

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za računalništvo
in informatiko



PRODUKCIJA MULTIMEDIJSKIH GRADIV (PMG)

DIGITALNA MULTIMEDIJA OSNOVE – 2. DEL

Borut Batagelj

V1.2
2025



Vsebina

- Digitalna predstavitev multimedije
 - Slike
 - Video in animacija
 - Zvok
 - Besedilo
 - Interaktivnost
 - Metapodatki
 - Navidezna resničnost



Digitalna predstavitev medijev

- Digitalna multimedija > digitalni podatki > digitalna obdelava > digitalno shranjevanje
- Skupni imenovalec za vse digitalne medije = **digitalna narava podatkov**
 - Slika
 - Video
 - Animacija
 - Zvok
 - Besedilo
- Interaktivnost

Primer: slike

- Predstavitev v tekstovni (SVG) ali
- binarni obliki:
 - Formati (programi: PSD, izmenjava: JPG, GIF)



Slike



Slike

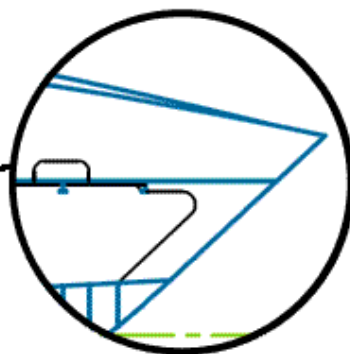
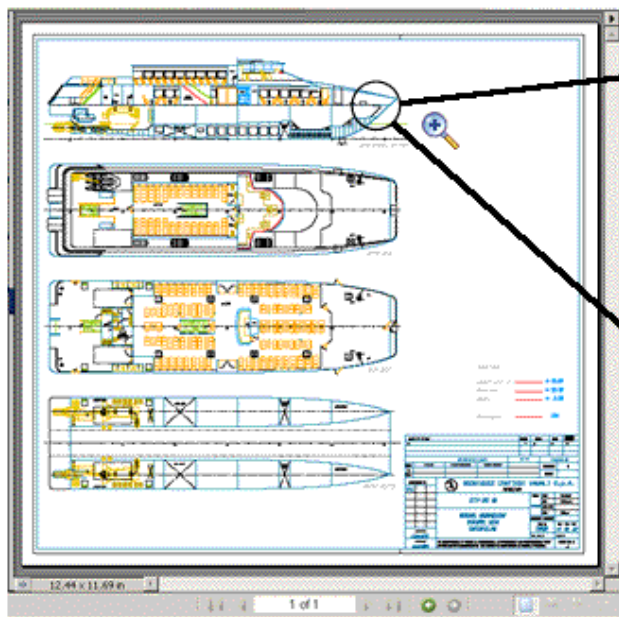
- Pravokotno polje slikovnih elementov
 - Ločljivost (resolucija)
 - Barva globina
 - Rendering (upodobitev) slike
 - Logični (na disku) in fizični (na ekranu) slikovni elementi
- Rastrska (bitna) grafika
- Vektorska grafika



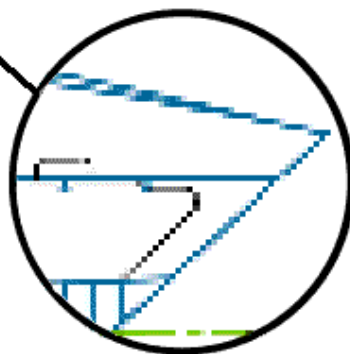


Rastrska in vektorska grafika

- Rastrska (bitna) slika – predstavljena s slikovnimi elementi
- Vektorska slika – predstavljena z obliko in barvo, matematičnimi krivuljami



Vektorska slika



Rastrska slika



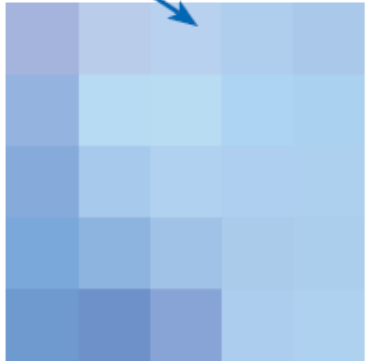
Rastrska predstavitev slike

- Logični slikovni elementi – na disku
- Fizični slikovni elementi – prikazani na ekranu
- Prostorsko zahtevna predstavitev
- Odvisna od ločljivosti
- Primerna za fotografije

logical pixels

| | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 9BB5FF | B1CFFF | B0D2FF | A9CFFF | 9FCBFF |
| 86B5F9 | B0DBFF | ADD9FF | A9D6FF | 9FD3FF |
| 7AACEB | A0CCFF | A6D3FF | A1D0FF | A0D0FF |
| 74A8E2 | 87B7F9 | 99C4FF | A3D0FF | A2D0FF |
| 6698D3 | 6491D5 | 7AA6EF | A1CEFF | A5D2FF |

physical pixels





Vektorska predstavitev slike

- Matematični opis posameznih elementov
- Fizični slikovni elementi se izračunajo
- Veliko bolj kompaktna predstavitev
- Ni odvisna od ločljivosti (odvisna od št. elementov)
- Se lahko poljubno povečuje brez izgube kvalitete
- Primerna za sintetične slike





Rastrska in vektorska grafika

- Rastrska (bitna) slika
- Vektorska slika
 - SVG



```
<svg xmlns="http://www.w3.org/2000/svg" version="1.1">  
<path fill="#F8130D" stroke="#1E338B" stroke-width="20"  
d="M118,118 H10 V10 H118 V118 z" />  
</svg>
```

Izračunaj: Koliko prostora zasede slika s prvo predstavitevijo in koliko z drugo?



Urejanje slik

- Vektorska grafika
 - Izberemo in urejamo lahko posamezne dele
 - Enostavna transformacija

- Rastrska grafika
 - Težko izberemo posamezne dele
 - Slikovni filtri (glajenje, ipd.) se izvedejo na slikovnih elementih





Povečevanje slik

- Pri vektorski grafiki brez izgube kvalitete
 - slik. elementi se izračunajo
- Pri rastrski grafiki se s povečevanje kvaliteta slabša
 - logični slik. element se preslika v več kot en fizični element





Bitna ali vektorska slika?

- Zahteve po spominu
- Vizualne lastnosti slike
- Možnosti transformacije
- Možnosti efektov

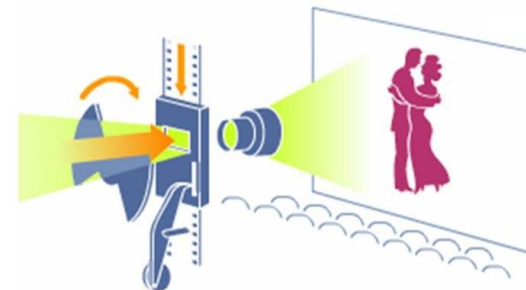
- Izvor slike določa tip



Video in animacija



Video in animacija



- Vztrajnost vida: človeško oko vidi sliko še nekaj časa po tem, ko ni več izpostavljeno stimulusu
- Frekvenca zlivanja (fusion frequency): okrog 40 slik na sekundo
- Če dovolj hitro prikazujemo posamezne slike, človeško oko to zazna kot zvezno gibanje (min 16fps)

What's the frame rate of our eyes? 

- Dve vrsti gibajočih slik:
 - Igrani (live-action) - Video
 - Animacija



Video

- Digitalni video
- Okvirji videa so rastrske slike
- DV standard (PAL)
 - 720x576 slikovnih elementov
 - 25 slik na sekundo
 - Nekompresiran: 25MB/s
 - > kompresija





Animacija

- Zaporedje slik
- Lahko tudi vektorske
- Interpolacija med vektorskimi slikami
- Dinamično generirane animacije (modeliramo fizično gibanje)
- Interakcija

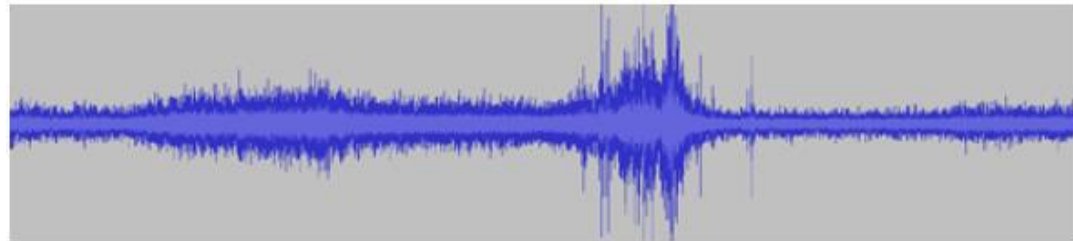




Zvok



Zvok



- Zvok nastane zaradi hitrih sprememb zračnega tlaka
- Mikrofon to pretvori v električni signal => avdio signal



ADC digitalizacija => digitalni signal

- 44.100 Hz (CD), 48kHz, 96kHz, 192kHz
- Distribucija: podcasti (RSS),
 - mp3 (MPEG-2 Layer 3 Audio),
 - AAC (Advanced Audio Codec) ,
 - Ogg Vorbis (Open Source)
- Digitalen zapis
 - Lažje spreminjanje (tona, hitrosti, trajanje)
 - Ustvarjanje novih kompozicij (MIDI)



Zvok - formati

Brez kompresije

WAV (univerzalen) in **AIFF** (Apple)

Brezizgubna kompresija (Lossless)

FLAC – Lossless codec developed by Xiph.Org Foundation

ALAC = Apple Lossless

WavPack = a free and open-source

APE (Monkey's Audio) ni tako razširjen ima pa boljšo kompresijo, počasnejši pri kodiranju in dekodiranju

Izgubni (Lossy Formats)

MP3: MPEG Audio Layer III

AAC: Advanced Audio Coding, malce boljše kot mp3, (iTunes)

Ogg Vorbis, opensource, ni toliko razširjen format

WMA = Windows Media Audio (Microsoft) ni toliko razširjen



Besedilo



Tekst

- Znaki so zakodirani po kodnih tabelah

| Dec | Hx | Oct | Char | Dec | Hx | Oct | Html | Chr | Dec | Hx | Oct | Html | Chr | Dec | Hx | Oct | Html | Chr |
|-----|----|-----|------------------------------------|-----|----|-----|-------|--------------|-----|----|-----|-------|----------|-----|----|-----|--------|------------|
| 0 | 0 | 000 | NUL (null) | 32 | 20 | 040 | | Space | 64 | 40 | 100 | @ | @ | 96 | 60 | 140 | ` | ` |
| 1 | 1 | 001 | SOH (start of heading) | 33 | 21 | 041 | ! | ! | 65 | 41 | 101 | A | A | 97 | 61 | 141 | a | a |
| 2 | 2 | 002 | STX (start of text) | 34 | 22 | 042 | " | " | 66 | 42 | 102 | B | B | 98 | 62 | 142 | b | b |
| 3 | 3 | 003 | ETX (end of text) | 35 | 23 | 043 | # | # | 67 | 43 | 103 | C | C | 99 | 63 | 143 | c | c |
| 4 | 4 | 004 | EOT (end of transmission) | 36 | 24 | 044 | $ | \$ | 68 | 44 | 104 | D | D | 100 | 64 | 144 | d | d |
| 5 | 5 | 005 | ENQ (enquiry) | 37 | 25 | 045 | % | % | 69 | 45 | 105 | E | E | 101 | 65 | 145 | e | e |
| 6 | 6 | 006 | ACK (acknowledge) | 38 | 26 | 046 | & | & | 70 | 46 | 106 | F | F | 102 | 66 | 146 | f | f |
| 7 | 7 | 007 | BEL (bell) | 39 | 27 | 047 | ' | ' | 71 | 47 | 107 | G | G | 103 | 67 | 147 | g | g |
| 8 | 8 | 010 | BS (backspace) | 40 | 28 | 050 | (| (| 72 | 48 | 110 | H | H | 104 | 68 | 150 | h | h |
| 9 | 9 | 011 | TAB (horizontal tab) | 41 | 29 | 051 |) |) | 73 | 49 | 111 | I | I | 105 | 69 | 151 | i | i |
| 10 | A | 012 | LF (NL line feed, new line) | 42 | 2A | 052 | * | * | 74 | 4A | 112 | J | J | 106 | 6A | 152 | j | j |
| 11 | B | 013 | VT (vertical tab) | 43 | 2B | 053 | + | + | 75 | 4B | 113 | K | K | 107 | 6B | 153 | k | k |
| 12 | C | 014 | FF (NP form feed, new page) | 44 | 2C | 054 | , | , | 76 | 4C | 114 | L | L | 108 | 6C | 154 | l | l |
| 13 | D | 015 | CR (carriage return) | 45 | 2D | 055 | - | - | 77 | 4D | 115 | M | M | 109 | 6D | 155 | m | m |
| 14 | E | 016 | SO (shift out) | 46 | 2E | 056 | . | . | 78 | 4E | 116 | N | N | 110 | 6E | 156 | n | n |
| 15 | F | 017 | SI (shift in) | 47 | 2F | 057 | / | / | 79 | 4F | 117 | O | O | 111 | 6F | 157 | o | o |
| 16 | 10 | 020 | DLE (data link escape) | 48 | 30 | 060 | 0 | 0 | 80 | 50 | 120 | P | P | 112 | 70 | 160 | p | p |
| 17 | 11 | 021 | DC1 (device control 1) | 49 | 31 | 061 | 1 | 1 | 81 | 51 | 121 | Q | Q | 113 | 71 | 161 | q | q |
| 18 | 12 | 022 | DC2 (device control 2) | 50 | 32 | 062 | 2 | 2 | 82 | 52 | 122 | R | R | 114 | 72 | 162 | r | r |
| 19 | 13 | 023 | DC3 (device control 3) | 51 | 33 | 063 | 3 | 3 | 83 | 53 | 123 | S | S | 115 | 73 | 163 | s | s |
| 20 | 14 | 024 | DC4 (device control 4) | 52 | 34 | 064 | 4 | 4 | 84 | 54 | 124 | T | T | 116 | 74 | 164 | t | t |
| 21 | 15 | 025 | NAK (negative acknowledge) | 53 | 35 | 065 | 5 | 5 | 85 | 55 | 125 | U | U | 117 | 75 | 165 | u | u |
| 22 | 16 | 026 | SYN (synchronous idle) | 54 | 36 | 066 | 6 | 6 | 86 | 56 | 126 | V | V | 118 | 76 | 166 | v | v |
| 23 | 17 | 027 | ETB (end of trans. block) | 55 | 37 | 067 | 7 | 7 | 87 | 57 | 127 | W | W | 119 | 77 | 167 | w | w |
| 24 | 18 | 030 | CAN (cancel) | 56 | 38 | 070 | 8 | 8 | 88 | 58 | 130 | X | X | 120 | 78 | 170 | x | x |
| 25 | 19 | 031 | EM (end of medium) | 57 | 39 | 071 | 9 | 9 | 89 | 59 | 131 | Y | Y | 121 | 79 | 171 | y | y |
| 26 | 1A | 032 | SUB (substitute) | 58 | 3A | 072 | : | : | 90 | 5A | 132 | Z | Z | 122 | 7A | 172 | z | z |
| 27 | 1B | 033 | ESC (escape) | 59 | 3B | 073 | ; | ; | 91 | 5B | 133 | [| [| 123 | 7B | 173 | { | { |
| 28 | 1C | 034 | FS (file separator) | 60 | 3C | 074 | < | < | 92 | 5C | 134 | \ | \ | 124 | 7C | 174 | | | |
| 29 | 1D | 035 | GS (group separator) | 61 | 3D | 075 | = | = | 93 | 5D | 135 |] |] | 125 | 7D | 175 | } | } |
| 30 | 1E | 036 | RS (record separator) | 62 | 3E | 076 | > | > | 94 | 5E | 136 | ^ | ^ | 126 | 7E | 176 | ~ | ~ |
| 31 | 1F | 037 | US (unit separator) | 63 | 3F | 077 | ? | ? | 95 | 5F | 137 | _ | _ | 127 | 7F | 177 | | DEL |



Pisava

- Različne pisave (fonti)
 - V kakšni obliki se prikaže znak
 - Množica oblik znakov (glifov),
 - določena je oblika vsakega znaka
 - zbirka vektorskih slik (datoteka)
 - grafika (prikaz)

A B C Č D E F G H I J K L M N
O P R S Š T U V Z Ž
a b c č d e f g h i j k l m n o p
r s š t u v z ž
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0



Postavitev

- Zapis besedila na različne načine

MOLOREET VOLOREET EX-
EROS
Etum adionse feuis non
henim ipsusting etum
iriure magna feu feummy
nis augiam, quat.
Minit nibh exer aut au-
gait wisim autpat. Ut
irilit pratisci blam-
conse min ullaorper il
deliquamet, volorer os-
trud te magna at. Upta-
tie dolore doluptat nim
velisci psuscidui tat.
Lum veniatum vel init
lum velit am dolutat,
sissequis numsandreet
at.

Moloreet Voloreet Exeros
Etum adionse feuis non henim
ipsusting etum iriure magna feu
feummy nis augiam, quat.
Minit nibh exer aut augait wisim
autpat. Ut irilit pratisci blamconse
minullaorperildeliquamet,volorer
ostrud te magna at. Uptatie dolore
doluptat nim velisci psuscidui tat.
Lum veniatum vel init lum velit am
dolutat, sissequis numsandreet at.

Katero besedilo je lažje prebrati?



Vsebina in oblika

- Besedilo je sestavljeno iz vsebine, ki jo sporoča in oblike (postavitev in tipografija), ki je uporabljena za prikaz

Tema Tis Rolod Muspi Merol

DEFT WIDGETS

Lorem ipsum dolor sit amet
Consectetur adipisicing elit
Sed do eiusmod tempor
Incididunt ut labore
Dolore magna aliqua

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.



Vsebina in oblika na spletu

- HTML dokument (vsebina)
- CSS dokument (oblika)

HTML

```
<li><a href="tis">Tis</a></li>
<li><a href="rolod">Rolod</a></li>
<li><a href="muspi">Muspi</a></li>
<li><a href="merol">Merol</a></li>
</ul>
<div id="content">
  <ul class="sidebar">
    <li>Lorem ipsum dolor sit amet</li>
    <li>Consectetur adipisicing elit</li>
    <li>Sed do eiusmod tempor</li>
    <li>Incididunt ut labore</li>
    <li>Dolore magna aliqua</li>
  </ul>
  <h1>Deft Widgets</h1>
  <p>Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed
do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim
ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip
ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in
voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint
occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit
anim id est laborum.
</p>
  <p>Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed
```

CSS

```
font-family: Optima, Times, Georgia, serif;
letter-spacing: 0.5em;
font-size: 1.1em;
font-weight: bold;
text-align: center;
padding-bottom: 0.8em;
text-transform: uppercase; }

p {
  text-align: justify;
  padding-bottom: 1em; }

ul.sidebar {
  font-family: Optima, Times, Georgia, serif;
  list-style-type: none;
  float: left;
  margin-left: -15em;
  padding-top: 2.2em;
  width: 12em; }

.sidebar li {
  padding-bottom: 1.2em; }

ul.navbar {
  list-style-type: none;
  padding: 1.5em 0 1em 0;
  margin: 0 0 2em 0;
  border-bottom: 2px dotted #DAB2D5;
  text-align: center; }

.navbar li {
  display: inline;
  padding: 0 1em;
  font-size: 1.2em; }
```



Interaktivnost

- Interaktivnost je omogočena z izvajanjem programa kot odziv na uporabnikovo akcijo
- Prevajalnik
- Interpreter
 - Skriptni jezik (JavaScript, ActionScript)
 - DOM (Document Object Model)



*Actual product may vary.

- Interaktivnost vnaša povsem novo dimenzijo v medije in multimedijske predstavitve



Metapodatki

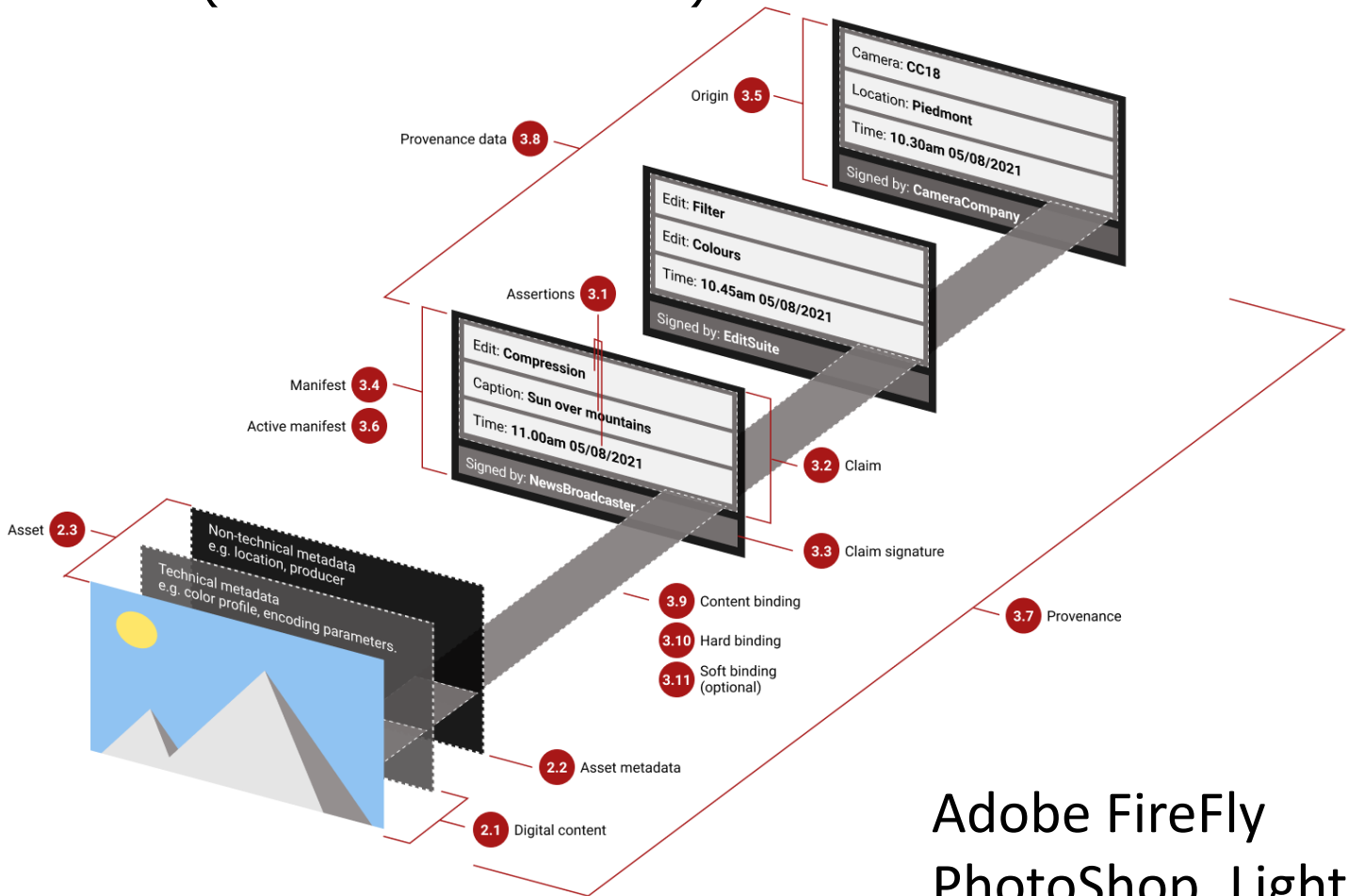
- Metapodatki so strukturirani podatki o podatkih
- Omogočajo lažjo organizacijo in iskanje
 - Datum in čas zapisa
 - Lokacija (GPS)
 - Zaznamki
 - Komentarji,...
- Standardi definirajo formate metapodatkov
 - Pripeti k multimedijskim datotekam
 - EXIF: metapodatki o fotografijah
 - IPTC: Izmenjava podatkov med tiskovnimi agencijami
 - Dublin Core: Opis katerihkoli podatkov
 - Ločeni od vsebine (podatkovna baza)
 - RDF/XML
 - XMP – format, ki ga uporablja Adobe



Metapodatki in lažne novice



- CAI (<https://contentauthenticity.org/>) (arhitekt)
- C2PA (skrbi za standarde)



Adobe FireFly
PhotoShop, LightRoom



Povzetek

- Načini predstavitve slik, videa, animacije, zvoka in teksta s pomočjo bitov so točno določeni
- Medijski podatki so lahko predstavljeni tekstovno v primernem jeziku ali binarno v posebni strukturi
- Slike prikažemo kot polje slikovnih elementov in predstavljene z notranjim modelom. Generiranju slikovnih elementov iz modela pravimo upodobitev (*rendering*).



Povzetek

- Sliko lahko modeliramo kot polje bitnih vrednosti ali kot vektorsko grafiko
- Bitna slika je polje logičnih slikovnih elementov (nosijo informacijo barve), ki se za prikaz lahko neposredno preslikajo v fizične slikovne elemente
- Pri vektorski grafiki, je slika zapisana kot matematični opis množice črt, krivulj in oblik, ki skupaj tvorijo sliko, ki se za upodobitev preračunajo
- Vektorske grafike so običajno manjše kot bitne, so neodvisne od ločljivosti in se lahko povečujejo brez izgube kvalitete, ampak so primerne samo za določen tip slik, ki so sintetične, ne pa za fotografije



Povzetek

- Premikajoče se slike so lahko posnetek živih akcij ali animacije
- Žive akcije shranimo kot video. Animacijo lahko predstavimo tudi v druge bolj prilagodljive in učinkovite načine
- Video okvirji zavzamejo veliko prostora, zato se za prenos vedno kompresirajo
- Digitaliziran zvok predstavlja zaporedje vzorcev
- CD je vzorčen z 44.1 kHz, lahko pa se uporablja še večje vzorčenje
- Avdio se za prenos kompresira, največkrat s kodekom mp3



Povzetek

- Kodna tabela določa preslikavo med znaki in kodami
- Kodna tabela Unicode se uporablja za predstavitev vseh svetovnih jezikov
- Pisava je zbirka znakovnih krivulj imenovanih glifi
- Upoštevati moramo tudi postavitev, ko prikazujemo besedilo



Povzetek

- Interaktivnost se zgodi s pomočjo programa kot odgovor na uporabnikovo zahtevo
- V multimediji so programi običajno napisani v skriptnih jezikih kot sta *JavaScript* in *ActionScript*
- Metapodatki so strukturirani podatki o podatkih, ki so pripeti medijskim datotekam za pomoč pri iskanju in klasifikaciji.