

### 3 Graphics and Image Data Representation

#### 1. Wat is bit-planecodering?

Telkens meer informatie toevoegen door middel van bit-planes. Een bitplane is een voorstelling van een afbeelding op een bepaald bitniveau. Bijvoorbeeld kan een 8-bit afbeelding voorgesteld worden aan de hand van 8 1-bit bit-planes. Hierbij bevat bit-plane 1 de meest significante bit, en bit-plane 8 de minst significante bit. Een aspect van bit-planes te gebruiken is het vaststellen of een bit-plane random noise bevat of significante informatie.

#### 2. Wat is dithering?

Een techniek gebruikt om een patronen van punten te berekenen zodat waarden  $\in [0, 255]$  overeenkomen met patronen die geprint kunnen worden door een 1-bit printer. De voornaamste strategie is om een pixel te vervangen met een groter patroon, zoals  $2 \times 2$  of  $4 \times 4$ , zodat het aantal geprinte punten de variërende groottes aan punten bij halftone printing benaderd wordt.

Dithering wordt ook gebruikt in audio om informatie te behouden. Bij het verlagen van bitdiepte, kunnen de stilste signalen, of ook wel de minst significante bits, compleet wegvallen, waardoor er vervorming optreedt. Als er een ruis toegevoegd wordt, zal dit minder voorkomen aangezien de minst significante bits meer gerandomiseerd worden.

#### 3. Hoe werken dither matrices?

We stellen een  $n \times n$  matrix op die elke waarde in  $[0, n^2 - 1]$  bevat. We hermappen de afbeeldingswaarden, die in  $[0, 255]$  liggen, naar waarden die in onze matrix liggen. Dit kunnen we door volgende formule toe te passen.

$$x = \frac{p}{256}(n^2 + 1) \quad (1)$$

Waarbij  $p$  de pixelwaarde is en  $n$  de dimensie van de dither-matrix.

Bij normale dithering overlopen we elke pixel in de afbeelding en vervangen we die door het patroon bepaald door de dithermatrix. Als waarde in de dithermatrix groter is dan de berekende waarde uit de afbeelding, wordt daar een punt opgevuld.

Bij ordered dithering zullen we een pixel afprinten als

$$\begin{aligned} v_{ij} &> d_{kl} \\ k &= i \pmod{n} \\ l &= j \pmod{n} \end{aligned} \quad (2)$$

#### 4. Wat is halftone printing?

Een techniek om continue veranderingen in kleur te simuleren aan de hand van punten van verschillende groottes of verschillende afstanden van elkaar. Hierbij is het gebruik van dithering van groot belang.

#### 5. Wat is een LUT? Hoe stel je een color LUT op?

Een LUT (Lookup Table) is een tabel met een aantal vaste kleurwaarden. Het idee is om voor elke pixel enkel een index bij te houden, die wijst naar de kleurwaarde in de LUT. Een manier om een color LUT op te stellen is door de RGB kubus in gelijke stukken op te delen in elke dimensie. Een betere manier om een colour LUT op te stellen is door middel van het Median-cut algoritme. (VUL AAN)

#### 6. Leg spatiale frequentie uit. (Wat, hoe, eenheid, ...)

Dit is variatie in functie van plaats. De eenheid is  $\frac{1}{m}$ . De spatiale frequentie is hoog bij scherpe randen of bij ruis.

#### 7. Bespreek de voor- en nadelen van JPEG2000 tegenover JPEG.

- Betere compressie
- Keuze voor lossless of lossy te comprimeren

- Eender welke bitdiepte kan gebruikt worden
- Volledige ondersteuning voor transparantie en alfakanalen

## 4 Color in image and video

### 1. Leg CIE chromaticity uit. (Wat, waarom, waarvoor, ...)

Chromaticiteit is een specificatie van een kleur zonder de luminantie in acht te nemen. Aangezien de rode color-matching curve een negatief deel bevat, werd er een verzameling basiskleuren bedacht die leiden tot color-matching functies met enkel positieve waarden. We wensen dat een van de drie curves de som van de andere twee is. Daarbovenop willen we ook dat de transformatie lineair is. Hierbij wordt een chromaticiteitsdiagram bekomen. (VUL AAN)

### 2. Leg color-matching functies uit. (Wat?)

Een aantal curves die de waarden van de drie basiskleuren geven die benodigd zijn om een andere kleur te bekomen. Deze worden bekomen door gebruik te maken van een colorimeter. Deze meet de relatieve sensitiviteit van het oog.

### 3. Leg gamma-correctie uit. (Wat, waarom, hoe, ...)

Het licht uitgestraald door een scherm is ongeveer proportioneel tot een bepaalde macht, deze macht wordt genoteerd met gamma ( $\gamma$ ). Hierdoor kunnen donkere kleuren te donker lijken. We willen echter dat het licht geproduceerd door een scherm lineair is tegenover het voltage. We gebruiken gamma-correctie om dit tegen te gaan. Om dit toe te passen, verheffen we een bepaald kleurkanaal tot de inverse macht van gamma.

$$V_{\text{in}}^{\frac{1}{\gamma}} \quad (3)$$

### 4. Geef de definitie van: gammacorrectie, witpuntcorrectie, CIE chroma diagram, color matching.

**Gammacorrectie** is een transformatie om er voor te zorgen dat een kleur niet te donker weergeven wordt. Dit wordt gedaan door de inputvoltage te verheffen tot de inverse macht van gamma.

**Witpuntcorrectie** is een correctie om de witte punten precies wit te maken. Om dit te vinden moeten we met een aantal corrigerende waarden vermenigvuldigen. Dit is nodig om de  $X$ ,  $Y$  en  $Z$  waarden terug om te zetten naar toestelspecifieke RGB waarden.

**CIE chroma diagram** is een diagram die alle zichtbare chromaticiteiten voorstelt voor de doorsnee persoon.

**Color matching** is een proces waarbij relatieve sensitiviteit van het oog vastgesteld wordt door gebruik te maken van een colorimeter.

### 5. Wat is line of purples en wat is een printer gamut?

**Line of purples** ligt op de rand van het CIE chromaticiteitsdiagram. Deze bevat kleuren waarbij er geen mix van rood en violet bestaat die meer gesatureerd is dan deze kleuren. Deze worden ook als volledig gesatureerd geacht.

**Printer gamut** Is een subset van kleuren die voorgesteld kan worden door een printer door zijn basiskleuren. Deze ziet er uit als een zeshoek. Het gamut is kleiner dan het CRT-gamut omdat kleur nog altijd door de inkt van de printer kan.

### 6. Wat is het verschil tussen YIQ en RGB?

RGB staat voor rood, groen en blauw. Bij YUV zijn er geen drie kleuren maar is er luminantie en chrominantie, waarbij de  $Y = Y'$  correspondeert met luminantie, en  $U = B' - Y'$  en  $V = R' - Y'$  corresponderen met chrominantie. YIQ is gelijkaardig aan YUV, behalve dat  $I$  en  $Q$  gerooteerde versies zijn van  $U$  en  $V$ .

7. **Wat weet je over color-matching? (Functions, tristimuli, overgang van RGB naar XYZ, ...)**

Een verbetering op color-matching functies is het CIE chromaticiteitsdiagram. Hier moet RGB naar XYZ worden omgezet. Y correspondeert dan met luminantie. Om de chromaticiteiten te verkrijgen deelt men door  $X + Y + Z$ . Bijvoorbeeld  $x = X/(X + Y + Z)$ . Deze X, Y en Z zijn samen tristimuli: drie waarden die samen een bepaalde kleur voorstellen.

## 5 Fundamental concepts in Video

1. **Bespreek de werking van analoge video.**

Een analogoog signaal  $f(t)$  samplet een tijd-variërend beeld. Progressive scanning tekent een heel beeld rijsgewijs, voor elk tijdsinterval. Bij TV en in sommige monitors wordt “interlacing” gebruikt. Hierbij worden eerst de oneven rijen en dan de even rijen getekend. Alle even en oneven lijnen zijn elk een veld. De twee velden samen vormen dus een frame.

2. **Wat is chroma subsampling?**

Aangezien mensen kleuren minder goed kunnen waarnemen dan luminantie, kunnen we minder waarden gebruiken om chrominantie op te slaan. De nummers bij volgende schemas staat voor hoeveel pixelwaarden per vier originele pixels verstuurd worden.

**4:4:4** Hier wordt geen chroma subsampling gebruikt.

**4:2:2** Er wordt “horizontal subsampling” gebruikt. Hierbij worden voor 4 horizontaal consecutieve pixels 4 Y waarden verzonden, en elke 2 Cb en Cr waarden worden verzonden.

**4:1:1** Subsamplet horizontaal met een factor 1.

**4:2:0** Subsamplet zowel in de horizontale als verticale richting met een factor 2.

3. **Wat is modulatie (en demodulatie)? (NTSC, algemeen, kleurenmodel en coderen/decoderen)**

Modulatie wordt gebruikt bij onder andere NTSC. Hierbij wordt het YIQ kleurenmodel gebruikt. Om dit signaal te verzenden worden I en Q gecombineerd in één chroma signaal C (color subcarrier). Dit door middel van kwadratuurmodulatie.

$$C = I \cos(F_{sc}t) + Q \sin(F_{sc}t) \quad (4)$$

Waarbij  $F_{sc}$  de subcarrier frequentie is. Hierna worden de Y en C gecombineerd, simpelweg door ze met elkaar op te tellen,  $Y + C$ .

Om dit signaal te decoderen worden Y en C gescheiden, dit kan makkelijk met een low-pass filter aangezien ze interleaved zijn. Daarna passen we het volgende toe:

$$C \cdot 2 \cos(F_{sc}t) = I + I \cdot \cos(2F_{sc}t) + Q \cdot \sin(2F_{sc}t) \quad (5)$$

Met behulp van een low-pass filter filteren we de hogere frequentie termen er uit en bekomen we I. Analooeg bekomen we Q door  $C \cdot \sin(2F_{sc}t)$  toe te passen.

4. **Moduleren en demoduleren van composite video?**

Bij composite video worden chrominantie en luminantie gecombineerd in één signaal. Dit is achterwaarts compatibel met zwart-wit TV. Omdat luminantie en chrominantie gecombineerd zijn is vermenging van beide signalen onvermijdelijk.

5. **Wat is 4:2:0?**

Hierbij is er horizontale en verticale subsampling. De horizontale subsampling zorgt ervoor dat je maar om de 2 pixels een Cb en Cr doorstuurt. De verticale zorgt ervoor dat de chroma pixels theoretisch tussen de rijen pixels staat.

6. **Wat is 4:2:2?**

Hierbij is er enkel horizontale subsampling. Er wordt dus om de twee pixels een Cr en Cb waarde doorgestuurd.

## 6 Basics of Digital Audio

1. **Wat zijn A-law en  $\mu$ -law voor audio?**

Deze wetten zijn vormen van nonlineaire quantizatie. We transformeren een analoog signaal van de ruwe  $s$  ruimte naar de theoretische  $r$  ruimte, en quantizeren dan deze waarden uniform.

$$r = k \ln(s/s_0) \tag{6}$$

Waarbij  $s_0$  de laagst mogelijk niveau van stimulus  $s$  die een respons  $r$  geeft.

Dit zal in essentie companding toepassen, waarbij we de dynamic range van een audiosignaal verkleinen.

2. **Wat is companding?**

Het woord “companding” is een samenvoeging van compression en expansion. Hierbij wordt in effect de amplitude van zwakke signalen verhoogd en dat van de sterke signalen verlaagd. Dit wordt gebruikt om minder kwaliteitsverlies te hebben bij apparaten met kleinere dynamic ranges.

3. **Bespreek niet-uniforme quantisatie: waarom en hoe?**

We willen de meeste bits gebruiken op de plaatsen in het signaal waar we het gevoeligst zijn voor verandering. Dit is een toepassing van de wet van Weber: hoe meer er is, hoe meer er toegevoegd moet worden om een verschil waar te nemen.  $\mu$ -law is hier een toepassing van.

$$\begin{aligned} dp = k \frac{dS}{S} &\iff p = k \ln S + C \\ &= k \ln \frac{S}{S_0} \end{aligned} \tag{7}$$

Waarbij  $dp$  de differentiële verandering is in perceptie,  $dS$  de differentiële verandering in de stimulus en  $S$  de instantane stimulus.  $S_0$  is de drempel waarbij de stimulus niet meer waargenomen wordt.

4. **Bespreek DPCM, verliesloos/verlieshebbend?**

DPCM staat voor Differential Pulse Code Modulation. Dit is hetzelfde als predictive coding, maar het gebruikt een quantizer stap. Predictive coding zal enkel het verschil tussen samples doorsturen in plaats van de waarde van de samples zelf. Aangezien DPCM gebruik maakt van quantisatie, is dit dus verlieshebbend. De predictie wordt gemaakt, de fout wordt hier uit genomen en deze wordt gequantiseerd. Deze fout wordt dan doorgestuurd.

5. **Bespreek PCM.**

PCM staat voor Pulse Code Modulation. Het is een manier om analoge signalen digitaal voor te stellen. Dit houdt het samplen en quantiseren van een signaal in. De amplitude van een analoog signaal wordt gesampled op uniforme intervallen, en elke sample wordt gequantiseerd naar de dichtstbijzijnde waarde in een gebied van digitale stappen.

6. **Bespreek differential coding.**

Audio wordt vaak niet opgeslaan in PCM maar in een vorm dat verschillen tussen samples gebruikt. Dit heeft vaak als effect dat er minder geheugen gebruikt moet worden om deze audio op te slaan. De nieuwe waarden worden voorspeld aan de hand van waarden uit het verleden en de verschillen. Deze techniek is lossless.

7. **Leg lossless predictive coding uit.**

Predictive coding is simpelweg het versturen van verschillen. We voorspellen dat de volgende sample

gelijk is aan de huidige. De error tussen de samples wordt dan verstuurd. De ontvanger moet wel weten welke predictor de verzender gebruikt en als een fout gebeurt tijdens het verzenden zijn alle volgende waarden fout. Om dit laatste tegen te gaan stuurt men om de zoveel tijd een volledig signaal door.

8. **Wat is het Nyquist theorem? Nyquist rate vs. Nyquist frequency.**

Als een signaal bandgelimiteerd is — er is een onderlimiet  $f_1$  en een bovenlimiet  $f_2$  — dan zou de sampling rate minstens  $2(f_2 - f_1)$  moeten bedragen. Anders komt er aliasing voor die incorrecte frequenties gaat weergeven. De Nyquist frequentie is half de Nyquist rate. Deze is belangrijk aangezien systemen een antialiasing filter toepassen op deze frequentie.

9. **Wat is frequency masking?**

Dit komt voor als 2 of meer verschillende signalen dezelfde frequentie hebben, hierdoor wordt geen enkel signaal deftig waargenomen.

## Bijvragen

1. **Wat is het probleem bij gewone DM? Voor/nadeel DM modulatie.**

DM staat voor Delta Modulation. Dit is een simpelere versie van DPCM. Een voordeel is dat het eenvoudig is, een nadeel is dat het niet goed is voor niet-constante signalen.

2. **Wat is MIDI?**

MIDI staat voor Musical Instrument Digital Interface. MIDI is een protocol die events verstuurt die een muzikale betekenis hebben. Een MIDI event bevat informatie zoals toonhoogte, velocity en lengte.

3. **Wat is het verschil tussen PCM en DPCM?**

DPCM maakt gebruik van predictive coding.

4. **Wat is de wet van Grassman?**

De wet van Grassman zegt dat elke kleur kan gemaakt worden door een lineaire combinatie van drie andere kleuren, zolang dat deze niet kunnen gemaakt worden als combinatie van de andere kleuren.

5. **Waarom is een gamut een driehoek?**

Dat betekent dat er 3 componenten zijn om deze gamut te maken. Bij printers kan dit soms een zeshoek zijn aangezien ook de verschillen tussen de kleuren in acht genomen wordt.