

Video kompressioon

Praegu ei suuda olemasolevad arvutid ja arvutivõrgud kompressioonita, täisvärvidega kõrge-kvaliteedilise digitaalvideoga midagi teha. Digitaalvideo kasutamine arvutis eeldab madalama kvaliteediga videot, mis annab väiksema hulga tihendamata infot ja muidugi sellele lisaks veel kompressiooni. Video töötlemine arvutis eeldab igal juhul kompressiooni kasutamist.

Enamasti on täiesti vastuvõetav vähendada andmete hulka kasutades väiksemat kaadri suurust harva ka väiksemat kaadrisagedust. Näiteks video, mille kaadri suurus on 2 korda kitsam ja madalam kui VGA pilt (320 X 240) saavutab 5,3 kordse andmemahu vähenemise juba kompressioonita. Mitmed koodekid (*codec*), näiteks DivX, eeldavad kaadri suurust 352 X 288 pikselit, mis annab juba umbes 4-kordse kokkuhoiu. Kummagi näite korral pole aga võimalik seda videot minutite pikkuselt CD-le salvestada. Vajalik on kompressiooni kasutamine.

Tavaliselt nõuab parem kompressioonitehnoloogia suuremaid kulutusi nii video tegija kui ka tarbija poolt.

Kompressiooni puhul määratavad parameetrid

Kompressioonimeetodi häälestamisel saab videokoodekitel lisaks bitikiirusele (*bitrate*) määrata veel mitmeid parameetreid, näiteks heliportsjonite vahele jäävate kaadrite arvu ja nn võtmekaadrit (*key frame*).

- Sageli on videoklipi muutused kaadrist kaadrisse minimaalselt väikesed. Sellistel juhtudel on ökonoomsuse seisukohalt kasulik terviklike kaadrite asemel salvestada vaid need andmed, mis muutuvad. Saab määrata, kui sageli esinevad nn võtmekaadrid (*key frame*), mis salvestatakse tervikuna ja mille suhtes järgmiste kaadrite erinevusi salvestatakse. Võtmekaadri valikul on omad piirangud, mida suurem on nende vahe, seda suuremad muudatused võivad vahepeal toimuda ja liiga suure vahe korral on risk, et kaotame osa muudatustest.
- Kui videofaili on edaspidi kavas taasesitada CD-ROMilt, siis saab määrata, et kaadrid peavad olema “täis topitud” (*padded*). “Täis toppimine” (*padding*) lisab kaadritele baite, et kõik nad oleksid täpselt ühe suurusega. See võimaldab CD-ROMi seadmel hoida püsivat lugemiskiirust. Vastasel korral tuleb iga kaadri jaoks lugeda erineva suurusega andmehulki, järgmist kaadrit ei saa lugeda ilma vähemalt ühe lisapöörde tegemiseta ning iga järgmist kaadrit tuleb otsida, mis kisub kiiruse väikeseks ja muudab taasesituse hüplevaks.

Soovitused:

- Ise videot salvestades tasuks alati valida võimalikult ühevärviline taust ja väheliikuvad objektid, see aitab andmehulka vähendada aga samas on ka vähem efektne.
- Kui kavatsed kasutada redigeerimisvõtteid, mis muudavad faili sisemist struktuuri, salvestage ta tihendamata kujul (mingisugust *raw codec*it kasutades) ehk siis – „must materjal“ salvestada võimalikult vähese kompressiooniga!
- Kui faili struktuuri muutvaid redigeerimisvõtteid pole kavas kasutada, salvestage video oma vajadustele vastavat kompressioonimeetodit kasutades.
- MPEG kompressiooni puhul kasutatakse sageli vähendatud kaadrisuurust, mis on parem kui kaadrisageduse vähendamine!

Üldine soovitus kõlaks: kompressige oma videot vaid üks kord!

Videokoodekid

Praegusel on kõige enam levinud koodekid MPEG ja selle erinevad arendused (DivX, XviD) aga ka mitmed avatud lähtekoodiga formaadid nagu näiteks Theora (OGG).

Ajaloolised Vfw koodekid

Video for Windows'i jaoks oli praktiliselt kõigil PC-del kasutada Intel Indeo erinevad versioonid, Cinepak'i versioonid ja RLE. DV video jaoks on kasutusel mitmed DV koodekid (Microsoft DV, DVSoft(tm) jt).

Indeo 3.0

Algne Indeo, Indeo 2.1 oli loodud kasutamiseks AVI eelse tehnoloogiaga, Intel i750 protsessoriga, mis võimaldas kõrgekvaliteedilist reaajas kompressiooni ja dekompressiooni. PC-le ületoomisel pidi arvuti protsessor hakkama emuleerima i750 protsessorit ja see muutis töö aeglaseks.

Indeo 3.0 emuleerimist enam ei vaja, kuna on juba loodud x86 protsessoritele (386, 486 ja Pentium) ja pakub reaajas kompressiooni/dekompressiooni. Ta on 24 bitine *codec*, on hea 16 ja 24 bitise värvisügavusega kujutiste korral. Suure kompressiooniastme või aeglase arvuti korral võib rikkuda video/audio sünkronisatsiooni.

NB! Ei toeta suuremat kaadrit kui 640X480 (originaalne Video for Windows).

Indeo Video Interactive

Intel Video Interactive, Indeo 4.1 on *hybrid wavelet* algoritmil põhinev Indeo uus versioon Intelilt. See on Video for Windows'i komplekti kuuluvast Indeo 3.2 tihendajast erinev.

Intel Video *Interactive codec*'it saab installeerida nii Video for Windows'i kui ka uue ActiveMovie jaoks.

Seda koodekit nimetatakse interaktiivseks seetõttu, et ta võimaldab tihendatud videot või suvalise kujuga graafikaobjekte laotada (*overlay*) teise video või graafika peale ning teda taasesituse ajal interaktiivselt hiire, klaviatuuri või *joystick*'i abil juhtida.

Varem tuli vastav *keying* tehnoloogiaga osaliselt läbipaistvaks muudetav kujutis kinnistada kindlaks määratud taustapiirkonna juurde. Indeo Video Interactive võimaldab luua osaliselt läbipaistvat materjali (*key source*), mida saab ekraanil kõikjale liigutada. See võimalus on eriti kasulik kõikvõimalike multimeedia esitluste ja mängude loomiseks.

Indeo Video Interactive on ka skaleeritav *codec*, see tähendab, et ta võimaldab salvestada videot erineva kvaliteediasemega, seega saavad kiiremad arvutid taasesitada kvaliteetsemat videot (täisekraanil, sujuva pildiga (*smooth*)) kui aeglasemad. Varasemad Indeo versioonid lubasid taasesitava arvuti protsessorist sõltuvaid variatsioone kaadrisageduses (*frame rate*) ja kaadri suuruses.

CinePak

CinePak pakub nagu Indeogi head kvaliteeti, kuid suuremaid kompressiooniastmeid. Sobib hästi kasutamiseks ka 8 bitise värvisügavusega kujutiste korral. Peamine puudus on aga kiirus, mis jääb 4 kuni 10 korda alla Indeole.

Nagu Indeogi on Cinepak 24 bitine *codec*.

CinePak loodi algselt Mac'ile ja oli litsenseeritud Apple SuperMac'ile. Praegu on ta Windowsiga ja Apple QuickTime'ga tasuta kaasas.

Eksisteerib vähemalt kaks CinePak kodekit:

- CinePak by SuperMac (algupärane)
- CinePak by Radius (uuem, parem?)

Microsoft Video 1

Seegi *codec* on väga kasulik, kuid ta pole samast klassist Indeo ja Cinepakiga.

Kompressiooniaste on palju väiksem ja pildikvaliteet kipub kehvem olema. Indeo ja Cinepak on 24 bitised *codecid*, millede korral ka 256 värviline kujutis jääb 24 bitiseks, Video 1 on kasutatav 8 bitise *codecina*, mis laseb tal failide suurst tugevasti vähendada ja võimaldada video taasesitust ka aeglase, piiratud riistvaraga. Video 1-te tuleks kasutada vaid äärmise vajaduse korral.

RLE

RLE tuleneb sõnadest *Run-length encoding* ja on väga primitiivset laadi *codec*. Selle asemel, et salvestada iga kujutise punkti, RLE salvestab värvilaike. Kui kümne järjestikuse punkti värv on sama, siis RLE salvestab värvi ja punktirea pikkuse. See meetod on kasulik AVI formaadis salvestatavate animatsioonide korral, kuid mitte harilike videoklippide jaoks, kuna tavalisel videopildil pole palju ühte värvi punkte reas.

Motion JPEG (MJPEG)

Motion JPEG on hariliku JPEG (*Joint Photographic Expert Group*) modifitseeritud versioon, mis salvestab mingi arvu kaadritevahelised erinevused selle asemel, et kõiki kaadreid terveniisti jäädvustada. Kvaliteet sõltub suuresti sellest, kui tihti võetakse võtmekaadreid (*keyframe*), st kaadreid, mille suhtes erinevusi arvutatakse. MJPEG kasutab diskreetset koosinusteisendust **DCT** (*discrete cosine transform*) ja on *lossy* kompressioon, pakkudes kasutajale palju erinevaid kvaliteedi ja andmehulga valikuid.

JPEG standard pakub perfektset taasesitust nõudvatele süsteemidele ka madala kompressiooniastmega kadudeta kompressiooni.

MPEG

MPEG (*Motion Picture Expert Group*) on Itaalias baseeruv ekspertide grupp, JPEG järglane, mis koguneb mitu korda aastas, et arutada olemasolevate standardite omadusi ja hinnata uusi tehnoloogilisi ettepanekuid standardite edasiarendamiseks.

MPEG on kasutatav ainult video kompressiooniks (mitte nagu JPEG piltide ja video jaoks) arvestab nagu Motion JPEG-gi kaadrite vahelisi erinevusi, kuid seda kõrgemal tasemel. Lisaks kasutab ta uut meetodit *predictive calculation*, püüdes ühe kaadri järgi ära arvata, mis järgmisel kaadril tuleb. Seega ei soorita MPEG ainult kaadrisisest (*intraframe*), vaid ka kaadritevahelist (*interframe*) kompressiooni.

Lihtsaim kaadritevaheline kompressioon salvestaks Indeks (vahel ka Intra) kaadri (I-kaader e. *I frame*) iga pikseli värvuse ja seejärel iga pikseli värvimuutuse mitme järjestikuse kaadri jaoks. Siis salvestaks järgmise I-kaadri jne. Kuna video idee seisneb objektide liikumises järjestikel kaadritel, siis on olemas palju keerulisemad lähenemised kaadritevaheliseks (*interframe*) kompressiooniks.

Parema lähenemise korral kasutatakse eelmist kaadrit, et ennustada, kus on mitmest pikselist koosnev plokk järgmisel kaadril, siis arvutatakse originaali ja ennustatud pikselite värvuse erinevused ja tulemus salvestatakse ennustatud kaadrina (P-kaader e. *Predicted frame*). MPEG suudab pikselite plokk positsioneerida nii järgmistel kui ka eelmistel kaadritel. Tulemuseks saadakse kahesuunaliselt ennustatud kaadrid (B-kaadrid e. *bidirectionally predicted frames*). MPEG andmevoog võib sisaldada I-kaadrit, mitut B-kaadrit, P-kaadrit, veel mitut B-kaadrit, P-kaadrit, veel mitut B-kaadrit ja siis alustada otsast peale uue I-kaadriga.

Protsessi tulemuseks saadakse standardne jada I-B-B-P-B-B-P-B-B-P-B-B-I, mida nimetatakse "*Group of Picture*" (GOP) 15, kus arv 15 tähistab I-kaadri esinemisintervalli.

MPEG kompressioon kasutab edukalt ära psühholoogilist fakti, et inimese nägemissüsteem on heleduse erinevuste suhtes kaks korda tundlikum, kui värvi tooni ja küllastatuse erinevuste suhtes. MPEG kompressioon kasutab iga parameetri kohta 1 baidi (8 bitti), kusjuures heleduse (*luminance*) salvestatakse iga üksiku pikseli kohta, kuid teised kaks parameetrit (*hue* ja *saturation*) neljast pikselist koosneva ruudu kohta. Sedasi salvestatakse iga sellise neljast pikselist koosneva ruudu kohta vaid 6 baiti mitte 12 nagu saadaks iga pikseli kõigi kolme parameetri kohta eraldi info salvestamisel. Nii (kirjeldades värvust nagu televisiooniinimesed heleduse, tooni ja küllastatuse kaudu, mitte RGB mudeli järgi) saavutatakse kompressioon 1:2.

Arvutusvõimsus, mida on vaja MPEG kompressiooniks rakendades kaadri sisest kompressiooni I-kaadritele, arvutades P-kaadreid ja B-kaadreid on väga suur ja seetõttu kasutatakse selle jaoks sageli spetsiaalseid MPEG toetusega arvuti lisakaarte.

MPEG lubab kasutajal määrata mitmeid parameetreid digitaalseks videosalvestuseks ja kompressiooniks. Näiteks saab määrata mitu B-kaadrit on P-kaadrite vahel, mitu P-kaadrit jääb I-kaadrite vahele. Selline paindlikkus lubab saavutada vajalikku kvaliteeti või andmehulka ajaühiku kohta.

Enamus MPEG rakendusi kasutavad asümmeetrilist kompressioonialgoritmi. Kompressiooni ja dekompressiooni riistvara hinnasuhe võib olla isegi 20:1.

Esimesed MPEG riistvarakomponendid ilmusid turule 1993. aastal.

MPEG erinevad standardid

MPEG grupp on välja töötanud mitu erinevat videokompressiooni standardit erinevate rakenduste tarvis.

MPEG-1 töötati välja (*non interlaced*) video kasutamiseks peamiselt originaalsel, ühekordse kiirusega CD-ROMil (150 KB/s), standard nägi ette kuni 30 fps ja 352X240 pikseli suurust kaadrit. MPEG-1 Layer-3 on tuntud audiokompressiooni standardina (MP3).

MPEG-2 töötati välja peamiselt digitaalse televisiooni jaoks kaabelvõrgus edastamiseks kiirusega kuni 1 MB/s, kasutusel ka DVD-videostandardis. MPEG-2 lubab kasutada kõrge kvaliteediga videot (30 fps, 640X480 kaader ehk *full screen*) ja arvestab andmeedastusvõrkude kitsaskohtadega. MPEG-2 minimeerib hoolikalt andmekadu. Kaadrisisese kompressiooni tõttu võib terve andmeploki kadumaminek rikkuda terve rea järjestikke kaadreid. Saavutatakse kompressiooniaste 1:10.

Kuna MPEG-2 töötati välja koostöös ITU-T (*International Telegraph Union*) grupiga, siis tuntakse seda standardit ka H.262 nime all.

MPEG-3 standardit tegelikkuses ei eksisteeri. See oli mõeldud kasutamiseks HDTV (*High Definition TV*) puhul kiirusega kuni 4 MB/s, kuid ühendati lõpuks MPEG-2 standardiga.

MPEG-4, mis sisaldab MPEG-1 ja MPEG-2 standardeid ning laiendab neid madalamate bitikiiruste ja suurema interaktiivsuse suunas.

MPEG-4 standardil on kaks versiooni. Versioon 1 oli planeeritud avaldada 1998. aasta lõpuks ja versioon 2 aasta hiljem (1999. aasta lõpuks).

MPEG-4 *Syntactic Descriptive Language* võimaldab andmevool määrata objekti, mis säilitab liikudes oma identiteedi (*Object-based Coding*), mis taas vähendab andmehulka. MPEG-4 on mõeldud Internetis kasutamiseks ja universaalseks keeleks multimeedia rakenduste, filmide ja teleülekannete (*broadcast*) vahel. Kui eelnevad MPEG standardid olid seotud ainult kompressiooniga, siis MPEG-4 pakub mitmeid lisafunktsioone (näiteks bitikiiruse skaleeritavus (*bitrate scalability*), objektidel baseeruv taasesitus, intellektuaalse omandi kaitse, jne) ja ta baseerub võimsate vahendite komplektil, mis lubavad kompressiooni kuni bitikiiruseni 2 kbps kanali kohta.

Püüdes katta võimalikult laia ringi erinevaid rakendusi ja võimalusi sisaldab MPEG-4 audio kooder erinevaid kodeerimisvahendeid mitmete kodeerimisparadigmade jaoks, nagu näiteks parameetriline audio kodeerimine (*parametric audio coding*), sünteetilised helid (*synthetic audio*), kõne kodeerimine (*speech coding*) jne.

Kõrgkvaliteetne osa MPEG-4 audiofunktsioonidest on kaetud nn "t/f" kodeeriatega. t/f koodris lagundatakse sisendsignaal kõigepealt aja/sageduse (*time/frequency* e. t/f) spektraalrepresentatsiooniks (*spectral representation*) vastavalt analüüsile, mis eelneb kvantimisele ja kodeerimisele.

MPEG-4 audio t/f kompressiooni tuum põhineb MPEG-AAC tehnoloogiale, mida täiendavad mitmed teised kodeerimisvahendid.

MPEG-4 teise versiooni audiovahendid sisaldavad:

- vigade vaikuseks teisendamine (*error resilience*)
- keskkonnapärane ruumilisus (*environmental spatialization*)
- lühikese viivitusega audio kodeerimine (*low delay audio coding*)
- taustakanali süntaks (*Backchannel Syntax*)

MPEG-7 on terve komplekt multimeediumi standardeid. Väga suur rõhk on autorikaitsetel.

DivX

DivX™ kompressioonitehnoloogia on firma DivXNetworks Inc.-i poolt loodud tarkvararakendus, mis tihendab videosignaali nii, et seda on võimalik ADSL või kaabelmodemite kaudu suhteliselt kiiresti, ilma kadudeta visuaalses kvaliteedis. See võimaldab Internetist laadida täisekraani suuruses videoid, mille pildi- ja helikvaliteet on sama, mis televisioonist või DVD-lt nähtav.

DivX baseerub MPEG-4 kompressioonistandardil. DivX koodek on nii kaugele arendatud, et ta suudab isegi MPEG-2 video tihendada 10%-ni tema originaalmahust. Tavalisel VHS lindil oleva video saab tihendada umbes sajandikule originaalmahust.

DivX võimaldab vaadata kõrgkvaliteedilist videot tavalise lauaarvuti abil. DivX koodekit toetab ka näiteks Compaq'i PocketPC.

Kahjuks ei ühildu DivX 4.0 *alpha* varasemate versioonidega (3.11 *alpha* ja varasemad). See tähendab, et vanemate koodekitega tihendatud video mängimiseks tuleb vanema versiooni koodek installida.

DivX 4.0 ja hilisemad on DivXNetworks'i ja *open source community* koosöö tulemused. Vastavat versiooni nimetatakse ka "OpenDivX" ja selle valmistajaks kollektiivi "Project Mayo". Viimane on entusiastlike DivX'i arendavate tehnoloogide, tarkvaraarendajate ja videospetsialistide kogukond, kes on endale seadnud järgmised eesmärgid:

1. luua parim koodek;
2. pakkuda kõrgkvaliteedilist nõudmisel (*on-demand*) videot;
3. kaitsta ja säilitada autoriõiguseid ja loojate, tootjate huvisid.

ITU-T H.26x

ITU-T (*International Telegraph Union, Telecommunication Standardization*) ajalugu ulatub tagasi 1865. aastani, kui 17. mail Pariisis asutati ITU (*International Telegraph Union*). 1992. aastal jagati ITU kolmeks:

- ITU-T (*International Telegraph Union, Telecommunication Standardization*), mis tegeleb telekommunikatsiooni standardiseerimisega.
- ITU-R (*International Telegraph Union, Radiocommunication*), mis tegeleb raadioga.
- ITU-D (*International Telegraph Union, Telecommunication Development*), mis tegeleb raadioga.

ITU-T tegeleb ka erinevate rakenduste jaoks (digitaalne televisioon, videokonverentsid jms) vajalike jaoks vajalike videokompressioonistandardite väljatöötamisega. Standardid kannavad nimetusi H.26x (x tähistab numbrit).

H.263

H.263 oli esialgu väljatöötatud videotelefonide ja videokonverentsisüsteemide jaoks analoog telefoniliine kasutades, kuid kujunes lõpuks üheks üldistest madala bitikiirusega videokompressiooni koodekiks.

Viimane, teine versioon (tuntud ka nimetuse H.263+ all), on paindlikum ja väljaspool videotelefoni paremini kasutatav.

H.263 on blokkidel baseeruv, ennustav, diferentsiaalne videokodeerimissüsteem (*block based predictive video coding system*). Tema kodeerimisskeem põhineb soovituslikul skeemil H.261 (mille peatähelepanu oli suunatud videotelefoni kasutamiseks ISDN liinil bitikiirusega 64 kbps või rohkem), kuid ta on paremate töökarakteristikutega.

H.263 pakub kahte kodeerimisrežiimi:

- Kaadrisisene kodeerimine (*intraframe coding*) (*I-frame*)
- Kasutatakse ainult konkreetse kaadri infot ja seetõttu saab iga kaadri ka eraldi dekodeerida. Et ära kasutada ruumilisuse ebavajalikkust (*spatial redundancy*), rakendatakse diskreetset koosinusteisendust (*discrete cosine transformation* DCT) ja saadud koefitsiendid kvanditakse. Lõpuks kvanditud väärtused kodeeritakse huffmanni muutuva pikkusega kodeerijaga (*huffman variable length coded* VLC).
- Kaadritevaheline kodeerimine (*interframe coding*) (*P-frame*).
- Liikumist kompenseeritakse teatud videolõigu kaadritevahelist erinevust ette arvates. Lõpuks kodeeritakse veaga ennustatud erinevused I kaadritena (*I-frames*).
[DCT → kvantimine → VLC]

H.263 pakub kodeerimisel parema tulemuse saamiseks nelja valikut:

- piiramatut liikumisvektoriga režiim (*unrestricted motion vector mode*)
- arenenud etteaimamisrežiim (*advanced prediction mode*)

- süntaksil põhinev aritmeetilise kodeerimise režiim (*syntax-based arithmetic coding mode*)
- PB-kaadrite režiim (*PB-frames mode*)

H.263 teine versioon (H.263 +)

H.263 teine versioon pakub lisaks veel 12 valikut ja rohkem paindlikkust kodeerimise põhiskeemis. Uued valikud ja muudatused on:

- Kompressiooni jõudlust tõstavad:
 - arenenud INTRA kodeerimisrežiim (*Advanced INTRA Coding mode*)
 - *Deblocking Filter mode*
 - paranenud PB-kaadrite režiim (*Improved PB-frames mode*)
 - viitepildi ülediskreetimine (*Reference Picture Resampling*)
 - vähendatud resolutsiooni uuendamise režiim (*Reduced-Resolution Update mode*)
 - alternatiivne INTER VLC režiim (*Alternative INTER VLC mode*)
 - modifitseeritud kvantimisrežiim (*Modified Quantization mode*)
- Veakindlust suurendavad:
 - kihilise struktuuriga režiim (*Slice Structured mode*)
 - viitekihi valiku režiim (*Reference Picture Selection mode*)
 - sõltumatu segmentide dekodeerimise režiim (*Independent Segment Decoding mode*)
 - ümberpööratavad VLC-koodid arenenud ettearvamisrežiimis (*Reversible VLC-codes in the Advanced Prediction mode*)
- Paindlikkust suurendavad:
 - täiendava parandusinformatsiooni spetsifikatsioon (*Supplemental Enhancement Information Specification*)
 - ajutine, SNR, ruumilise skaleeritavuse režiim (*Temporal, SNR, Spatial Scalability mode*)
 - kasutaja defineeritavad pildi formaadid ja ajalised sagedused (*Custom picture formats and clock frequencies*)

H.264/MPEG-4 AVC

H.264 ehk MPEG-4 osa 10 on digitaalse video kõrgkompressiooni koodeki standard, mille koostasid ITU-T VCEG (*Video Coding Experts Group*) ja ISO/IEC MPEG (*Moving Picture Experts Group*). Kahe grupi koostöö meeskonda nimetati JVT (*Joint Video Team*).

H.264 (ITU-T) ja MPEG-4 osa 10 (ISO/IEC) on tehniliselt identsed, tehnoloogiat tuntakse ka AVC (*Advanced Video Coding*) nime all.

Esimene versioon valmis 2003 aasta mais.

Standard põhineb ITU-T projektil H.26L ning talle viidatakse mitmete erinevate nimedega:

• H.264/AVC	• AVC/H.264
• H.264/MPEG-4 AVC	• MPEG-4/H.264 AVC
	• harvem ka "the JVT codec"

H.264/AVC projekti eesmärk on luua kompressioonistandard, mis üakuks hea kvaliteediga videot senistest standarditest vähemalt poole väiksemate bitikiirustega, seejuures süsteemi oluliselt keerukamaks ja kallimaks muutmata. Üks eesmärk oli ka paindlikkus, et standardit saaks kasutada võimalikult paljude rakendustega (madalate ja kõrgete bitikiirustega, madala ja kõrge resolutsiooniga videoga), erinevates võrkudes ja süsteemides (eetris (*broadcast*), DVD

plaatidel, RTP/IP (*Real-Time Transport Protocol/Internet Protocol*) võrkudes ja ITU-T multimeediumi telefonisüsteemides).

JVT on valmis saanud ka mõningad standardi laiendused, mida nimetatakse FRExt (*Fidelity Range Extensions*). FRExt toetab kõrgema loomulikkusega (*higher-fidelity*) videokodeerimist (10 ja 12-bit kodeerimine), kõrgema resolutsiooniga värvusinformatsiooni (YUV 4:2:2 ja YUV 4:4:4) ja lisab mitmeid muid täiendusi.

Omadused

H.264/AVC-l on mitmeid uusi funktsioone, mis võimaldavad videot senistest koodekitest tunduvalt efektiivsemalt kompressida ja erinevates keskkondades ja rakendustes kasutada. Järgnevalt mõned olulisemad funktsioonid:

- Mitmepildiline liikumise kompensatsioon (*multi-picture motion compensation*), mis kasutab eelnevalt kodeeritud kaadreid võrdluseks tunduvalt paindlikumalt kui senised standardid. Mõningatel juhtudel kasutatakse kuni 32 kaadrit senise ühe või tavapäraste "B-kaadrite" korral kahe asemel. Enamuse stseenide puhul annab see funktsioon väga tagasihoidliku võidu kuid kiirete kordustega ja edasi-tagasi liikuvate kujutiste korral (eriti mingil taustal) saavutatakse märkimisväärne võit bitikiiruses.
- Muutuva blokisuurusega liikumise kompensatsioon ehk VBSMC (*variable block-size motion compensation*). Bloki suurus muutub vahemikus 16X16 pikselist kuni 4X4 pikselini, mis võimaldab videopildi liikuvate piirkondade väga täpset segmentimist.
- Kuue-sammuline filtreerimine (*six-tap filtering*) heleduse ennustamisel vähendamaks diskreetmoonutus (*alias*) efekti ja seega pakkumaks teravamat pilti.
- Makroblokkide paari struktuur (*macroblock pair structure*), mis lubab poolkaadri-režiimis (*field mode*) 16X16 pikseli suuruseid makroblokke (MPEG-2 kasutab 16X8 blokke).
- Veerandpikseli täpsus (*quarter-pixel*) liikumise kompensatsiooniks, mis võimaldab liikuvate pildiosade ümberpaigutuste väga täpset kirjeldamist. Värvusinfo jaoks on resolutsioon tavaliselt poolitatud, mis annab kaheksandikpikseli täpsuse.
- Kaalutud ennustamine (*weighted prediction*), mis lubab koodekil liikumise kompenseerimisel mastaapimist (*scaling*) ja kõrvalekaldeid (*offset*). See annab suure võidu töökiiruses hääbumisefektide korral (*fade-to-black*, *fade-in* ja *cross-fade*).
- *In-loop deblocking* filter, mis aitab vältida teistele DCT-põhistele (*discrete cosine transform*) koodekitele omast "kastiefekti" (*blocking artifact*).
- Täpselt ühtiv täisarvuline 4X4 ruumilise bloki teisendus (*exact-match integer 4X4 spatial block transform*), mis on sarnane DCT-le. FRExt laienduste korral saab koodek kohandudes valida bloki suuruse 4X4 või 8X8.
- Sekundaarne Hadamand teisendus, mida rakendatakse veel suurema kompressiooni-astme saavutamiseks sujuva (*smooth*) videopildi osades.
- Blokkide "intra" kodeerimisel ruumiline ennustamine naaberblokkide serva järgi.
- Kontekstiga kohanduv binaarne aritmeetiline kodeerimine CABAC (*context-adaptive binary arithmetic coding*), mis on kaval tehnika videovoo (*stream*) süntakselementide (*syntax elements*) kadudeta (*lossless*) kodeerimiseks, kui on teada süntaksielementide tõenäosus antud kontekstis.
- Kontekstiga kohanduv muutuva-pikkusega kodeerimine CAVLC (*context-adaptive variable-length coding*), mis on väiksema keerukusega alternatiiv CABAC-ile.
- Üldine lihtne ja kõrgstruktureeritud muutuva pikkusega kodeerimine VLC (*variable-length coding*) paljude süntaksielementide jaoks, mida ei kodeeritud CABAC või CAVLC poolt.

- *Network abstraction layer* (NAL) definitsioon, mis lubab sama video süntaksit kasutada paljudes erinevates võrgukeskkondades.
- Ümberlülituslõigud (*switching slices*), SP ja SI lõigud, mis lasevad kodeerijal juhtida dekodeerija siirduma väljuvale videostriimile näiteks bitikiiruse muutmise eesmärgil.
- Paindlik maksroblokkide järjestamine FMO (*flexible macroblock ordering*) ja juhuslik lõikude järjestamine ASO (*arbitrary slice ordering*), mida kasutatakse videokaadrite aluselementide (*fundamental elements*) ehk makroblokkide esituste järjestuse ümberstruktureerimiseks. FMO ja ASO peavad tagama suurema veakindluse.
- Andmete eraldamine DP (*data partitioning*), eraldab olulisemad süntaksielemendid vähemolulistest erinevatesse andmepakettidesse võimaldades rakendustes kasutada ebavõrdset veakaitset (*unequal error protection*) ja teisi veakindlust suurendavaid vahendeid.
- Liigsed lõigud RS (*redundant slices*) on veakindluse suurendamise tehnika, kodeerimisel lisatakse pildi osade kujutiste kohta täiendavat infot (reeglina madala loomulikkusega), mida saab dekodeerimisel kasutada, kui primaarne info on kaduma läinud või rikutud.
- Lihtne automaatne menetlus videostriimi alguskoodide (*start codes*) juhusliku jäljendamise (*emulation*) vältimiseks.
- Täiendava rikastava info SEI (*supplemental enhancement information*) ja video kasutuskõlblikkuse info VUI (*video usability information*) lisamise võimalus.
- Täiendavad pildid (*auxiliary pictures*) mida saab kasutada näiteks alpha kompositsioonide jaoks.
- Kaadrite nummerdamine (*frame numbering*), mis võimaldab luua alam-jadasid (*sub-sequence*) ning peita tervete kaadrite kadumist (kanali vigade või andmepakettide kaotsimineku korral võrgus).
- Kaadrite järjekorra loendamine (*picture order count*), mis aitab kaadrite järjestuse info dekodeeritud videos tavapärasest ajastamisinfost (*timing*) eraldi.

Need ja mitmed teised tehnoloogiad võimaldavad H.264/AVC koodekil toimida tunduvalt efektiivsemalt kui senised. Näiteks MPEG-2-ga võrreldes pakub uus standard sama kvaliteeti poole või veel vähema bitikiirusega.

Rakendused

H.264/AVC on kasutusel mõlemal uue põlvkonna DVD formaadil:

- HD-DVD (DVD Forum), mille arendamisest on küll praeguseks loobutud;
- Blu-ray Disc (*Blu-Ray Disc Association* ehk BDA).

Digitaalse video levitajate (DVB ehk *Digital Video Broadcasters*) kolleegium Euroopas kiitis 2004. aasta lõpus heaks H.264/AVC kasutamise digitaalteleviseioonis. Prantsusmaa peaminister Jean-Pierre Raffarin kuulutas 2004. aasta lõpus välja H.264/AVC kasutamise nõude kõigi prantsusmaal müüdavate HDTV vastuvõtjate ja tasuliste telekanalite jaoks. USA-s kaalub ATSC (*Advanced Television Systems Committee*) H.264/AVC kasutamist digitaalteleviseioonis (2005. aasta augusti andmed). Korea Vabariigis hakkab DMB (*Digital Multimedia Broadcast*) teenus kasutama H.264/AVC standardit. Jaapanis hakkavad seda koodekit kasutama kõik suuremad telekompaniid.

H.264/AVC standard on lisatud 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) mobiiltelefoniside multimeediumiteenuste tehnilistesse tingimustesse.

USA kaitseministeeriumi liikuvate kujutiste standardite komitee MISB (*Motion Imagery Standards Board*) on valinud H.264/AVC oma eelistatud koodekiks.

IETF (*Internet Engineering Task Force*) on saanud valmis formaadi (RFC 3984) H.264/AVC video edastamiseks RTP (*Real-Time Transport Protocol*) protokolliga kasutades.

ISMA (*Internet Streaming Media Alliance*) on lisanud H.264/AVC oma uue ISMA 2.0 spetsifikatsiooni.

MPEG on oma süsteemidele (näiteks MPEG-2 ja MPEG-4) lisanud täieliku H.264/AVC toe ning samuti ka ISO meediafaili formaadi spetsifikatsiooni. Tänu sellele on see kompressioon aluseks AVCHD videoformaadile, mida kasutatakse kodutarbijatele mõeldud ilma lindita (*tapeless*) videokaamerates.

ITU-T on lisanud H.264/AVC oma H.32x multimeediumi telefonisüsteemide spetsifikatsioonidesse.

H.264/AVC on juba laialdaselt kasutusel videokonferentsisüsteemides, sealhulgas ka kahe peamise tootja Polycom ja Tandberg toodetes. Kõik uued videokonferentsisüsteemid toetavad H.264/AVC standardit.

Ilmselt leiab H.264/AVC kasutust ka *video on demand* süsteemides.

Tooted ja teostused

Kiipe H.264/AVC video dekodeerimiseks toodavad juba mitmed firmad. 2005. aasta jaanuaris olid kättesaadavad esimesed näidised sellistelt tootjatelt nagu Broadcom, Conexant, Neomagic ja STMicroelectronics. Märtsis 2005 lisandus Sigma Design. Kõik peale Neomagic'u kiipide toetavad HDTV videokvaliteeti.

Apple Computer on H.264 koodeki integreerinud oma uude operatsioonisüsteemi Mac OS X version 10.4 (*Tiger*) ja QuickTime versiooni 7 (mõlemad kuulutati välja 29. aprillil 2005). Uuendati ka DVD Studio Pro tarkvara, mis nüüd toetab HD videot ja HD-DVD plaate. Tavalisele DVD-le salvestatud HD-DVD video vaatamiseks näeb *Apple* ette PowerPC G5 arvutit, *Apple DVD Player* versiooni 4.6 ja operatsioonisüsteemi Mac OS 10.4 või uuemat.

Envivio Inc. toodab H.264 kodeerijaid reaajas tavavideo (*standard definition*) kodeerimiseks ning offlain (*off-line*) kodeerijaid HD (*High Definition*) video (720p, 1080i, 1080p) kodeerimiseks. Envivio varustab H.264 dekodeerimisega Windows'i, Linuxit ja Macintosh'i aga ka H.264 video servereid ja tootmisvahendeid (*authoring tools*).

Mitmed tootjad varustavad H.264 kodeerijatega tele- ja telefonifirmasid (Modulus Video).

PlayStation Portable konsool toetab riistvaraliselt H.264 videofailide mängimist.

GPL litsentsi alusel levitatakse ka tasuta x264 koodekit, mida kasutatakse näiteks tasuta VideoLAN multimeediumimängijas (*player*).

Theora

Theora on vabavaraline kadudega videokompressioon mida arendab ning levitab oma multimeediumiprojektides (näiteks Vorbis audioformaadid ning OGG konteiner) Xiph.Org Foundation. Oma nime on ta saanud TV-seriaali Max Headroom tegelase Theora Jones järgi.

Theora on oma ülesehituselt ja efektiivsusest võrreldav MPEG-4, varasemate Windows Media Video ning RealVideo koodekidega.

Theora on muutuva bitikiirusega (*variable-bitrate*) DCT-põhine (*Discrete cosine transform* - koosinusteisendus) kompressioon. Toetab kaadrisiseselt (*intra-frame*) tihendatud ja ennustatud järgnevaid kaadreid (*forward-predictive frames*). Theora ei toeta ülerealaotust (*interlace*) ja resolutsiooni (*bit-depth*) üle 8 biti.

Theora videovoogu võib talletada paljudes erinevates failivormingutes, reeglina siiski OGG kontaineris koos FLAC või Vorbis audiovooga.

Theora 1.1 video kvaliteet on võrreldav YouTube'i H.264 videoga. Samuti pole suuri erinevusi saavutatavate bitikiiruste ja failimahtude juures.

Theora video taasesitus vajab reeglina vähem arvutusvõimsust kui H.264 video. Väiksema võimsusega riistvarale (iPod-id jms) toodetakse ka spetsiaalseid riistvaralisi Theora dekoodreid. Theora videot saab kasutada voogmeediana, seda toetavad näiteks VLC, Icecast, FreeCast ja Flumotion meediaserverid.

Theora on üks kandidaatidest HTML5 põhilise videoformaadi nimetusele. Seda formaati toetavad praktiliselt kõigi veebilehitsejate uusimad versioonid. Theora toetus on lisatud DirectShow raamistikule, QuickTime ja Silverlight tehnoloogiatele. Theora videot suudavad taasesitada mitmed meediumipleierid, sealhulgas näiteks VLC.

YUV

YUV on kompressioonistandard (*image encoding standard*), mida kasutatakse laialt televisioonis (*broadcast industry*). Erinevalt RGB standardist, mis salvestab väärtused punase, roheline ja sinise värvuse jaoks, salvestab YUV kaks värvuse (*chrominance*) väärtust (toon e. *hue* ja küllastatus e. *saturation*) ja ühe heleduse (*luminance*) väärtuse.

Värvi ja heleduse määramiseks kasutatavate bittide arv määrab YUV-i "maitse" (*taste*). Kaks enamkasutatavat on YUV 4:1:1 ja YUV 4:2:2. YUV 4:1:1 kasutab 4 bitti heleduse jaoks ühe biti kohta kummaski värvuse väärtuses, YUV 4:2:2 kasutab 4 bitti heleduse jaoks kahe biti kohta kummaski värvuse väärtuses. See tähendab, et YUV 4:2:2 pakub tavaliselt paremat, realistlikumat värvihulka. Enamus videosalvestuskaarte kasutab YUV 4:1:1-te.

Paljud kaardid salvestavad videot YUV standardit kasutades, kuid lõpuks faili salvestamiseks konverteerivad video ümber RGB standardile. Kaardid, mis salvestavad faili otse YUV standardis, on sageli kiiremad kuid sellise video taasesitamiseks on vajalik YUV *codec*.

DVI

DVI on programmeeritav kompressioonitehnoloogia, mis baseerub Inteli i750 protsessoril. Eraldamaks kujutise töötlemist (*image processing*) ja näitamisfunktsioone (*display functions*) koosneb vastav riistvara kahest VLSI (*Very Large Scale Integrated*) komponendist.

DVI pakub video kompressiooniks/dekompressiooniks kaht eri taset: PLV (*Production Level Video*) ja RTV (*Real Time Video*).

PLV on asümmeetriline kompressioonitehnoloogia, täismahus video kompressiooni saab teha vaid Inteli enda või Inteli poolt litsentseeritud ettevõtete poolt. RTV pakub MJPEG sarnast kvaliteeti ja kasutab sümmeetrilist algoritmi. PLV ja RTV pakuvad mõlemad mitmeid kompressiooniastmeid.

DVI algoritmid suudavad videot kompressida suuruses 80:1 kuni 160:1. DVI taasesitab videot täissuuruses kaadritega, täisvärvides ja 30 kaadrit sekundis. Kasutatuna suurarvutil saavutab DVI televisiooni eetrikvaliteedi.

VP8

VP8 on avatud videokompressiooniformaat, mille algseks loojaks oli On2 Technologies aga mille levitajaks pärast nimetatud firma ostmist 2010 alguses on nüüd Google.

Hetkel on ainus tarkvara, mis suudab videot VP8 vormingusse kodeerida, libvpx. Võrreldes H.264 kompressiooni pakkuvate programmidega on tegemist väga aeglase vahendiga, lisaks on praegused VP8 videofailid kuni 213% suuremad kui sama kvaliteediga H.264 videod! Tulemas on uuem VP8 tarkvara, mis põhineb x264 raamistikul. VP8 kvaliteet saab olema võrreldav H.264 video kvaliteediga.

AVS

AVS (*Audio Video Standard*) on kompressioonialgoritm, mis võistleb H.264/AAC algoritmiga. Faililaiendiks on .AVS.



Joonis 1 AVS logo

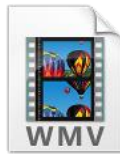
AVS kompressiooni arenduse algatajaks oli Hiina RV valitsus, eesmärgiks vähendada vajadust maksta välisfirmadele autoritasusid. 90% AVS patentidest on Hiina ettevõtete omanduses. Esimene AVS video avaldati 30. märtsil 2005.

AVS peaks saama tulevase CBHD (*China Blue High-definition Disc*) videovorminguks.

Ametlik koduleht: <http://www.avs.org.cn>

Windows Media Video

WMV (*Windows Media Video*) on Microsoft'i arendatud videokompressiooni formaat, mis algselt loodi voogmeedia rakenduste jaoks konkurendiks RealVideo'le.



Joonis 2 WMV logo

WMV fail on enamasti kapseldatud ASF konteinerisse, ehk siis faililaiend .WMV tähistab reeglina ASF faili, mis kasutab WMV koodekit.

Esimene WMV koodek WMV7 avalikustati 1999. aastal ja põhines MPEG-4 rakendusel. Kõik WMV versioonid toetavad varieeruva, keskmise või konstantse bitikiirusega (*constant bitrate, average bitrate, constant bitrate*) kompressiooni. Praegused WMV versioonid toetavad ka HD videot.

WMV on üks kahest MS Silverlight platvormi videoformaadist.

Kvaliteedilt on WMV kogu aeg olnud võrreldav MPEG formaatidega. WMV 7 ja 8 olid võrreldavad MPEG-4 ASP videoga ja WMV 9 on võrreldav H.264 videoga. Madalatel bitikiirustel on H.264 kompressioonil siiski eelised.

WMV video esitamisega saavad hakkama enamus Windows platvormi meediamängijaid, Mac'i jaoks on loodud spetsiaalne lisakomponent QuickTime'ile.

Advanced Systems Format

ASF (*Advanced Systems Format*) (varem tuntud kui *Advanced Streaming Format* või *Active Streaming Format*) on Microsofti digitaalse heli ja video konteinerformaad, mis on loodud

voogmeediat (*streaming media*) silmas pidades. Üheks ASF eesmärgiks oli toetada meedia esitust meediaserveritest (*digital media server*), veebiserveritest (*HTTP servers*) ja kõvaketastelt. ASF on Windows Media raamistiku osa.

ASF formaat ei määra millise koodekiga ehk kuidas heli- ja videomaterjal kokku pakitakse, see määrab vaid audio/video voo (*stream*) struktuuri.

ASF kasutab enamjaolt WMA (*Windows Media Audio*) ja WMV (*Windows Media Video*) faile kuigi kasutusel võivad olla ka teised koodekid.

ASF fail võib sisaldada ka meta-andmeid ning toetab DRM raamistikku (*Digital Rights Management*).

Matroska

Matroska (*Matroska Multimedia Container*) on avatud lähtekoodiga vabavaraline multimeediumi konteineri formaat, mis võimaldab ühes failis hoida piiramatut arvu video, heli, pildi või subtiitrite riba (*track*).



Joonis 3 Matroska logo

Matroska on mõeldud eelkõige filmide ja telesaadete säilitamiseks. Tegemist on kontseptsioonilt AVI, MP4 või ASF konteineritega sarnase formaadiga kuid on täiesti avatud spetsifikatsiooniga ning kasutab peamiselt vabavaralisi rakendusi.

Matroska failitüübid on:

- .MKV – video (koos subtiitrite ja heliga);
- .MK3D – ruumiline video;
- .MKA – ainult heli;
- .MKS – ainult subtiitrid.

Matroska projekt sai alguse 6. detsembril 2002 kui tekkisid lahkarvamused MCF formaadi (*Multimedia Container Format*) arendusmeeskonnas.

2010 kuulutati, et Matroska saab koos VP8 videokompressiooni ja Vorbis audiokompressiooniga aluseks WebM konteinerile.

MKV formaati toetavad Windows platvormil näiteks DivX Plus Player, Media Player Classic, PowerDVD ja Winamp, Mac platvormil DivX Player, Miro ja MPlayer. Ka toetavad seda formaati tuntumad meediakeskused.

WebM

WebM on avatud, tasuta audio-video kompressiooniformaat, mis on mõeldud kasutamiseks HTML5 video elemendi jaoks. Projekti rahastab Google.



Joonis 4 WebM logo

WebM fail sisaldab V8 kompressiooniga videot ja Vorbis (OGG) kompressiooniga heli.

WebM formaati toetavad Mozilla Firefox ja Google Chrome. Mitmed veebilehitsejad vajavad lisatarkvara, Internet Explorer 9 vajab kolmanda osapoole WebM tarkvara. Safari toetub

meedia mängimiseks QuickTime tarkvarale, mis 2011. aasta 1. aprilli seisuga WebM formaati ei toeta.

Enamus meediamängijate tootjaid on teatanud WebM formaadi toe lisamisest oma mängijatele (VLC, Miro, Winamp, Adobe Flash Player jms).

YouTube kasutab WebM videoklippe oma HTML5 eksperimendi raames.

Kasutatud kirjandus

- "The Desktop Multimedia Bible", Jeff Burger, 1993, Addison-Wesley Publishing Company, ISBN 0-201-58112-4
- "Multimedia: Making it Work" Fourth edition, Tay Vaughan 1998 Osborne/McGraw-Hill, ISBN: 0-07-882552-0
- <http://en.wikipedia.org/wiki/H.264>
- Theora: <http://en.wikipedia.org/wiki/Theora>
- Matroska: <http://en.wikipedia.org/wiki/Matroska>
- WebM: <http://en.wikipedia.org/wiki/WebM>
- VP8: <http://en.wikipedia.org/wiki/VP8>
- Advanced Systems Format: http://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Systems_Format
-