperkingen omtrent het hergebruik van de standaard.

Op dit moment voldoet WebM niet aan de eigenschappen 1 en 3²³ en is dus geen open standaard, maar bij gebrek aan serieuze alternatieve videoformaten wordt WebM aangemerkt als de meest open videostandaard.

Door middel van deze pilot onderzoekt de NPO deze “open” ontwikkeling als onderdeel van de bestaande videodiensten. In principe is de drive naar “open” legitiem, maar waar veelal aan voorbij gegaan wordt, is het feit dat software niet op zichzelf staat, maar functioneert als onderdeel van een keten. Hoofdstuk 2 heeft laten zien dat het opzetten van een videoketen op basis van open source software met open standaarden niet triviaal is. Om die reden is het uitvoeren van deze pilot essentieel, omdat die inzichtelijk maakt, wat de consequenties zijn van het inzetten technologie met een laag TRL niveau, zoals de WebM implementatie in FFmpeg.

3.2.2 Patentanalyse WebM

Met betrekking tot de risico's van het inzetten van WebM zijn patenten belangrijk. Een van de bezwaren voor het gebruik van gesloten standaarden is de afdracht voor het gebruik hiervan, veelal door het gebruik van gepatenteerde technologie. Ondanks dat WebM wordt gepositioneerd als een vrij te gebruiken formaat, is het namelijk mogelijk dat naast Google andere partijen patenten hebben op WebM technologie waardoor het gebruik ervan op een gegeven moment niet meer kosteloos hoeft te blijven. Bij het opstellen van de business case is hier al uitgebreid bij stilgestaan. Twee recentere ontwikkelingen zijn in deze context belangrijk:

- De MPEG-LA²⁴ heeft bekend gemaakt dat partijen zich gemeld hebben naar aanleiding van de oproep tot vorming van een patent licensing pool voor WebM²⁵. Er wordt op dit moment door de MPEG-LA onderzocht of deze partijen inderdaad patenten hebben op WebM. Als dit het geval is, zal deze licensing pool op termijn voorwaarden kunnen gaan stellen voor het gebruik van WebM in de vorm van de afdracht van royalties.
- Google is gestart met de WebM Community Cross-License Initiative²⁷. Dit is als het ware een tegenhanger van een patent licensing pool, namelijk partijen die zich aansluiten, zijn bereid om, als zij patenten beschikken op WebM, dit

²³ Google heeft zijn intellectueel eigendom voor WebM onherroepelijk beschikbaar gesteld, maar zoals duidelijk wordt uit sectie 3.2.2 zijn er (zeer waarschijnlijk) andere partijen die dit nog niet gedaan hebben, of er geen belang bij hebben om dit te doen.

²⁴ De MPEG-LA is een organisatie die licenties op patent pools uitdeelt. Een patent pool bestaat uit een collectie patenten die essentieel zijn voor gebruik van een bepaalde technologie. Een voorbeeld is een patent pool voor H.264 waarin een 30-tal bedrijven vertegenwoordigd is die allen patenten op onderdelen van H.264 bezitten. Een bedrijf is niet verplicht zich aan te sluiten bij een patent pool; ook voor H.264 zijn er bedrijven die buiten de patent pool om licenties uitgeven.

Website: <http://www.mpegla.com/main/default.aspx>

²⁵ <http://www.mpegla.com/main/pid/vp8/default.aspx>

²⁶ <http://www.h-online.com/open/news/item/WebM-Community-Cross-License-initiative-launched-1232367.html>

²⁷ <http://blog.webmproject.org/2011/04/introducing-webm-community-cross.html>

royalty-free te licenseren aan andere partijen in de licensing group. Deelnemende partijen (zie figuur 2) zijn o.a.: Cisco, Google, Logitech en Samsung.

Deze twee signalen wekken de suggestie dat er naast Google andere partijen zijn die patenten op WebM bezitten. Zolang het niet duidelijk wordt of WebM gegarandeerd royalty vrij blijft, is het onwaarschijnlijk dat WebM een volledige open standaard kan worden. Dit argument is ook bepalend of WebM ooit opgenomen kan worden in web standaarden van de W3C²⁸, of geaccepteerd kan worden als het standaard multimediaformaat voor HTML5.



Figuur 2: Partijen die deelnemen aan de WebM Community Cross-License Initiative²⁹

3.3 Quality of Experience

De QoE wordt door een aantal aspecten bepaald. Deze zijn, waar mogelijk, geïnterpreteerd voor de pilotketen:

- **Beeldkwaliteit ten opzichte van bitrate;** dit aspect is uitgebreid onderzocht en wordt gepresenteerd in hoofdstuk 4.
- **Reactietijd: klikken op item en starten playback;** Tijdens het testen met de VoD functionaliteit zijn problemen met de opstart latency van de clips geïdentificeerd. Voordat Chrome de WebM clip afspeelt, wordt de hele clip eerst gebufferd. Door enige aanpassing in de HTML5 code is dit voor Opera bijna real-time geworden, terwijl Chrome nog steeds een uitgebreide buffering liet zien. Tenslotte speelt Firefox4 de clip vrij schokkerig af. Deze bevindingen laten

²⁸ Het World Wide Web Consortium (W3C) is een organisatie die standaarden voor het web ontwikkeld. De W3C is o.a. verantwoordelijk voor de breed gedragen standaarden HTML, XHTML, XML en CSS

²⁹ Bron: <http://www.engadget.com/2011/04/26/coalition-of-companies-creates-webm-community-cross-license-init/>

zien dat de implementatie van WebM in HTML5 of juist de afstemming met Apache nog niet uitgekristaliseerd zijn.

- **Trick play (play, forward, back, stop, pause);** play, stop en pause functioneren goed. Vooruit en achteruit springen in een uitzending werkt nog erg traag en vereist veel buffering.
- **Skippen naar items;** Dit aspect is niet onderzocht in de pilot.

3.4 Beheersbaarheid en toekomstvastheid

Het feit dat het kapitaalkrachtige Google investeert in WebM geeft een bepaalde garantie voor de toekomst, maar is dubbel tegelijk. Het is goed dat een partij als Google investeert in een open videoformaat, en anderzijds is het de vraag met welk motief Google investeert. Voor Google kunnen de licentiekosten voor het gebruik van H.264 aanzienlijk zijn met producten zoals YouTube, GoogleTV en Android. WebM zou een royalty free alternatief kunnen zijn, waarover Google de regie kan voeren. Deze ontwikkeling zal niet door iedereen als gewenst worden ervaren.

Tabel 2 presenteert twee berichten die de toekomstvastheid van WebM onderstrepen. Het maakt duidelijk dat er flink wordt geïnvesteerd in problemen die deze pilot ook heeft geïdentificeerd met betrekking tot de encoding snelheid.

Tabel 2. Twee berichten die de toekomstvastheid van WebM onderstrepen.

Nieuwe VP8 codec release³⁰

Google heeft een nieuwe versie van de VP8 codec vrijgegeven, genaamd **Bali**. De verbeteringen liggen vooral op encoding performance gebied, dus erg interessant om mee te nemen in de WebM pilot:

- "Best" mode average encoding speed: On x86 processors, Bali runs 4.5x as fast than our initial release and 1.35x faster than Aylesbury.
- "Good" mode average encoding speed: Bali is 2.7x faster than our initial release and 1.4x faster than Aylesbury.
- On ARM platforms with Neon extensions, real-time encoding of video telephony content is 7% faster than Aylesbury on single core ARM Cortex A9, 15% on dual-core and 26% on quad core.
- On the NVidia Tegra2 platform, real time encoding is 21-36% faster than Aylesbury, depending on encoding parameters.

Google geeft hardware design voor VP8 encoder vrij³¹

Met dit design kunnen hardware manufacturers nu hardware matige VP8 encoders gaan ontwikkelen. Qua performance (videokwaliteit) haalt dit design het nog niet bij de Bali software encoder.

Met betrekking tot beheersbaarheid is WebM uiteindelijk niet meer dan een alternatief voor bijvoorbeeld H.264 en is het dus een eis dat de keten op vergelijkbare wijze beheerst moet kunnen worden.

³⁰ <http://blog.webmproject.org/2011/03/vp8-codec-sdk-bali-released.html>

³¹ <http://blog.webmproject.org/2011/03/introducing-anthill-first-vp8-hardware.html>

3.5 Bereik en toekomstperspectief

Bereik is een belangrijk determinant voor de dienstverlening van de NPO. Met betrekking tot WebM video is het belangrijk dat zoveel mogelijk webbrowsers WebM ondersteunen. Google Chrome, Firefox en Opera bieden out-of-the-box ondersteuning voor WebM. Vanaf IE9 wordt ondersteuning geboden voor WebM door middel van een plugin³². Om het gebruik van WebM verder te stimuleren heeft Google aangekondigd H.264 ondersteuning uit Chrome te verwijderen. In dat geval kan H.264 alleen nog afgespeeld worden met behulp van een plugin. Tabel 3 presenteert een overzicht van de browserondersteuning van WebM, waarbij opgemerkt moet worden dat Flash en Silverlight browserplugins zijn. Deze analyse maakt inzichtelijk hoe de strijd om de kijker gevoerd wordt door drie grote spelers Google: (content en advertenties), Microsoft (software) en Apple (devices).

Tabel 3. browserondersteuning van WebM, waarbij opgemerkt moet worden dat Flash en Silverlight browserplugins zijn

Platform	Container	Formaat		Transport
		Video	Audio	
Webbrowser	WebM	VP8	Ogg Vorbis	
Microsoft Internet Explorer 9 (Wordt alleen voor Windows Vista en Windows 7 uitgebracht)	Google werkt samen met Microsoft om WebM support toe te voegen. Een preview versie is al beschikbaar			HTTP
Apple Safari 4	Geen ondersteuning			-
Google Chrome 3	✓			HTTP
Mozilla Firefox 3.5	✓			HTTP
Opera 10	✓			HTTP
Android Browser	Aanwezig in Android 2.3			HTTP

Met betrekking tot het bereik zijn Google en Apple aan de winnende hand, zoals Tabel 4 inzichtelijk maakt. De vorige bereikanalyse is gemaakt eind 2010. Op dat moment was het aantal potentiële WebM kijkers ongeveer 30%, indien de potentiële kijkers met IE9 wordt meegenomen dan is het potentieel inmiddels gegroeid richting 50%. Verder wordt duidelijk dat Chrome als enige browser aan de winnende hand is. Aan de andere kant is duidelijk dat Microsoft en Apple niet enthousiast zijn over WebM als “de standaard” voor HTML5 video, omdat zij grote belangen hebben in H.264.

Voor mobiele apparaten heeft Google ondersteuning voor WebM toegevoegd aan Android 2.3. Gegeven de groei van het Android platform onder smartphones (met op dit moment een marktaandeel van 36% in de VS) is het potentiële bereik onder smartphone gebruikers erg hoog³³.

³² <https://tools.google.com/dlpage/webmmf>

³³ <http://blog.nielsen.com/nielsenwire/consumer/android-leads-u-s-in-smartphone-market-share-and-data-usage>

Tabel 4. Marktaandelen van de verschillende browsers in Nederland

Webbrowser	NL December 2010 (Statecounter ³⁴)	NL Juni 2011 (Statecounter ³⁵)	Trends
Microsoft IEx	63,7%	56,22%	↓
Mozilla Firefox	19,8%	19.36%	≈
Google Chrome	9,8%	16.05%	↑
Apple Safari	4,9%	6.91%	↑
Opera	1,2%	1.04%	≈
Overige	0,6%	0.42%	≈

3.6 Ketenfunctionaliteit

Op de aspecten DRM, audience measurement en adaptive streaming zijn ten tijde van de pilot geen nieuwe ontwikkelingen waargenomen. In de pilot zelf zijn deze opties ook niet verder onderzocht om te implementeren.

Wat betreft DRM is van belang dat HTML5 gebaseerde video, in tegenstelling tot Silverlight of Flash, geen DRM mogelijkheden bevat, zoals ook SURFnet concludeert in haar HTML5 inventarisatie³⁶. Dit maakt het lastig om op een gestandaardiseerde manier content te beveiligen. Dit is tot dusver in de markt ook niet opgelost.

Voor audience measurement doeleinden maakt de NPO op dit moment gebruikt van proprietary plugins voor de Flash en Silverlight media players. Dit zou voor een WebM/HTML5 gebaseerde player door middel van javascript worden bereikt, maar zoals aangegeven, is deze optie niet verder onderzocht.

Deze aspecten worden steeds belangrijker zodra WebM een alternatief gaat bieden voor H.264. Dit zal echter geen onderdeel zijn van WebM zelf, maar functionaliteit van een webbrowser of applicaties draaiende in de browser; een HTML5 browser wordt als het ware een tegenhanger voor de applicatieomgevingen Flash en Silverlight. Deze observatie onderstreept nogmaals de stelling dat op op WebM gebaseerde dienstverlening in combinatie met HTML5 webbrowsers nog in de kinderschoenen staat.

3.7 Conclusies

Dit hoofdstuk analyseerde de VoD-keten gebaseerd op WebM als geheel en in zijn context. De belangrijkste conclusies zijn:

- Het is niet onwaarschijnlijk dat er partijen zijn met patenten op WebM, Google en MPEG LA proberen dit nu inzichtelijk te maken. Indien dit aspect niet wordt

³⁴ Statecounter; <http://gs.statcounter.com/#browser-NL-monthly-200909-201009>

³⁵ Statecounter; <http://gs.statcounter.com/#browser-NL-daily-20110601-20110606>

³⁶ http://www.surfnetkennisnetproject.nl/attachments/session=cloud_mmbase+2312355/HTML5_rapport_feb2011.pdf

opgelost dan zou dat verdere uitrol van WebM kunnen belemmeren in ieder geval als open standaard.

- Het feit dat Google volop investeert in de ontwikkeling van WebM geeft vertrouwen met betrekking tot toekomstvastheid en de verwachting dat WebM een serieus alternatief kan gaan bieden op termijn.
- Het potentiële bereik is tussen december 2010 en juni 2011 gegroeid van 30% naar bijna 50%. Als deze groei zich doorzet, dan is het onderwerp bereik binnen afzienbare tijd geen probleem meer. Overigens is het een illusie om 100% bereik te verwachten gegeven de enorme hoeveelheid verschillende beschikbare devices.
- WebM is nog geen alternatief voor H.264, omdat de benodigde ketenfunctionaliteiten voor een videodienst, zoals DRM, audience measurement en adaptive streaming nog niet aanwezig zijn in webbrowsers of in WebM zelf. Ten tweede de kwaliteitsbeleving bij het afspelen van WebM in een webbrowser varieert sterk voor de verschillende browser.

4 Kwalitatieve WebM evaluatie met paneltest

Het vaststellen van videokwaliteit is niet triviaal. Enerzijds is het wenselijk tot een absolute maat te komen, voor een geëncodeerd fragment, zodat verschillende encoders objectief met elkaar vergeleken kunnen worden. Anderzijds zijn verschillende afhankelijkheden bepalend voor de kwaliteit die een eindgebruiker ervaart. Kortom, het is min of meer onmogelijk om kwaliteit objectief vast te stellen. Om toch tot een uitspraak te komen over de kwaliteit van WebM is gekozen voor een aanpak, waarin de encoding kwaliteit van VP8 (door middel van encoder-library libvpx) wordt vergeleken met die van H.264 (door middel van de encoder-library libx264, onderdeel van x264³⁷) die beiden geïntegreerd zijn in FFmpeg. De reden om x264 te gebruiken als referentie is dat deze open source encoder breed gedragen wordt. De encoder is sinds 2004 beschikbaar en is in de tussentijd door de x264 community geoptimaliseerd.



a. Crowd run



b. Ducks take off



c. Park joy



d. Talking woman

Figuur 3. De vier gebruikte fragmenten in deze subjectieve paneltest.

4.1 Aanpak

Uitgangspunt in dit experiment was de beeldkwaliteit die een gebruiker van UZG ervaart. Daarom wordt gefocust op het vergelijken van geëncodeerd videomateriaal dat wordt aangeboden met een resolutie van 640 x 360 pixels.

4.1.1 Testopstelling

Voor dit onderzoek zijn vier fragmenten geselecteerd, waar ieder fragment één shot bevatte met één typisch kenmerk. Deze fragmenten zijn met verschillende FFmpeg profielen geëncodeerd. De verkregen fragmenten zijn vervolgens door 6 panelleden met elkaar vergeleken, waarbij ieder panellid een keuze moest maken welke van de

³⁷ <http://www.videolan.org/developers/x264.html>

twee aangeboden fragmenten de “beste” kwaliteit heeft. Dit is een binary paired-comparison test, omdat de fragmenten paarsgewijs worden vergeleken en panelleden gedwongen worden om een keuze te maken.

Figuur 3 presenteert één representatief frame uit de vier fragmenten. Voor de paneltest is een set fragmenten geselecteerd die representatief is voor de Nederlandse televisie en UZG. Er zijn drie testfragmenten van de EBU³⁸ gebruikt: “Crowd run”, “Ducks take off” en “Park joy”. Deze worden wereldwijd veelvuldig gebruikt voor kwalitatieve testen. Het vierde fragment is afkomstig uit de VPRO Tegenlicht aflevering “California Dreaming”³⁹. Dit fragment heeft de naam “Talking Woman” gekregen. Tabel 5 presenteert de motivatie en instellingen van deze fragmenten.

Tabel 5. Technische details en motivatie voor de geselecteerde fragmenten.

ID	Motivatie (duur) / Sequentie ID	Type	Bron-resolutie
EBU_CROWD	Veel detail, veel kleuren en continue veel beweging (10s)	Image	1280x720
1_CrowdRun_720p50_CgrLevels_SINC_FILTER_SVTdec05_		sequence	50 fps
EBU_PARK	Kleurgebruik; focus voorgrond / achtergrond (10s)	Image	1280x720
2_ParkJoy_720p50_CgrLevels_SINC_FILTER_SVTdec05_		sequence	50 fps
EBU_DUCKS	Rustig beeld, plotseling veel beweging (10s)	Image	1280x720
3_DucksTakeOff_720p50_CgrLevels_SINC_FILTER_SVTdec05_		sequence	50 fps
VPRO_WOMAN	Typisch materiaal van de publieke omroep: statische camera, ondertiteling. (11s)	Video file	1920x1080
TEGENLICHT_CA-VPRO00002VUJ_115000_3178600.mxf		MPEG-2 in MXF container	25 fps

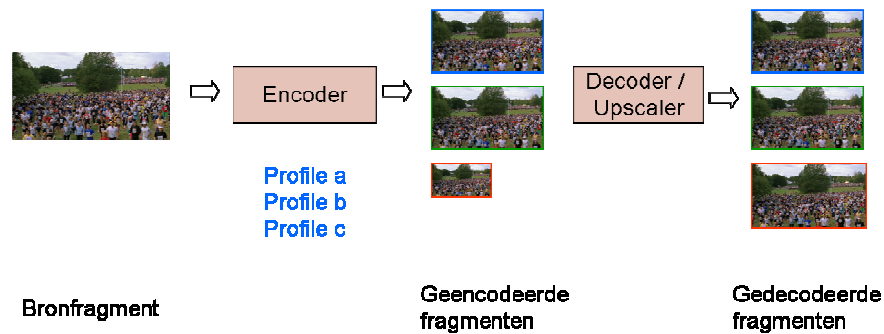
4.1.2 Encoding profielen

Voordat de vier fragmenten werden geëncodeerd, zijn bronbestanden getranscodeerd naar een uniform formaat, zodat er geen verschillen zijn ontstaan op basis van bronafwijkingen. Omdat de pilot betrekking heeft op SDI signalen, zijn de bronbestanden getranscodeerd naar het SD formaat: MPEG-2 Video, bitrate 50 Mbps, resolutie 720x406, framerate 25fps in een MXF container.

Tabel 6 presenteert de 16 onderzochte encoding-instellingen (profielen). Hierbij is gebruik gemaakt van de settings die door FFmpeg zijn aangeleverd: libx264 (fast, normal) en libvpx (360p). Alle bronfragmenten zijn met behulp van één van de profielen geëncodeerd en vervolgens is dit bestand gedecodeerd naar een lossless videoformaat, zodat de verschillende profielen met elkaar vergeleken konden worden. Figuur 4 presenteert dit proces voor een drietal profielen.

³⁸ EBU: http://tech.ebu.ch/Jahia/site/tech/cache/offonce/hdtv/hdtv_test-sequences

³⁹ Tegenlicht: <http://tegenlicht.vpro.nl/afleveringen/2010-2011/california-dreaming.html>



Figuur 4: Het bronbestand wordt geëncodeerd voor de geselecteerde instellingen. De resulterende bestanden worden geconverteerd naar een uncompressed video formaat, fragmenten die nog niet in de juiste resolutie beschikbaar zijn worden eerst opgeschaald.

Tabel 6. De 16 onderzochte FFmpeg profielen. Met "downscaling" wordt aangegeven dat de content gedownscaled is naar een lagere resolutie dan de default resolutie op UZG. Met "default" wordt bedoeld dat de video direct in een resolutie van 640x360 wordt geëncodeerd.

ID	Codec	Resolutie	Muxed Bitrate (kbps)	Video Bitrate (kbps)	Encoder preset	Profile
1	libvpx	112x64	64	48	360p	libx264_downscaling_64k
2	libvpx	320x180	200	140	360p	libvpx_downscaling_200k
3	libvpx	640x360	200	140	360p	libvpx_default_200k
4	libvpx	640x360	350	302	360p	libvpx_default_350k
5	libvpx	640x360	500	460	360p	libvpx_default_500k
6	libvpx	640x360	750	694	360p	libvpx_default_750k
7	libvpx	640x360	1000	908	360p	libvpx_default_1000k
8	libx264	112x64	64	48	fast	libx264_downscaling_64k
9	libx264	640x360	200	140	fast	libx264_default_200k
10	libx264	320x180	200	140	fast	libx264_downscaling_200k
11	libx264	640x360	350	302	normal	libx264_defaultnormal_350k
12	libx264	640x360	350	302	fast	libx264_default_350k
13	libx264	640x360	500	460	fast	libx264_default_500k
14	libx264	640x360	750	694	fast	libx264_default_750k
15	libx264	640x360	750	694	normal	libx264_defaultnormal_750k
16	libx264	640x360	1000	908	fast	libx264_default_1000k

Deze profielen zijn gekozen op basis van de volgende criteria:

- **Codecs** zijn libvpx voor WebM en libx264 als variant op H.264. Deze codecs zijn geïmplementeerd als libvpx of libx264 en die zijn met FFmpeg mee gecompileerd. Tabel 7 presenteert de gebruikte versie nummers.
- **Resolutie** is ingesteld op 640x360. Dit is de hoogste resolutie die aangeboden wordt via UZG. Daarnaast zijn twee andere resoluties meegenomen: 320x180 en 112x64, voor de lagere bitrates.
- **Bitrates** zijn gebaseerd op de door NPO gebruikte bitrates voor UZG en adaptive streaming. De bitrates zijn alleen geldig voor het videobeeld, aangezien er in de clips geen audio is meegenomen.

- **Encodeer snelheid** is belangrijk omdat live content binnen afzienbare tijd beschikbaar moet zijn via UZG. Daarom is alleen single pass encoding onderzocht en wordt dual pass encoding min of meer genegeerd. Voor libx264 is er gekeken naar de *fast* en *normal* instellingen geselecteerd. Voor libvpx is er gekeken naar de *360p* instelling.

Om de test beheersbaar te houden zijn een aantal criteria niet meegenomen:

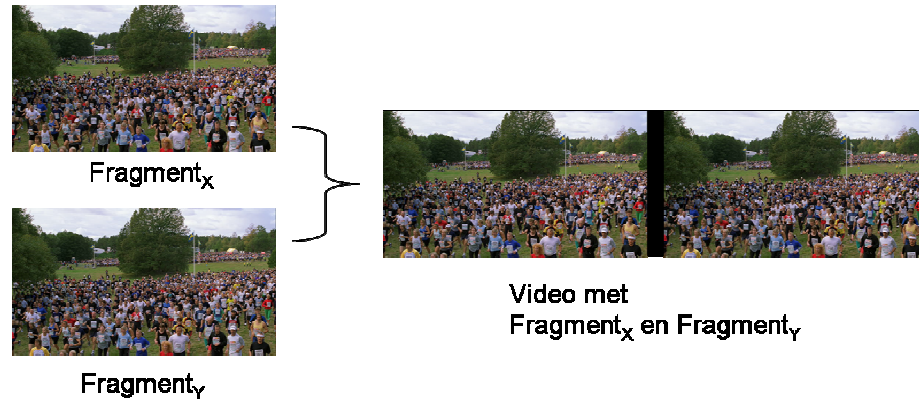
- **Device profiles;** Veel video standaarden hanteren device specifieke profielen, die bepalen welke opties van een encoder gebruikt worden. Voor H.264 is er een veelvoud aan profielen, die zelf weer verschillende levels kennen. Deze profielen worden o.a. gebruikt om de decoder te configureren, maar worden ook gebruikt om bepaalde device classes te kunnen ondersteunen. Mobiele telefoons hebben bijvoorbeeld een bepaalde resolutie en gelimiteerde resources. Voor de pilot is als uitgangspunt genomen dat de video's in een webbrowser afgespeeld worden op PC of Laptop. Er is daarom verder niet gekeken naar profiel instellingen.
- **Framerates;** Voor de test is een constante framerate van 25 frames per seconde gehanteerd. Voor lage bitrates instellingen worden ook wel lagere framerates gehanteerd.

Tabel 7. Gebruikte versies van de libvpx, libx264 en FFmpeg.

Tool / lib	Versie
libvpx (WebM)	v0.9.5-286-g945dad2
libx264	x264-snapshot-20110127-2245
FFmpeg	revisie git-e22910b

4.1.3 Binary Paired-comparison test

Aan de paneltest hebben 6 gebruikers deelgenomen. Het panel vormde een combinatie van videokwaliteit experts (getrainde proefpersonen) en mensen die een dergelijke test voor het eerst uitvoerden (niet-getrainde proefpersonen). De beoordeling betrof het paarsgewijs vergelijken van hetzelfde beeldfragment dat geëncodeerd is door verschillende profielen. In totaal heeft iedere deelnemer $((16 \times 15)/2=)$ 120 vergelijkingen per fragment en in totaal 480 vergelijkingen beoordeeld. Dit betekent dat er 480 fragmenten als beste aangemerkt zijn. Iedere keer dat een fragment als beste is beoordeeld, ontving het encoding profiel een punt. Het relatieve aantal punten dat een profiel heeft gekregen is een maat voor de kwaliteit. Figuur 5 presenteert de interface waar het panel naar heeft gekeken.



Figuur 5: De genereerde video's worden paarsgewijs gebruikt in een vergelijking: van twee instellingen (Fragment_x en Fragment_y) wordt een (lossless) video gegenereerd. Deze resulterende video wordt bekeken in de test, waarbij de testpersonen de twee beelden tegelijkertijd bekijken en aangeven welke zij beter vinden.

De test is uitgevoerd op identieke laptops, met identieke hardwareinstelling en contrastinstelling voor het beeld. Op iedere laptop is de VLC player⁴⁰ gebruikt, waarbij de deelnemers ongeveer 40 centimeter afstand hadden tot het scherm; dit komt overeen met ca 5x de hoogte van het beeldfragment (= 8 cm). Appendix B presenteert de specificaties van het testsysteem. De 120 vergelijkingen per fragment zijn van tevoren gerandomiseerd. Kortom, elke vergelijking tussen twee instellingen wordt beoordeeld, maar de volgorde van de vergelijkingen en het besluit welk fragment links of rechts wordt getoond is random. Om te voorkomen dat de testpersonen tijdens het kijken verveeld raken, werden tijdens de test 20 vergelijkingen van één fragment achter elkaar getoond, waarna het volgende fragment volgde. Elk fragment duurde ca 10 seconden. Na afloop van het fragment kon de proefpersoon met behulp van de terug-knop of vooruit-knop in de VLC player door het fragment gaan. In totaal zijn 6 rondes gemaakt waarin verschillende profielen zijn beoordeeld. De set met fragmenten was van tevoren klaar gezet in een playlist. De deelnemers mochten tijdens het experiment zelf bepalen wanneer ze een korte pauze wilden.

Het grote aantal vergelijkingen dat beoordeeld moet worden, is het belangrijkste nadeel van deze test, omdat één deelnemer in 2 uur tijd slechts 16 profielen kan beoordelen. Anderzijds biedt deze aanpak voldoende aanknopingspunten om vast te stellen hoe verschillende encodingprofielen zich ten opzichte van elkaar verhouden.

⁴⁰ <http://www.videolan.org>

Tabel 8. Ranking van alle profielen die met elkaar vergeleken zijn en gesorteerd op basis van het aantal vergelijkingen waarin een specifiek profiel als beste is aangemerkt.

FFmpeg profiel	Percentage Gewonnen vergelijkingen
libx264_default_1000k	89,7%
libx264_default_750k	83,3%
libvpx_default_1000k	82,7%
libx264_defaultnormal_750k	80,5%
libvpx_default_750k	77,2%
libx264_default_500k	67,1%
libvpx_default_500k	60,6%
libx264_defaultnormal_350k	53,6%
libx264_default_350k	52,2%
libvpx_default_350k	45,8%
libvpx_default_200k	33,6%
libx264_downscaling_200k	25,8%
libvpx_downscaling_200k	20,6%
libx264_default_200k	17,5%
libx264_downscaling_64k	6,1%
libvpx_downscaling_64k	4,2%

4.2 Resultaten

Om de uitkomsten van het onderzoek goed te duiden worden de resultaten op drie niveaus bekeken. Ten eerste het totaalbeeld, wat uiteindelijk de belangrijkste conclusies oplevert. Vervolgens wordt een analyse gemaakt per fragment en tussen de deelnemers, zodat eventuele uitzonderingen en afwijkingen geïdentificeerd kunnen worden. Tevens wordt er gekeken naar de werkelijk gebruikte bitrates in de test. Tenslotte wordt er stil gestaan bij de encodeersnelheid van de encoders.

4.2.1 Totaalbeeld

Tabel 5 presenteert een aflopende ordening van profielen op basis van het relatieve aantal keer dat deze profielen als het best geëncodeerde fragment zijn aangemerkt. Als wordt gekeken naar de bitrates, dan lopen die ook af. Het is duidelijk dat libx264 structureel beter scoort met dezelfde bitrate dan libvpx. Anderzijds zijn de verschillen beperkt wat leidt tot de conclusie dat libx264 een betere kwaliteit biedt, maar dat libvpx wel in de buurt van libx264 komt. Dat betekent dat met betrekking tot beeldkwaliteit WebM een alternatief kan bieden voor H.264, er vanuit gaande dat beide implementaties het beste bieden dat op dit moment beschikbaar is.

4.2.2 Uitkomsten per fragment

Vergelijkbare overzichten zijn ook per fragment geanalyseerd. Deze leverde een vergelijkbaar beeld op als voor het totaalbeeld. Alleen voor het fragment van

VPRO_WOMAN werd relatief gezien een significant betere beeldkwaliteit vastgesteld voor libx264 in normal mode op 350kbps. Dit geeft aan dat voor meer stilstaande fragmenten het inzetten van meer encodingtijd daadwerkelijk bijdraagt aan de beeldkwaliteit.

4.2.3 *Uitkomsten per deelnemer*

In een subjectieve kwaliteitstest kunnen testpersonen kwaliteit op verschillende manieren beoordelen. Waar de één minder moeite heeft met blocking effecten, kan een ander flikkeringen minder problematisch vinden. Dit kan dus ook tot andere antwoorden leiden in de vergelijkingen. Het is onmogelijk om alle type fouten te modelleren, maar op basis van deze test is wel goed inzichtelijk te maken in hoeverre mensen tot een gelijke beoordeling zijn gekomen. Tabel 9 presenteert dit overzicht.

Tabel 9. Confrontatietabel met het percentage vergelijkingen waarvoor de verschillende panelleden tot dezelfde beoordeling zijn gekomen. Uiteraard was iedereen het 100% met zichzelf eens. Deze tabel laat zien dat er geen uitzonderlijke deelnemers waren die heel sterk op elkaar leken of juist het met elkaar oneens zijn.

	A	B	C	D	E	F
A	100%	88%	87%	86%	88%	86%
B	88%	100%	88%	89%	87%	87%
C	87%	88%	100%	87%	88%	86%
D	86%	89%	87%	100%	83%	83%
E	88%	87%	88%	83%	100%	87%
F	86%	87%	86%	83%	87%	100%

Deze tabel laat zien dat alle panelleden het grotendeels eens waren met elkaar en er geen uitzonderlijke deelnemers waren die de uitslag sterk beïnvloedden.

4.2.4 *Constante bitrates*

Voor de test zijn de encoders geconfigureerd om fragmenten in een bepaalde target bitrate te encodieren (de bitrates zoals vermeld in Tabel 6). Het is belangrijk op te merken dat een target bitrate en de daadwerkelijk bitrate niet precies gelijk hoeven te zijn. Uit de resultaten bleek dat de werkelijke opgeleverde bitrate in de meeste gevallen niet meer dan 2-3% afweek. Toch waren er enkele noemenswaardige bevindingen:

- De lipvpix encoder heeft moeite om op lage bitrates “binnen budget” te blijven. Voor alle EBU fragmenten overschrijdt de encoder op profielinstelling libvpix_default_200k de target bitrate, met een factor 40% - 120%. Dit zou betekenen dat de score voor deze instelling in de paneltest waarschijnlijk lager zou zijn uitgekomen, als de toegestane bitrate niet zoveel was overschreden.
- Voor het VPRO-CA fragment leveren de encoders voor bijna alle instellingen een lagere bitrate op dan de target bitrate. Dit valt te verklaren door het feit dat de content erg statisch is, en dus niet moeilijk te encodieren is. Voor het EBU-CROWD fragment is dit in mindere mate het geval.

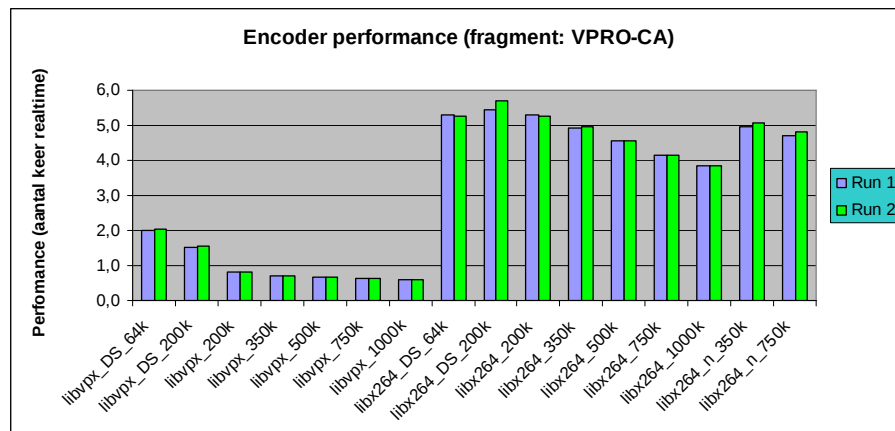
Appendix 3 presenteert de grafieken die het verschil in de target bitrate en werkelijke bitrate laten zien.

4.2.5 Encodersnelheid

Videokwaliteit wordt tevens bepaald door de encodeersnelheid, daarom zijn de encodeersnelheden van de libvpx encoder ten opzichte van de libx264 encoder vastgesteld. Om de encodeersnelheid te onderzoeken is gekeken naar de encodeertijd van een tweetal fragmenten:

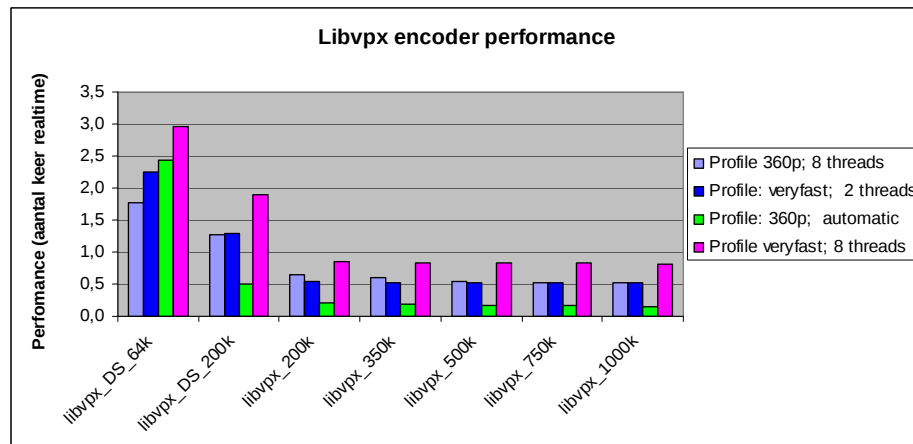
- De eerste 20 minuten van de VPRO Tegenlicht aflevering.
- Een fragment van 30 seconde bestaande uit de 3 EBU clips.

De reden om niet naar de fragmenten van 10 seconden te kijken is om de initialisatietijd van de encoder (de tijd tussen opstarten van de encoder en het output van het eerste video frame) buiten beschouwing te laten. Uit de resultaten volgt een groot performance verschil tussen de libx264 en libvpx encoder. Waar de libx264 implementatie tussen de 4 – 5x real-time haalt (100 – 124 frames per seconde), haalt de libvpx implementatie alleen bij de gedownscalede content de (voor live-diensten) vereiste ondergrens van 1x real-time, in alle andere gevallen schommelt de performance tussen de 8 – 16 frames per seconde). Hieruit blijkt dat de implementatie van VP8 niet geschikt is voor real-time encoding.



Figuur 6. Encoding snelheid voor de verschillende profielen. DS = downsampled; n = normal preset.

Om het grote verschil tussen libx264 en libvpx te verklaren, is gekeken naar de invloed van het aantal encoding threads tijdens het encodeerproces. Het vermoeden dat de libvpx implementatie geen performancewinst behaalt door gebruik te maken van meerdere CPU-cores (de encodeermachine heeft 8 cores) wordt bevestigd door te kijken naar de encodeertijd wanneer verschillende thread instellingen worden getest. Verder is een ander encodeerprofiel voor libvpx (veryfast) geëvalueerd. Met het veryfast-profiel blijkt een hogere encodingsnelheid behaald te kunnen worden, maar dat dit niet voldoende is om real-time encoding mogelijk te maken. Ook valt op te maken dat automatische thread selectie averechts werkt. Deze combinatie is waarschijnlijk voor de combinatie FFmpeg in combinatie met libvpx nog niet geïmplementeerd.



Kortom, de huidige libvpx implementatie in combinatie met FFmpeg maakt niet (goed) gebruik van multithreading om snelheidswinst te behalen. Hierdoor is het niet mogelijk om met de pilotopstelling live-diensten aan te bieden in het WebM formaat.

Dit verschil is te verklaren doordat libvpx relatief kort op de markt is. Het valt te verwachten dat de encodingsnelheid zal toenemen door: efficiëntere encoder, betere afstemming met FFmpeg en gebruik van multiple cores, zodra de community of Google de codec gaat optimaliseren, of zodra er alternatieve implementaties van de codec worden gemaakt.

4.3 Conclusies

Op basis van de gepresenteerde uitkomsten kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- **Met betrekking tot beeldkwaliteit biedt WebM dus een serieus alternatief voor H.264.** Door middel van de binary pairwise-comparison test zijn de uitkomsten van een groot aantal verschillende encodingprofielen met elkaar vergeleken. De resultaten van deze test leiden tot de conclusie dat de beeldkwaliteit van VP8 (op basis van de libvpx implementatie) kwalitatief minder goed is dan H.264 (op basis van libx264, een van de betere H.264 implementaties), maar dat dit verschil in kwaliteit beperkt is.
- **Met betrekking tot encodeersnelheid biedt WebM geen alternatief voor H.264.** Om te operationaliseren is niet alleen beeldkwaliteit van belang, maar ook de kosten om tot die kwaliteit te komen. Deze kosten zijn lineair afhankelijk van de encodeersnelheid, omdat als het encoderen vijf keer langer duurt en vijf keer meer processingpower nodig is. Die is voor WebM met de geteste encoder tussen een factor 3 tot 5 trager dan voor H.264.
- **Libvpx haalt target bitrates minder goed dan libx264.** Voor sommige target bitrates worden overschrijdingen geobserveerd van meer dan 50%. Vanuit operationeel perspectief gezien is het belangrijk dat gekozen instellingen ook daadwerkelijk geïmplementeerd moeten zijn. Op dit vlak geeft de WebM pilot opstelling nog niet voldoende vertrouwen.

Als totaalbeeld wordt duidelijk dat libx264 een stuk volwassener functionaliteit biedt dan libvpx. Gegeven dat Google flink investeert in WebM is de verwachting dat libvpx snel volwassener kan worden. Op dit moment is de conclusie dat WebM nog in de kinderschoenen staat.

Tenslotte worden de zes panelleden bedankt voor hun inzet: Kees Noort en Bram Tullemans (NPO), Anton Havekes, Joost de Wit, Martin Prins en Mark van Staalduinen (TNO). Daarnaast gaat de dank uit naar Kamal Ahmed (TNO) voor de hulp bij het opstellen van de subjectieve paneltest.

5 Conclusies en aanbevelingen

Deze pilot heeft een aantal relevante inzichten opgeleverd met betrekking tot het inzetten van WebM in de operationele keten van de NPO. De aansluiting bij de operationele keten maakte de pilot complexer, maar daardoor de bevindingen beter toepasbaar voor de NPO, dan wanneer WebM was onderzocht als een op zichzelf staande technologie. De conclusies en aanbevelingen zijn opgedeeld naar:

- specifiek het gebruik van WebM,
- generiek het gebruik van open source.

Met betrekking tot het gebruik van WebM door de NPO zijn de belangrijkste conclusies:

- **Op dit moment is het niet mogelijk om zonder veel extra ontwikkeling een WebM gebaseerde live- en VoD-dienst te ontwikkelen die aansluit bij de bestaande infrastructuur van de NPO:**
 - Het ontbreekt FFmpeg aan specifieke functionaliteit om WebM in het juiste live-formaat te encoderen.
 - De encodeersnelheid van de WebM encoder is te laag om real-time op hoge bitrate te encoderen.
 - FFmpeg is niet in staat om alle audioformaten van een MXF bestand te mappen op stereo, wat voor VoD-diensten van de NPO een vereiste is.
 - De kwaliteitsbeleving bij het afspelen van WebM in verschillende webbrowsers is nog sterk afhankelijk van welke browser gebruikt wordt.
 - Met betrekking tot de operationele aspecten als encodeersnelheid en encoding op een constante bitrate, scoort WebM duidelijk slechter dan H.264.
 - Belangrijke ketenfunctionaliteiten als DRM, audience measurement en adaptive streaming ontbreken nog voor een WebM keten.
- **Het feit dat Google volop investeert in de ontwikkeling van WebM geeft vertrouwen met betrekking tot toekomstvastheid en de verwachting dat WebM op termijn een serieus alternatief kan bieden.**
 - De subjectieve paneltest heeft uitgewezen dat de beeldkwaliteit van WebM in de buurt komt van H.264. Wat dat betreft is WebM veelbelovend.
 - Het percentage webbrowsers dat WebM ondersteunt, heeft een de indrukwekkende groei doorgemaakt. Het potentiële bereik tussen december 2010 en juni 2011 is gegroeid van 30% naar bijna 50%.
 - Gegeven de drive van Google om WebM te supporten is het te verwachten dat de komende periode de ontbrekende soft- en hardware schakels voor WebM zullen worden ontwikkeld en beschikbaar worden gemaakt.
- **Waarschijnlijk zijn er, naast Google, partijen met patenten op WebM.** Dit kan de uitrol van WebM belemmeren, omdat deze patenten een vrij en open gebruik van de standaard lastig maakt. Google (met als belang: vrij gebruik technologie) en de MPEG LA (met als belang: royalties innen voor de gebruikte technologie) proberen dit nu inzichtelijk te maken.

Op basis van deze conclusies adviseert TNO de NPO de WebM ontwikkelingen te blijven volgen. WebM biedt een alternatief voor H.264, als de belemmeringen die deze pilot heeft geïdentificeerd zijn weggenomen. Door middel van bijvoorbeeld een halfjaarlijkse update over welke belemmeringen zijn weggenomen kan de NPO deze ontwikkelingen actief blijven volgen.

Op basis van deze WebM pilot kunnen een aantal conclusies getrokken worden met betrekking tot het gebruik van open source software:

- **Voor de NPO is open source software bruikbaar als het TRL (technology readiness level) voldoende hoog is en de oplossing aansluit bij de bestaande operationele omgeving.** Goede voorbeelden zijn Apache en MySQL. In de open source community gebeurt het regelmatig dat software beschikbaar komt met een laag TRL niveau, zoals de open source software die nodig is om WebM operationeel te gebruiken. Het uitvoeren van een pilot is een geschikt middel om de praktische inzetbaarheid vast te stellen.
- **Open source software biedt de mogelijkheid om eenvoudig alternatieven te onderzoeken en in te zetten, zoals Gstreamer als alternatief voor FFmpeg, of Lighttpd voor Apache.** Mogelijke aanleidingen zijn: het niet verder ontwikkelen door de community of het ontbreken van specifieke functionaliteit. Voor open source software is het belangrijk te testen of bepaalde functionaliteit daadwerkelijk aanwezig is, zoals het transcoderen van MXF materiaal met FFmpeg heeft laten zien, waar FFmpeg niet alle MXF formaten ondersteunt.
- **Voor succesvol gebruik van open source software is het essentieel om de juiste kennis beschikbaar te hebben.** CodeShop heeft in deze pilot laten zien dat open source software, zoals FFmpeg, veel verschillende mogelijkheden heeft, en dat gedegen kennis nodig is om alle functionaliteit te benutten of conclusies te trekken met betrekking tot de onmogelijkheden. Deze pilot heeft laten zien dat een totaaloplossing geen optelsom is van software pakketten. De benodigde kennis kan beschikbaar zijn in een actieve community, bij een implementatiepartner, zoals CodeShop, of mogelijk anderszins in de eigen organisatie. Indien die kennis ontbreekt, dan is een open source oplossing op de lange termijn niet werkbaar en moet naar een alternatief worden gezocht.

Deze pilot heeft de beperkte maturiteit van WebM inzichtelijk gemaakt op basis van de operationele uitgangspunten. Om grip te houden op de ontwikkelingen van open source software en open standaarden die voor de NPO van belang zijn adviseert TNO jaarlijks een open source monitor uit te voeren. Op basis van die resultaten kan besloten worden om rond een bepaalde standaard of voor een bepaald software pakket een vergelijkbare pilot uit te voeren om de praktische bruikbaarheid te toetsen. De bevindingen kunnen vervolgens gedeeld worden door middel van het NPO kenniscentrum.

Appendix A: Encoder Instellingen

Voor alle encoders gelden de volgende settings:

`-r 25 -vb [videobitrate] -an -threads 8 -s [resolution] -vpre [preset]`

Parameter	Betekenis
<code>-r 25</code>	25 frames per seconde
<code>-vb [videobitrate]</code>	De gekozen video-bitrate
<code>-an</code>	Geen audio
<code>-threads 8</code>	Gebruik 8 threads bij het encoden (de Encoding machine heeft 8 processoren)
<code>-s [resolution]</code>	De output resolutie
<code>-vpre [preset]</code>	De gekozen video encoder preset (zie tabel onder). De presets zijn voorgedefinieerde encoder profielen, die bij FFmpeg worden geleverd.
<code>-fmt [container]</code>	Het container formaat: <i>mp4</i> voor H.264 encoding <i>webm</i> voor VP8 encoding

Betekenis van de presets:

Preset (encoder library)	Encoder Flags
360p (libvpx)	vcodec=libvpx g=120 rc_lookahead=16 quality=good speed=0 profile=0 qmax=63 qmin=0 vb=768k #ignored unless using -pass 2 maxrate=1.5M minrate=40k
veryfast (libvpx)	vcodec=libvpx g=120 rc_lookahead=16 quality=good speed=8 profile=0 qmax=63 qmin=0 vb=768k #ignored unless using -pass 2 maxrate=1.5M

fast
(libx264)

```
minrate=40k
coder=1
flags=+loop
cmp=+chroma
partitions=+parti8x8+parti4x4+partp8x8+partb8x8
me_method=hex
subq=6
me_range=16
g=250
keyint_min=25
sc_threshold=40
i_qfactor=0.71
b_strategy=1
qcomp=0.6
qmin=0
qmax=69
qdiff=4
bf=3
refs=2
directpred=1
trellis=1
flags2=+bpyramid+mixed_refs+wpred+dct8x8+fast
pskip
wpredp=2
```

normal

```
rc_lookahead=30
coder=1
flags=+loop
cmp=+chroma
partitions=+parti8x8+parti4x4+partp8x8+partb8x8
me_method=hex
subq=6
me_range=16
g=250
keyint_min=25
sc_threshold=40
i_qfactor=0.71
b_strategy=1
qcomp=0.6
qmin=10
qmax=51
qdiff=4
bf=3
refs=2
directpred=3
trellis=0
flags2=+wpred+dct8x8+fastpskip
wpredp=2
```

Appendix B: Systeem instellingen

Testsysteem

Alle testpersonen namen de test af op identieke laptops met de volgende specificaties:

- Dell Latitude E6400
- Besturingssysteem: Windows XP Professional Version 2002 Service Pack 3
- Processor: Intel(R) Core(TM) 2 Duo CPU P8400 @ 2.26Ghz.
- Geheugen: 3,45GB RAM
- Videokaart: Intel 4 Series Express Chipset. Driver: 6.14.10.4964
- Video ingesteld op maximale contrast.
- Media player: VLC Media Player 1.1.9 The Luggage. Windows 32 bit

Encoder systeem:

Ubuntu 10.10 nl

Processor: AMD Opteron Processor 6128 8x2000Mhz

Geheugen: 8GB ram

Appendix C: Handhaving target bitrates

In de volgende grafieken staan per fragment de target bitrate en de werkelijk geproduceerde bitrate voor elk van de encoder profielen. Het verschil tussen de target bitrate en werkelijke bitrate is het grootst bij de profiel-instelling libvpx-default-350k. De profielen staan opéénlopend geordend naar werkelijk gebruikte bitrates. De volgorde van de profielen verschilt per fragment.

