

TALLINNA PEDAGOOGIKAÜLIKOOL
Matemaatika-loodusteaduskond
Informaatika osakond

STRIIMINGMEEDIA TEHNOLOOGIAD JA RAKENDUSED INTERNETIS

Diplomitöö

Autor: Liivi Haamer
Juhendaja: Andrus Rinde

Tallinn 2002

Sisukord

<u>SISUKORD</u>	3
<u>JOONISED</u>	6
<u>SISSEJUHATUS</u>	7
<u>I PEATÜKK MULTIMEEDIA ALUSED</u>	9
<u>1 INIMMEELED</u>	10
<u>1.1 INIMESE KÕRVA ERIPÄRAD</u>	10
<u>1.2 HELLAINED</u>	11
<u>1.3 INIMESE NÄGEMISMEELTE ERIPÄRAD</u>	12
<u>2 VIDEOTEHNOLOOGIA</u>	15
<u>2.1 ANALOOGVIDEO STANDARDID</u>	15
<u>2.1.1 Komposiitvideo</u>	15
<u>2.1.2 Komponentvideo</u>	15
<u>2.2 DIGITAALVIDEO</u>	17
<u>3 TELEKOMMUNIKATSIOON JA INTERNET</u>	18
<u>3.1 MIS ON INTERNET?</u>	18
<u>3.2 ANDMESIDE ALUSED INTERNETIS</u>	19
<u>3.3 VÕRGU PROTOKOLLID</u>	20
<u>3.3.1 Protokollikihid</u>	20
<u>3.3.2 Interneti protokollid</u>	22
<u>3.3.3 Reaalaja protokollid</u>	25
<u>3.4 ANDMESIDE KANALID</u>	27
<u>II PEATÜKK STRIIMINGMEEDIA ALUSED</u>	32
<u>4 SISSEJUHATUS STRIIMINGMEEDIASSE</u>	33
<u>4.1 MIS ON STRIIMING?</u>	33
<u>4.1.1 Kuidas striiming töötab?</u>	34
<u>4.2 MIS TINGIB STRIIMINGMEEDIA KASUTAMISE?</u>	34
<u>4.3 STRIIMING MEEDIA AJALUGU</u>	35
<u>III PEATÜKK STRIIMINGMEEDIA TEHNOLOOGIAD</u>	38

<u>5</u>	<u>STRIMINGMEEDIA PROTSESS</u>	39
<u>6</u>	<u>AUDIO KODEERIMINE</u>	40
6.1	<u>SISSEJUHATUS</u>	40
6.2	<u>AUDIO DISKREETIMINE</u>	40
6.2.1	<u>Impulssmodulatsioon</u>	41
6.2.2	<u>Diskreetimissagedused</u>	42
6.3	<u>AUDIO KOMPRESSIOON JA KODEKID</u>	43
6.3.1	<u>Kõnekodekid</u>	43
6.3.2	<u>Üldised audiokodekid</u>	44
6.4	<u>AUDIOTEHNIKA</u>	44
<u>7</u>	<u>VIDEO KODEERIMINE</u>	46
7.1	<u>SISSEJUHATUS</u>	46
7.2	<u>VIDEOSIGNAALI SKALEERIMINE</u>	46
7.2.1	<u>Skaleerimismeetodid</u>	47
7.3	<u>VIDEOSIGNAALI KOMPRESSEERIMINE</u>	48
7.3.1	<u>Kompressiooni meetodid</u>	49
7.3.2	<u>Pakkimisalgoritmid</u>	49
7.4	<u>KODEKID</u>	52
7.4.1	<u>Tuntumad kodekid</u>	53
7.4.2	<u>Tootjaspetsiifilised kodekid</u>	58
<u>8</u>	<u>STRIMINGMEEDIA EELTÖÖTLUS</u>	60
8.1	<u>VIDEOMATERJALIS SISALDUVA MÜRA VÄHENDAMINE</u>	60
8.1.1	<u>Video filtreerimine</u>	60
8.2	<u>VIDEONIVOODE ÜHILDAMINE</u>	61
8.3	<u>KAADRILAOTUSE MUUTMINE</u>	62
8.4	<u>AUDIO FILTREERIMINE</u>	62
8.4.1	<u>Filtreerimise liigid</u>	63
<u>IV</u>	<u>PEATÜKK STRIMINGMEEDIA SERVEERIMINE JA RAKENDUSED</u>	64
<u>9</u>	<u>STRIMINGMEEDIA SERVEERIMINE</u>	65
9.1	<u>STRIMINGMEEDIA SERVERID</u>	65
9.1.1	<u>Tootjaspetsiifiliste striimingserverite tarkvara</u>	66
9.1.2	<u>Striimingserveri raudvara</u>	68
9.1.3	<u>Serveri turvalisus</u>	69
9.2	<u>STRIIMI LAADIMINE SERVERISSE</u>	69
9.3	<u>STRIIMI SERVEERIMISE MEETODID</u>	70

9.3.1	<i>Üksikedastus</i>	70
9.3.2	<i>Multiedastus</i>	71
9.3.3	<i>Valikuline striimi serveerimine</i>	72
9.3.4	<i>Statistika ja logimine</i>	72
10	<u>KLIENDITARKVARA</u>	74
10.1	<u>PORTAALID, PLEIERID, LISAMOODULID</u>	74
10.1.1	<i>Pleierid ja lisamoodulid</i>	77
10.1.2	<i>MPEG-4 pleierid</i>	77
10.1.3	<i>Digitaalne autoriõiguste haldus</i>	78
11	<u>STRIIMINGMEEDIA RAKENDUSED</u>	79
11.1	<u>STRIIMINGMEEDIA OTSEÜLEKANDED</u>	79
11.1.1	<i>Striimingmeedia otseülekannete rakendused</i>	81
11.2	<u>NÕUDEVİDEO</u>	83
11.2.1	<i>Nõudevideo rakendused</i>	83
11.2.2	<i>SMIL</i>	84
12	<u>STRIIMINGUGA KAASNEVAD PROBLEEMID</u>	85
12.1	<u>VÕRGUSİDE PROBLEEMID JA TEENUSE KVALİTEET</u>	85
12.1.1	<i>Mis on QoS?</i>	86
12.1.2	<i>QoS parameetrid</i>	87
12.2	<u>TEENUSE KVALİTEET JA STRİIMING</u>	88
12.2.1	<i>Rakenduskihi meetodid</i>	89
12.2.2	<i>Võrgukihi meetodid</i>	90
12.2.3	<i>Teenuse kvaliteedi tagamine</i>	91
	<u>KOKKUVÕTE</u>	92
	<u>SUMMARY</u>	93
	<u>MÕİSTED JA LÜHENDİD</u>	94
	<u>KASUTATUD KIRJANDUS</u>	96

Joonised

<u>Joonis 1.1 Kõrva ehitus</u>	10
<u>Joonis 1.2 Helilainete lainepikkus ja amplituud</u>	11
<u>Joonis 1.3 Helilainete võnked</u>	12
<u>Joonis 1.4 Valguslainete sagedusspekter</u>	13
<u>Joonis 2.1 Komponentvideo süsteemid</u>	15
<u>Joonis 2.2 RGB süsteem</u>	16
<u>Joonis 3.1 Fundamentaalne Interneti andmeside klassifikatsioon</u>	19
<u>Joonis 7.1 Diskreetne koosinusteisendus</u>	51
<u>Joonis 7.2 I, P ja B kaadrid MPEG kodeerimisel</u>	55
<u>Joonis 9.1 Üksikedastus</u>	71
<u>Joonis 9.2 Multiedastus</u>	71
<u>Joonis 10.1 Windows Media Player 7.01</u>	75
<u>Joonis 10.2 Apple QuickTime meediapleier</u>	75
<u>Joonis 10.3 RealMedia RealPayer</u>	76
<u>Joonis 10.4 WinAmp audiopleier</u>	76

Tabelid

<u>Tabel 3.1 ISO/OSI raammudel</u>	21
<u>Tabel 6.1 Mõningad arvutis kasutatavad diskreetimissagedused</u>	42
<u>Tabel 7.1 Digitaalse video formaadid</u>	47
<u>Tabel 7.2 AVI formaadid</u>	48

Sissejuhatus

Kuigi tekst, graafika ja animatsioon võimaldavad toota huvitavat sisu, eelistavad inimesed audiovisuaalse meediumi poolt pakutavat rikkalikumat ja realistlikumat kogemust. Seda sellepärast, et koos heliga lisab video inimkommunikatsioonile realismi, mida on aastakümnete jooksul harjutud nägema televisioonis.

Väga paljud inimesed kasutavad tänapäeval Interneti meelelahutuseks, laadides arvutisse muusikat MP3 failidena ning oskuslikumad leiavad üles ka DivX formaadis filmid. Samas kasutatakse veel väga vähe uusi, striimingmeedia poolt pakutavaid võimalusi. Oma töö tõttu Eesti Telefoni Multimeediarakenduste osakonnas, olen selle valdkonnaga kokku puutunud ja leidnud selle olevat äärmiselt huvitava ja vajaliku. Samas on mitmeid probleeme, mis võivad tabada selle alaga tegelejaid ja mitmeid reegleid, millega tuleks arvestada. Käesolev diplomitöö ongi ajendatud soovist tuua selgust striimingmeediaga seotud erinevatesse probleemivaldkondadesse, tutvustada laiemalt levinud tehnoloogiaid ning anda ülevaade olemasolevatest ja lähituleviku rakendustrendidest.

Audio- ja videotehnoloogia edastab kuultavat ja nähtavat infot. Seetõttu on audiovisuaalse meedia autoritel vajalik tunda inimmeelte eripärasid. Nii ongi minu töö esimeses, multimeedia alustele pühendatud peatükis põgus ülevaade inimese taju iseärasustest. Edasi annan ülevaate videotehnoloogia alustest ning striimingu üldistest põhimõtetest ning ajaloost. Mööda ei saa minna ka Internetist, kui striimingmeedia keskkonnast. Veel mahub antud peatüki alla andmeside ja telekommunikatsiooni aluseid kirjeldav punkt, kus tutvustan lühidalt andmeside protokolle ja kommunikatsiooni kanaleid.

Järgnev peatükk avab striimingmeedia tehnoloogiad sügavuti. See on töö keskne osa, mis räägib audio ja video ettevalmistamisest striiminguks, tutvustab kompressioonimeetodeid ja kodekeid. Töö viimases peatükis analüüsin striimingmeedia serverimisvõimalusi ning annan ülevaate mõningatest

rakendusvaldkondadest. Töö viimases peatükis kirjeldan ka striimi serverimisega seonduvaid probleeme IP-võrkudes.

I PEATÜKK
MULTIMEEDIA ALUSED

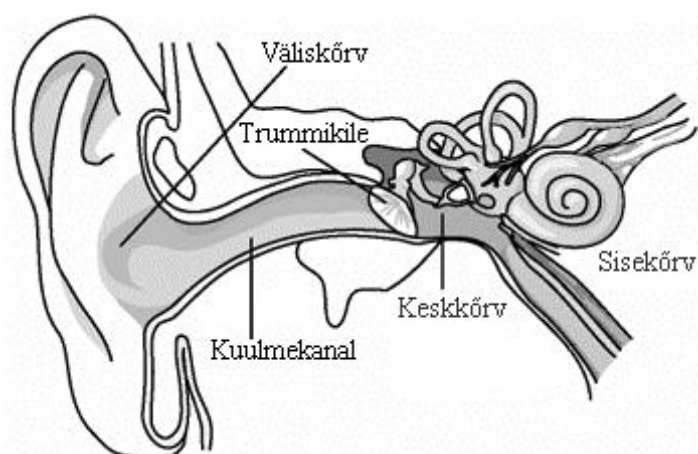
1 Inimmeeled

1.1 Inimese kõrva eripärad

Inimesele on helid äärmiselt tähtsad, olles primaarseks kommunikatsiooniallikaks. Inimese kuulmisorganiks on kõrv. See on ainulaadne meeleorgan, mis täidab kahte väga erinevat funktsiooni. Kõrvade abil kuuleme me ümbritsevaid helisid ja kõrvadeta ei suudaks me leida ka kindlat tasakaalu.

Kõrva trummikile vibreerib igasuguse heli puhul - just see lihtne liikumine paneb aluse kogu keerukale kuulmisprotsessile. Seejärel liigub heli õhuga täidetud koopasse ehk keskkõrva, kust vibratsioon saadetakse edasi kolme pisitillukese luukese abil.

Kõrva sees asetsevad luud on ainsad, mis lapsepõlve jooksul ei kasva: täiskasvanu kõrvaluud on täpselt sama suured kui vastsündinul. See äärmiselt täpselt häälestatud mehhanism on teiste üliõrnade organite ihukaitsja. Kui trummikilet tabab hädaohtlikult tugev heli, tõmbuvad inimese kaks kõige väiksemat lihast pingule et säästa võnklevaid luukesi.

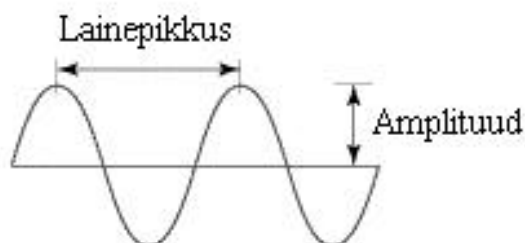


Joonis 1.1 Kõrva ehitus

1.2 Helilained

Õhurõhk sõltub õhuosakeste tihedusest. Kui panna mingi objekt õhus liikuma või vibreerima, siis muutub õhuosakeste asukoht, mille tulemuseks on rõhu muutus. See omakorda paneb liikuma naaberosakesed. Inimene pole võimeline kuulma aeglast rõhu muutumist, mida tingib näiteks ilmastik. Kärbselendamine tekitab aga kuulda oleva sumina. Heli kuulmiseks on järelikult vajalik kiire õhurõhu muutus. Õhutühjas ruumis aga helid ei levi.

Kõrvas „konverteeritakse” õhurõhu muutus elektrilisteks signaalideks, mida aju käsitleb helina. Helilainet iseloomustab amplituud (*amplitude*) ehk intensiivsus (laineharja kõrgus), lainepikkus (*wavelength*) (vahemaa kahe kõrvutise laineharja vahel) ja sagedus (*frequency*), mis väljendab tsüklite arvu ajaühikus. Sageduse mõõtühikuks on Herz (Hz). Tsükkel (*cycle*) on helilaine võnkekõvera osa, mis algab keskjoonest, läbib laine maksimum- ja miinimumpunkti ning lõpeb jällegi keskjoonel. Tsükli ajaline kestus on periood (*period*) ja pikkus väljendub lainepikkusena. Mida suurem on sagedus, seda väiksem on lainepikkus.



Joonis 1.2 Helilainete lainepikkus ja amplituud

Helilaine intensiivsust ja sagedust tajub inimene erineva helivaljuse ja -kõrgusena. Mida suurem on helilaine amplituud, seda tugevam on heli intensiivsus, mida suurem on võnkesagedus, seda kõrgem on heli. Kuuldavate helide vahemik on 10^{14} korda suurem kuulmislävest [taju]. Inimese kõrv eristab helisid sagedusega 16 Hz - 20000 Hz, kuid vananedes inimese kuulmisulatus nõrgeneb ning seda eriti kõrgete helide osas, kus ülempiir võib langeda isegi 5000 Hz-ni. Suurim kuulmisteravus on

inimesel 1000 - 5000 Hz piires. Tegelikult on maailm täis hääli, mida inimkõrv ei kuule. Kui need tõesti kuulda oleks, siis tajuks me kurdistavat müra, mida tekitavad äikesetormid, ookeani lained, kontinentide nagisemine ja meteorid. Heli, mille sagedus on väiksem kui 16 Hz, nimetatakse infraheliks, suurema sagedusega kui 20000 Hz, aga ultraheliks. Täiskasvanud inimesed infra- ega ultraheli ei kuule. On aga kindlaks tehtud, et imikud kuulevad ultraheli [\[meel\]](#).

Reaalsete helide sagedused ja amplituudid on pidevas muutumises. Inimesele ei valmista mingit raskust, eristamaks näiteks viiuli heli klaveri omast. Antud helid on eristatavad tänu instrumendi poolt tekitatavate paljude helilainete kombinatsioonidele. Sellist kombinatsiooni nimetatakse tämbriks või kõlavärviks. Helilainete võnked on puhta tooni korral sinusoidsed, kuna aga enamik helisid pole puhtad toonid, siis näevad ka nende võnkekõverad välja äärmiselt ebahürtlased:

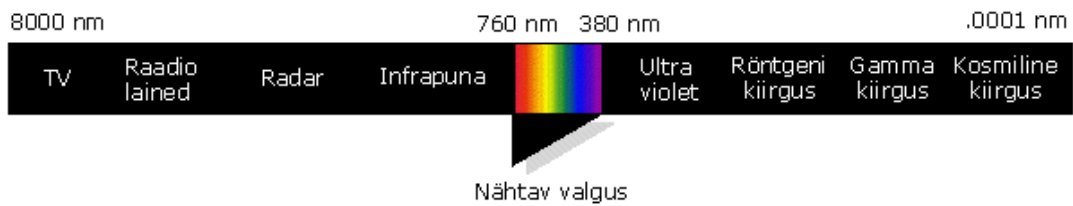


Joonis 1.3 Helilainete võnked

1.3 Inimese nägemismeelte eripärad

Videotehnoloogiast arusaamine algab inimsilma omaduste mõistmisega, sest ka elektrooniline silm üritab imiteerida inimnägemist.

Inimese silm on võimeline tuvastama elektromagneetilist energiat, mis on nähtava valguse sagedusspektris lainepikkusega 380-760 nm. Väljaspool seda spektrit inimsilm elektromagneetilist kiirgust tuvastada ei suuda.



Joonis 1.4 Valguslainete sagedusspekter

Valgustundlikuks keskkonnaks silmas on võrkkest. Võrkkest koosneb 5 tüüpi rakkudest, millest antud teemaga seonduvalt on oluline teada kahe tüübi funktsioone. Need on fotoretseptorid ehk kepikesed, mis on kohanenud hämaruses nägemiseks ja kolvikesed, mis on kohanenud päevavalguses nägemiseks ning kuju ja värvuse eristamiseks. Kuna inimese silm sisaldab oluliselt rohkem valgustundlikke kui värvitundlikke elemente, eristavad inimesed tunduvalt rohkem variatsioone valguse intensiivsuses kui värvi erinevuses. Seda fakti kasutavad ära ka enamused video- ja pildipakkimise algoritme.

Värvitundlikke elemente on inimsilmas 3 tüüpi. On välja uuritud, et minimaalselt kolme värvikomponendi – punase, roheline ja sinise abil, on teatava filtreerimisega võimalik simuleerida inimsilma värvitunnetust. Kuna värve tegelikult looduses ei eksisteeri – värv on vaataja silmades ja ajus, siis nende kolme kolvikese tüübi poolt töödeldud valgusspekter koostöös ajuga annavadki meile arusaama värvist. Erineva lainepikkusega elektromagnetkiirgus tekitab erineva värvusaistingu: treenimata inimese silm võib eristada kuni 150 värvitooni, kunstniku silma korral ulatuvad see kuni 10 000-ni [eye].

Värvi iseloomustab 3 dimensiooni:

- värvitoon (*hue*) – muutub lainepikkusega, kromaatileine
- heledus (*brightness*) – muutub kiirguse hulgaga, võib iseloomustada nii akromaatilisi kui kromaatilisi värvusi
- küllastatus (*saturation*) – värvi puhtus, (mida rohkem valget värvile segatud, seda küllastatum)

Igal värvitoonil on olemas komplementaarne e. vastandvärvus. Kui värv “segada” oma vastandvärviga, on tulemuseks halli värvi kujutise tajumine (näit. punane-roheline, sinine-kollane). Vastandvärvused avalduvad ka halli pinna servade tajumisel, mis piirneb värvilisega (simultaankontrast), või negatiivse järelkujundi tajumisel [[taju](#)].

Teine tähtis karakteristik inimese nägemismeeltele, mida peab samuti rakendama videotehnoloogias, on pildi püsivus. Pilt säilib silma võrkkesta osal mõne hetke ka peale seda, kui tegelikkuses on objekt juba füüsiliselt eemaldatud või asendatud mingi muu pildiga. Selline püsivus on umbes 1/10 sekundit. Seetõttu tunduvadki meile pildid liikuvana, kui nähtav pilt muutub kiiremini kui 10 korda sekundis. On välja uuritud, et minimaalne kaadrisagedus ehk pildi muutumise kiirus sujuva liikumise tajumiseks on 16 fps.

2 Videotehnoloogia

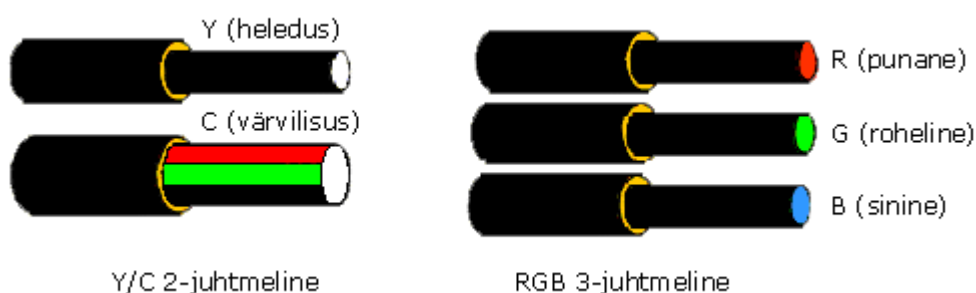
2.1 Analoogvideo standardid

2.1.1 Komposiitvideo

Analoogvideot kantakse üle kaadrites, mille informatsiooni kodeeritakse pingemuutuste näol. Varajastes analoogvideo süsteemides kombineeriti individuaalsed videosignaalid – heledus, sünkroonsus ja värv kokku üheks signaaliks, mida tuntakse komposiitvideo nime all. Sellise signaali eeliseks on võimalus teha ülekanne üheainsa füüsilise traadi abil või salvestada ühele magnetlindi rajale (*track*). Puuduseks on aga kvaliteet, mis komposiitvideo signaalil on väga madal. Tüüpiline on madal pildi selgus ja signaali taasesitamisel esinevad vead, võib esineda ka värvi segunemist.

2.1.2 Komponentvideo

Ületamiseks komposiitvideo poolt tekitatud vigu, töötati välja komponentvideo, kus signaalid on jaotatud eraldi komponentideks. Tuntumad kasutusel olevad süsteemid on Y/C 2-juhtmeline ja RGB 3-juhtmeline süsteem:



Joonis 2.1 Komponentvideo süsteemid

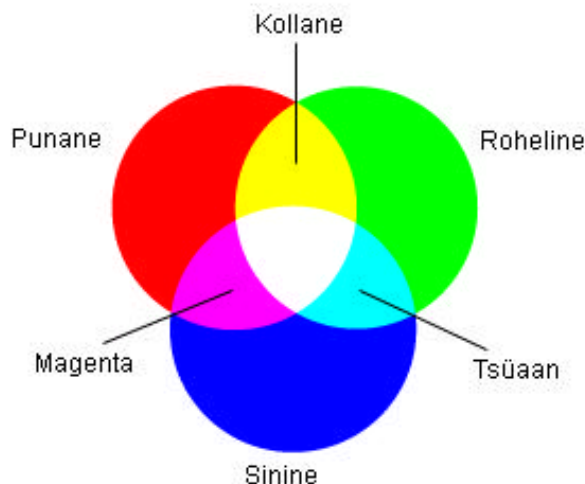
Y/C süsteemis Y eraldab heleduse ja luminesentsi, C värvinformatsiooni. Sellist meetodit kasutatakse näiteks Hi-8 ja Super VHS videokaamerates ja on tuntud üldnimetuse S-video all.

2.1.2.1 S-Video

S-Video puhul on heledus ja värvus jagatud kaheks eraldi analoogsignaaliiks ning ka signaalide edastus toimub kahe eraldi traadi abil. S-Video plussiks, võrreldes komposiitvideoga, on suutlikkus värve küllaltki täpselt taasesitada.

2.1.2.2 RGB

RGB süsteem eraldab signaali komponentideks – punane, roheline ja sinine, mis esindavad põhivärve. Kombineerides need kolm värvi pildi ekraanile, saame värvilise tulemuse. RGB süsteem on kasutusel video kaamerates, filmiaparatuurides, komposiitdekoodrites, graafikageneraatorites, arvutimonitorides ja mujal.



Joonis 2.2 RGB süsteem

2.1.2.3 YUV

Ajalooliselt on tuntud ka kolmas formaat YUV – 3-juhtmeline komponentvideo. See süsteem sai alguse värvitelevisiooni tekkeageadest ning oli mõeldud säilitamiseks ühilduvust mustvalgete televiisoritega. Y – heledus, U – värvitoon, V – värviküllastus. YUV signaale saab väga lihtsate valemite abil teisendada RGB signaalideks ning ka vastupidi.

2.2 Digitaalvideo

Analoogvideo põhiliseks puuduseks on tema progresseeruv kvaliteedikadu reprodutseerimisel. Teiseks sisaldab analoogkujul videosignaal tihtipeale mürast ja interferentsist tingitud häireid. Seda probleemi ei esine digitaalse video korral, kuna informatsioon kantakse üle digitaalsete numbritena ning on võimalik rakendada ka veakontrolli ja –parandust. Digitaalset videot toodetakse analoogvideo signaali diskreetides. Seetõttu võib videosignaal olla kas komposiit või komponent tüüpi – sõltuvalt tema analoog allikast.

Kuna digitaalne videosignaal kujutab endast väga suuri andmemahutusi, salvestati teda algselt linditüüpi andmekandjale. Tänapäeval aga on kasutusel magnetilised ja optilised kettad, mille mahtuvus, kiirus ja hind on hakanud linditüüpi meediat turult välja sööma. Väga tüüpiliseks on saanud PC-l põhinev video digitaliseerimine, kus videosignaal diskreeditakse spetsiaalse analoog-digitaal muundur kaardiga ja salvestatakse PC kõvakettale. See teeb videomaterjali redigeerimise väga lihtsaks. Viimase 4 aasta jooksul on ilmunud ka digitaalsed videokaamerad, kus videosignaal salvestatakse kaameras endas asuvale kettale. Tavaliselt on võimalik nendest kaameratest spetsiaalse liidese abil pilti otse PC kõvakettale kopeerida.

Digitaalvideo kvaliteeti võib hinnata lähtuvalt 3-st põhilisest faktorist:

- Kaadrisagedus – stoppkaadrite arv sekundis. PAL standard (*Phase Alternation Line*) määrab videopildi standardiks 25 stoppkaadrit sekundis. Võrdluseks võib tuua, et tavaline film on 24 kaadrit sekundis.
- Värvisügavus – värvi esitamiseks kasutatav bittide arv 1 piksli kohta. Näiteks 24 bitiga on võimalik määratleda 16,7 miljonit värvi, 8 bitiga aga ainult 256 värvi.
- Kaadri resolutsioon – tüüpiliselt määratletud kõrguse ja laiuse pikslite arvuga. Tüüpilise arvutimonitori resolutsioon on tänapäeval 1024 x 768 pikslit.

3 Telekommunikatsioon ja Internet

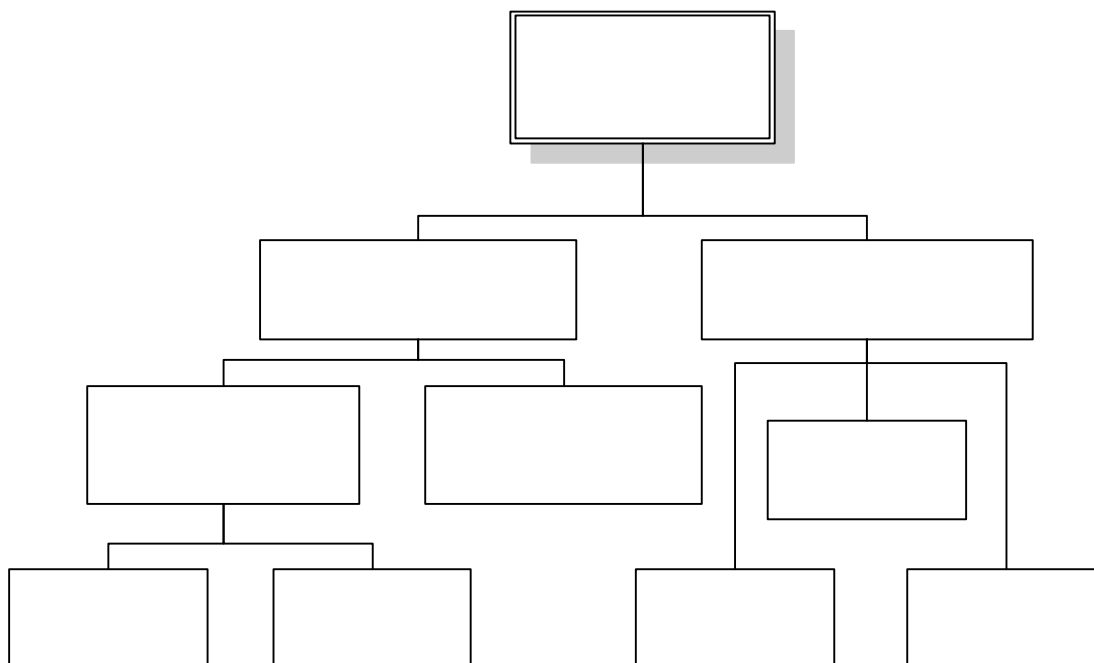
Sõna telekommunikatsioon on viimastel aastatel saanud lahutamatuks osaks meie igapäeva leksikonis. Sõna juured pärinevad Vana-Kreekast, kus *tele* tähendas “üle distantsi” ja *communicara* “võimet jagada”. Tänapäeval tähendab telekommunikatsioon eelkõige informatsiooni jagamist üle vahemaade. Laiemas mõistes võiks telekommunikatsiooni aga pidada eluviisiks, sest telekommunikatsioon on saanud tänapäeva inimeste igapäeva elu lahutamatuks pärisosaks. See mõjutab kõike mida me teeme, kuidas teeme ja kus teeme – telekommunikatsioonist puutumata ei jää ükski eluvaldkond. Üheks tähtsaimaks telekommunikatsiooni kanaliks tänapäeval on saanud Internet. On mitmeid inimestele olulisi valdkondi, mis on tänu Internetile saanud uue tähenduse. Mõned näited: inimestevaheline kommunikatsioon kasutades videokonverentsi, ülemaailmsed andmepangad ja arhiivid, uudisteserverid, e-õpe, e-kaubandus, videojärelvalve ja loomulikult meelelahutus interaktiivsete mängude ja teleülekannete näol.

3.1 Mis on Internet?

Internet on arvutivõrkude võrk, mis ühendab kogu maakera. Internet pole lihtsalt üks ühtne kanal, nagu on senini ettekujutus paljudel inimestel, vaid ta moodustub mitmekesistest avalike ja privaatsete organisatsioonide, ülikoolide, firmade, haridusasutuste, valitsus- ja sõjaliste asutuste võrkudest. Kõik need võrgud on erineva võimsusega, sõltuvalt sellest ettevõttest, kellele võrk kuulub. Osad neist on ühendatud avalikku võrku, osad mitte, kuid alati on läbi nende võimalik saata infot ühest arvutist teise. Liikudes läbivad andmed tavaliselt väga paljusid erinevaid võrke. Info teekond pole alati üheselt määratud, selle erinevad osad võivad sihtpunkti jõuda erinevaid teid pidi. Tehnoloogiat, mis teeb võimalikuks taolise andmete liikumise üle niivõrd mitmekesise võrgu, nimetatakse IP protokolliks (Interneti protokoll). Protokollidest lähemalt räägin allpool.

3.2 Andmeside alused Internetis

Internetis asetleidva andmeside võib jagada kaheks fundamentaalselt erinevaks tüübiks: reaalarajas ja mitte reaalarajas toimuvaks sideks, mida sagedamini nimetatakse ka andmete või diskreetsete andmete sideks.



Joonis 3.1 Fundamentaalne Interneti andmeside klassifikatsioon

Pidevaid andmestriime edastavatele reaalaraja rakendustele on omased suhteliselt pikaajalised andmesessioonid. Reaalajalised striiming rakendused alustavad tavaliselt andmete ettemängimist koheselt, kui andmeühik (nt videokaader) on defineeritud.

Reaalaja rakendused, mis ei töötle striime, tavaliselt produtseerivad perioodiliselt interaktiivset võrguliiklust, millel on äärmiselt ranged ajanõuded. Neid rakendusi võib klassifitseerida reaalaraja kontrolliga rakendusteks ja sellised on näiteks interaktiivsed mängud või distantsjuhtimine.

Termin “reaalajaline” striimingmeedia kontekstis on tegelikult üsna suhtelise ja paindliku iseloomuga. Faktiliselt võib öelda, et kõik reaalarajalised rakendused on

tegelikult peaaegu reaalajalised, sest iga reaalajaline rakendus sallib mõningast andmete hilistumist. Sallivusaste sõltub igast konkreetsest rakendusest ja on määratletud teenuse kvaliteedi (*Quality of Service, QoS*) parameetritega. Mis on teenuse kvaliteet, räägin täpsemalt töö lõpuosas [[QoS](#)].

3.3 Võrgu protokollid

Protokollid on reeglid, mida vajatakse nii inimeste kui ka arvutite vahelises kommunikatsioonis. Arvutipõhises andmesides hõlmavad protokollid kolme põhilist komponenti:

- Liidesed, mis määravad reeglid protokollide kasutamiseks ja pakuvad tarkvaralist teenust rakenduskihi programmidele
- Paketiformaadid, mis määratlevad protokollide pakettide andmestruktuuri
- Protseduurid, mis määravad andmevahetuse reeglid

Igasugune andmevahetus nõuab kindlate reeglite täitmist. Protokollid defineerivad, kuidas arvutid üksteist identifitseerivad, millisel kujul on informatsioon ülekandel, kuidas tuleks vastuvõetud informatsiooni töödelda. Kuni andmevahetus piirdub kohtvõrguga, pole see väga keeruline. Raskeks muutub andmevahetus aga Internetis, kus kokku on ühendatud palju eri tüüpi arvuteid ja kasutusel palju füüsiliselt erinevad sidekanalid.

3.3.1 Protokollikihid

Et andmesidet lihtsustada, käivitas 1978. aastal Rahvusvaheline Standardiseerimise Organisatsioon ISO (*International Organization for Standardization*) ulatusliku projekti rahvusvahelise kommunikatsioonistandardi loomiseks, mis võimaldaks eri valmistajate seadmetel informatsiooni vahetada. Juba kaks aastat hiljem, 1980. aastal, esitati OSI (*Reference Model for Open Systems Interconnection*) raammudeli ettepanek avatud süsteemide ühendamiseks. See ettepanek, järgides IBM-i SNA-d (*Systems Network Architecture*) ja paljude teiste valmistajate andmeside arhitektuure, rajanes seitsmetasemelise arhitektuuri kontseptsioonil. 1983. aasta mais

kinnitati nimetatud ettepanek kui rahvusvaheline standard. Erinevate tasemete paralleelselt toimunud uuringud on andnud detailse spetsifikatsiooni, mis on hiljem fikseeritud ka standarditena.

3.3.1.1 OSI raammudeli arhitektuur ja ülesanded

7	Rakenduse kiht	rakendusprogrammidega otse antavad teenused (näiteks e-mail)
6	Esituse kiht	andmete esituskuju muutmine (kooditeisendused)
5	Sessiooni kiht	nimede ja aadresside teisendused, pääsuõigused, kahe tööjaama dialoogi korraldamine
4	Transpordi kiht	arvutitevaheline läbipaistev (transparentne) ja usaldatav andmete transport
3	Võrgu kiht	sõnumite marsruutimine keerukates võrkudes
2	Kanali kiht	lihtne vigade parandus ja edastusteenused järgmisele kihile
1	Füüsiline kiht	andmete füüsiline edastus punktist punkti

Tabel 3.1 ISO/OSI raammudel

OSI raammudel defineerib seitsmest kihist koosneva skeleti, millele tuginedes saab defineerida erinevaid protokolle, mille abil erinevatel süsteemidel avaneb võimalus omavahel kommunikeeruda. Seitsme kihi valikut õigustavad järgmised argumendid:

- Kihide arv peab olema piisavalt suur, et igäüks neist oleks piisavalt lihtne ja lubaks defineerida detailse protokolliga korrektse ja realiseeritava spetsifikatsiooniga.
- Kihide arv peab olema piisavalt väike, et nendevaheline integratsioon ei muutuks liiga keeruliseks
- Kihide piirid peaksid olema loomulikud selliselt, et sarnased toimingud koonduvad samasse kihti ja erinevad toimingud erinevatesse kihtidesse.

Selline jaotus annab kihilise arhitektuuri, milles kihidevaheline interaktsioon on minimaalne ning mille kihide protokollid on kergesti muudetavad jättes puutumata kihidevahelised liidesed. Seitsmest OSI mudeli kihist nelja kõrgemat nimetatakse

ülemise taseme kihtideks. Nende tasemete protokollid paiknevad reeglina omavahel kommuniqueeruvates intelligentsetes seadmetes ning nad garanteerivad andmete korrektse ja arusaadava edastuse kahe osapoole vahel. Kolme madalamat kihti nimetatakse alumise taseme ehk võrgukihtideks. Vastavad protokollid paiknevad kõigis võrgusõlmedes ja nende ülesanne on garanteerida sõnumite lähtepunktist sihtpunkti jõudmine kõige ökonoomsemat marsruuti mööda [osi].

3.3.2 Interneti protokollid

3.3.2.1 TCP/IP

TCP/IP – kõige sagedamini kasutatav protokoll infovoogude transportimiseks üle Interneti. Protokollid disain ja tööpõhimõtte pandi paika juba esimesel katsel 1960-ndatel ja seda edukalt. Eelkõige sobib TCP/IP sisevõrkude ülesehitamiseks ja samuti on tema abil võimalik luua turvalisi privaatseid sidekanaleid (VPN).

TCP – Edastusohje Protokoll (*Transmission Control Protocol*) on tuntud kui transpordikihi protokoll, mis kontrollib andmevahetust kahe arvuti vahel. Selleks moodustavad nii klient kui ka server andmekanali (fikseerivad porti). Nende portide vahel toimuv andmevahetus on kahesuunaline. Nii ühenduse alustamiseks kui ka lõpetamiseks peavad mõlemad osapooled andma nõusoleku.

TCP protokollile on iseloomulik, et protokollikihis toimub andmevahetuse õnnestumise kontroll. Enne ülekannet varustab TCP protokoll välja saadetavad datagrammid järjestatud numbrita, milleks on lähte- ja sihtpordi number. Vastuvõttev arvuti saadab iga edukalt vastuvõetud andmehulga kohta kinnituse (ACK). Kui vastuvõtjal on esinenud probleeme – pakett pole saabunud sihtpunkti või on olnud vigane – taolist kinnitust ei väljastata, mis tähendab, et sama paketi saatmist korratakse. Sellist meetodit ei saa rakendada reaajas toimivate audio ja videoülekannete tegemiseks ja seetõttu on striimingmeedia rakenduste jaoks välja töötatud mitmed spetsiaalsed protokollid. TCP sõltub IP protokollist, mis tagab infosegmentide saatmise ja saamise ning edastamise TCP-le.

IP – Interneti Protokoll (*Internet protocol*) on TCP/IP nurgakiviks. Kõik arvutid võrgus oskavad IP-d. Protokoll ei taga infovoo kontrolli. IP teeb kõik, et edastada pakette, kuid ei taga nende kohalejõudmist. IP põhiomadused:

- Pakettide segmenteerimine
- Internetis olevate arvutite adresseerimine
- Maksimaalne paketi suurus 65535 bitti
- Piiratud paketi eluiga

IP võrk lubab avalikku võrku luua oma privaatseid sidekanaleid, kasutades füüsiliselt sideks samu kanaleid, kus liigub ka kogu avalik Internetiliiklus [[tcpip](#)].

3.3.2.2 UDP

UDP – Datagrammiprotokoll (*User Datagram Protocol*) on sideprotokoll, mis pakub suhteliselt piiratud teenust andmete vahetamisel Internetiprotokolli (IP) kasutavasse võrku ühendatud arvutite vahel. UDP kujutab endast alternatiivi andmeedastuse juhtprotokollile (TCP) ja kuna ta vajab tööks Internetiprotokolli, siis kasutatakse vahel ka tähistust UDP/IP. UDP kasutab Internetiprotokolli selleks, et saata andmeüksust ehk datagrammi ühest arvutist teise. Erinevalt TCP-st ei tegele aga UDP sõnumi jagamisega pakettideks ja nende õiges järjekorras kokkuühendamiseks vastuvõtupoolele. Kui võrgust saabub datagrammideks jagatud sõnum, siis UDP datagramme ei reasta. See tähendab, et UDP-d kasutav rakendusprogramm peab ise suutma kontrollida, kas kogu sõnum on kohale jõudnud ja kas datagrammid on õiges järjekorras. Seetõttu kasutatakse UDP-d sellistes võrgurakendustes, kus on tegu väga lühikeste sõnumitega ja kus tahetakse töötlemisaega kokku hoida. Näiteks TFTP (*Trivial File Transfer Protocol*) kasutab TCP asemel UDP-d. Kuna UDP ülekanne toimub põhimõttel “saada ja unusta”, siis on see enamasti ka sobivaks meetodiks audio- ja videostriimide edastamisel. OSI kontekstis asub UDP nagu ka TCP neljandas ehk transpordikihis.

Nii UDP kui TCP protokollil võib mõnikord esineda probleeme serveriga ühenduse loomisel, kuna kasutusel võivad olla ühendust blokeerivad turvameetmed. Seda eriti UDP protokollil puhul, kus on lihtsam ära kasutada teatud rakendustes esinevaid “turvaauke”. Mitte minnes liialt detailidesse tähendab see, et oskuslikumad häkkerid võivad saada ühenduse UDP pakette vastuvõtva arvutiga ja saata sinna võltsitud pakette, mis näivad justkui tulevat samast allikast kui õiged. Selline tegevus on tuntud kui “IP narrimine” ja võrguadministraatorid võitlevad selle vastu blokeerides “tulemüüri” abil UDP pakettide liikluse. Tulemüür on raud- või tarkvara, mis on suuteline blokeerima mingit kindlat etteantud tüüpi datagramme või mingit kindlat allikat, kust andmeid saadetakse. Kui vastuvõttev arvuti töötab “tulemüüri taga”, mis on konfigureeritud blokeerima UDP pakette, on ta üsna kindlalt võimetu vastu võtma audio- või videostriime ja abi tuleb otsida muudest meetoditest [[book](#)].

3.3.2.3 IPv6

IPv6 – Interneti Protokollil versioon 6 (*Internet Protocol version 6*), on uus protokoll, mille peamiseks eesmärgiks on kõrvaldada aadressiprobleem.

Tänane Internet töötab protokollil IPv4 (Interneti protokollil 4. versioon), mis dokumenteeriti juba 1981. aastal. Siis ei osanud keegi ette näha Interneti niivõrd kiiret kasvu, mis praeguseks on toonud esile peamise IPv4 protokollil puuduse – vabade Internetiaadresside lõppemise. IPv6 kasutuselevõtuga see probleem kõrvaldatakse, kuna IPv6 aadressid on pikemad ning nende formaat teine – 32 biti asemel on aadressis kasutusel 128 bitti. IPv6-aadresse kirjutatakse kuueteistkümnendsüsteemis. Sellisel kujul aadresse saab välja anda tohutul hulgal rohkem. Lisaks on IPv6-l mitmeid lisaomadusi, nagu näiteks võrgu automaatne seadistamine, sisseehitatud turvalisus ning parem mobiilsus. Väidetakse, et tulevikus on igal mobiilil oma IP-aadress, mis tänapäeva IPv4 aadressivahemiku juures on võimatu.

Hetkel saab uue põlvkonna Interneti kasutada läbi virtuaalse tunneli. See tähendab, et praegune IPv6 võrk koosneb saarekestest, mis paiknevad IPv4 Internetis ja on omavahel ühendatud tunnelitega. Lisaks tunnelitele on tekkinud ka esimesed IPv6

toega IX-d ehk punktid (*Internet eXchange point*). Ka Eesti suurematel teenusepakkujatel on oma IPv6 testvõrgud juba olemas, näiteks Eesti Telefon avas esimese avaliku IPv6 toega IRC-serveri irc.ipv6.estpak.ee 2001 aasta juulis [\[IPv6\]](#).

3.3.2.4 HTTP

HTTP – Hüperteksti Ülekande Protokoll (*Hypertext Transfer Protocol*) on informatsiooni edastuse protokoll, mis toimib vastavalt käskude komplektile ja mille põhieesmärk on toetada World Wide Webi hüpermeedia informatsiooni ülekannet WWW serverite ja klientide vahel. HTTP kasutab ülekanneteks TCP protokoll. Ülekande tegemiseks võtab kliendipoolne rakendusprogramm (brauser) ühendust serveripoolse rakendusega ja edastab päringu soovitud info kohta. Server reageerib päringule, edastades võimalusel soovitud infot. Ülekanne koosneb tavaliselt neljast operatsioonist:

- Ühenduse loomine kliendipoolse serveriga.
- Kliendi päringuteade serverile.
- Serveri vastus kliendile.
- Ühenduse sulgemine.

Turvaliste ühenduskanalite loomiseks on fikseeritud krüpteerimise tehnoloogiaid kasutav S-HTTP protokoll.

3.3.3 Reaalaja protokollid

3.3.3.1 RTP

RTP – Reaalaja Protokoll (*Real-Time Protocol*), on nagu nimigi ütleb, meetod meedia edastamiseks reaalajas. Ajatundlike meedialiikide jaoks, nagu seda on audio ja video, omab RTP TCP ja UDP ees kindlat eelist. RTP on disainitud rahuldama transpordi nõudeid, mida esitab näiteks videokonverentsilaadne rakendus. Kui allasuv võrk pakub multiedastust (*multicast*), on ta suuteline edastama andmeid paljudesse sihtkohtadesse.

RTP koosneb kahest teineteisega lähedalt seotud osast:

- RTP – reaalaaja andmete transpordi protokoll, mis lisab vajalikku infot saadetavatele meediavoogudele.
- RTCP – reaalaaja andmete transpordi juhtprotokoll, mis toodab tagasisidet andmeside kvaliteedi kohta vastuvõtjalt saatjale. Ta jälgib teenuse kvaliteeti, annab edasi infot sessioonis osalejate kohta

RTP ja RTCP on sõltumatud allasuvatest transpordi ja võrgu kihtidest.

RTP ei sisalda kõiki funktsionaalsusi, mis on omased nt TCP ja UDP transpordiprotokollidele, ta ei reserveeri ressursse ega garanteeri teenuse kvaliteeti. Seetõttu on ta tavaliselt lisakiht UDP protokollile, mis sisaldab multipleksimist ja kontrollsummasid. RTP kasutab *payload* tüüpi identifitseerimist, sekventide nummerdamist ja ajatempleid. Need teevad iga üksiku audio- ja videofreimi kergesti äratuntavaks ning võimaldavad seada korreksesse järjekorda. See on arusaadavalt oluline audio ja video sünkroniseerimisel [\[real\]](#).

3.3.3.2 RTCP

RTCP (*Real Time Control Protocol*) on protokoll, mis toimib koostöös RTP-ga. RTCP protokoll sisaldab täiendavat, RTP poolt katmata funktsionaalsust. RTCP andmed saadetakse välja perioodiliselt ja vaheldumisi RTP andmetega. RTCP ülesanne on edastada informatsiooni saatja ja vastuvõtja raportite kohta ning statistikat ühenduse kohta, nagu näiteks kaotatud või õnnestunult edastatud pakettide arv, teenuse kvaliteet, informatsioon sessioonis osalejate kohta. Sellise informatsiooni põhjal võib saatja vajaduse korral modifitseerida transmissiooni meetodit [\[real\]](#).

3.3.3.3 SDP

SDP (*Session Description Protocol*) on loodud kirjeldama multimeedia sessioone nagu näiteks videokonverents. See sisaldab sessiooni teadustust ja sessiooni kutset [\[book\]](#).

3.3.3.4 RTSP

RTSP (*Real-Time Streaming Protocol*) on avatud standard, mis on välja pakutud Progressive Networks'i poolt koostöös Netscape ja Kolumbia Ülikooliga ning mille ülesandeks on kontrollida meediastriimi edastuspidevust Internetis [\[real\]](#).

RTSP omadused:

- Laiendatav – võimaldab lisada uusi parameetreid ja meetodeid.
- Analüüsitav – HTTP ja MIME analüsaatorid saavad RTSP-d analüüsida
- Turvaline – taaskasutab veebiturvamehhanisme
- Transpordist sõltumatu – UDP, TCP
- Multiserver võimalusega – meediastriimid võivad asuda erinevates serverites. Klient loob ühenduse kõikide vajalike serveritega. Sünkroniseerimine tehakse transpordi kihil
- Transpordi meetod kliendi ja serveri vahel on kokku lepitud

3.3.3.5 RSVP

RSVP – Ressursi varumise protokoll (*Resource reservation protocol*) on Internetiprotokoll teatud kindlate teenusekvaliteetide (*QoS – Quality of service*) toetamiseks. RSVP-d kasutades saab rakendus reserveerida ressursse teel lähtekohast kuni sihtkohani. RSVP-d toetavad ruuterid koostavad siis ajakava ja pakettide prioriteetsuse järjekorra, et tagada ettenähtud teenusekvaliteeti. RSVP on põhielemendiks arengujärgus oleva uut tüüpi, integreeritud teenustega Interneti jaoks (Internet 2), mille põhieesmärk on parandada reaalaaja-andmete edastamist. [\[real\]](#)

3.4 Andmeside kanalid

Telekommunikatsioonivõrk töötati algselt välja telefoniside jaoks. Praeguseks aga hõlmavad üle poole võrguliiklusest andmepaketid. Järgnevalt mõned striimingmeedia jaoks olulisemad.

3.4.1.1 Frame Relay

Frame Relay (FR) tehnoloogia töötati välja 1984. aastal CCITT (Consultative Committee for International Telegraph and Telephone) ja ANSI (American National Standards Institute) poolt. Eesmärk oli kasutada seda ISDN süsteemide tarbeks. Arenguprotsess kiirenes 1990-ndatel aastatel, kui loodi konsortsium, millesse kuulusid Cisco Systems, Stratacom, Northern Telecom ja Digital Equipment Corporation. Konsortsium töötas välja spetsifikatsiooni, mis olid kooskõlas Frame Relay baasprotokolliga, kuid omalt poolt lisati ka mõningaid uuendusi, mis tagasid Frame Relay funktsioneerimise keerukamates võrgusüsteemides.

Frame Relay tehnoloogia põhineb vanemal X.25 pakettkommutatatsiooni meetodil, mis oli mõeldud analoogsignaalide edastamiseks. X.25 on oma põhiolemuselt loodud analooglahenduste tippajal ja on ka vastavalt sellele optimiseeritud. Frame Relay tehnoloogia on loodud aga digitaalsignaalide tarbeks, eesmärgiga tagada parem töökindlus ja suurem efektiivsus. Fiiberoptika süsteemides on Frame Relay tehnoloogia osutunud töökindlamaks.

Frame Relay ei oma kõrgetasemelisi veaparandusalgoritme, kuna selle tagamine suurte kiiruste juures on aeganõudev protsess ja uuemates süsteemides tegelevad sellega juba kõrgema kihi protokollid. Samuti ei tegele Frame Relay kõrgetasemelise infovoo kontrollimisega, mis on samuti üle läinud kõrgema taseme protokollidele, vaid kontrollib selle asemel võimalikku ülekoormuse tekkimist. Lihtne, teadete saatmisel põhinev süsteem tagab suhtluse ülemiste kihtidega, kellele teatatakse võimaliku ülekoormuse ohust, et nõnda tagada infovoo kontrolli võimalikku käivitamist. Olemas on siiski madalama taseme infovoo kontroll (*Simple Flow Control*), mis on vajalik osade OSI mudelite puhul, kus kõrgematel kihtidel infovoo kontrolli ei tagata. FR-edastus asub andmeedastuskiiruse poolest ISDN ja asünkroonedastuse ATM vahepeal [[frtcpip](#)].

3.4.1.2 ATM

ATM ehk asünkroonne edastusrežiim (*Asynchronous Transfer Mode*) töötati algselt välja lairiba-ISDN-i (B-ISDN) jaoks. ATM standardiseeriti 1988. aastal, kuid laiemasse kasutusse kohtvõrkudes jõudis alles 1990-te lõpul.

ATM põhineb ühendusega edastusel, kus liiklus suunatakse tõhusamalt õigele vastuvõtjale. Peamiselt heliliikluses kasutatud aegmultipleksimine (TDM, time-division multiplexing) jaotab riba paremini ning eraldab ühe ühenduse kasutusse ainult sellele vajaliku keskmise ribalaiuse. Üheaegseid ühendusi jaamade vahel võib luua ja töödelda kiiresti ja tõhusalt.

Pakattedastuse meetodid, nagu X.25 ja Frame Relay, kasutavad muutuva pikkusega pakette, mis tähendab, et ajast sõltuva informatsiooni (näiteks heli ja pildi) saatmine on komplitseeritud. Üks suur pakett võib hõivata kogu ribalaiuse pikaks ajaks ja teised ühendused ei saa seda kasutada. ATM seevastu edastab väikesi konstantse pikkusega pakette, mida nimetatakse rakkudeks (*cell*).

ATM algkiirus on 155 Mbit/s ja läbilaskevõimet saab tõsta gigabittideni välja. Võrgu jaamad ühendatakse kas otse ATM-sõlmega (*switch*) või samas karkassis asuvate vana kohtvõrgutehnikat toetavate liidestega, mis on ruuterite abil ühendatud ATM-keskmagistraaliga. Otse ATM-sõlmega saab ühendada ka teenustena ostetud kaugühendusi, sel juhul kasutatakse nii koht- kui ka kaugvõrkudes sama edastusviisi.

ATM-ile kavandatud liiklusklasse on neli. Klass A edastab konstantse kiirusega ühenduspõhist sünkroniseeritud liiklust, näiteks pakkimata pilti või heli. Klass B on nagu A, kuid edastab vahelduva kiirusega nt. pakitud pilti või heli. Klass C edastab vahelduva kiirusega asünkroonset liiklust nagu X.25 või Frame Relay. Klass D on ühenduseta pakettvõrgu, näiteks tavalise kohtvõrgu jaoks.

ATM-i kaks olulist eelist on suvalist tüüpi andmete edastuse võime ja väga suur edastuskiirus. Samas võrgus võib üheaegselt edastada teksti, andmeid, heli, pilti ja mitmesuguseid signaale väikestes rakkudes [[vork](#)].

3.4.1.3 ISDN

ISDN – Integraalteenuste digitaalvõrk (*Integrated Services Digital Network*), tagab digitaalse telefoniühenduse ja on kasutatav kõne, andmete, teksti, graafika, muusika, video ja muu seesuguse ülekandmiseks. Hõlmab OSI mudeli esimest kolme kihti.

ISDN tehnoloogial baseeruvad ühendused on rajatud kanalitele. ISDN-tavakasutaja ühendused kannavad BRI (*Basic Rate Interface*) nimetust. BRI koosneb kolmest kanalist, kaks on B kanalid ja üks on D kanal. B kanali kiirus on 64 kbps, D kanali kiiruseks on 16 kbps. B kanaleid kasutatakse andmete edastamiseks. Kasutades D kanaleid juhitakse B kanalite "tööd". Kuna tegu on kahe B kanaliga, siis saab korraga kasutada näiteks telefoni ja faksi. B kanaleid saab korraga kasutada ka ühe ühenduse jaoks, näiteks omada Internetiühendust kiirusega 128 kbit/s. Teatud juhtudel võib D-kanal toetada ka kasutajaandmete edastust – seega tuleb edastuskiiruseks 144 kbit/s [[vork](#)].

3.4.1.4 ADSL

ADSL – asümmeetriline digitaalne abonentliin (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) on tänapäevane modemtehnoloogia. ADSL tehnoloogia töötati välja 1989. aastal ja eesmärgiks oli ära kasutada vanad telefonikaablid. Nagu nimigi ütleb, põhineb ADSL andmeside asümmeetrilisusel – infoedastuskiirus on eri suundades erinev. ADSL allalaadimiskiirus (*download*) on tunduvalt suurem kui vastupidises suunas. Allalaadimiskanali maksimaalseks läbilaskevõimeks võib olla kuni 8 Mbit/s ja üleslaadimiskanali kuni 1 Mbit/s, mis tähendab, et tehnoloogia on eriti sobiv suurte failide allalaadimiseks ja striimingmeedia vastuvõtuks.

ADSL põhineb kaasaegsel digitaalsignaaltöötlusel ja võimsatel algoritmidel. Tavaline telefoniliin jagatakse splitteri abil telefonikõne- ja andmesidekanali sagedusribadeks. Andmesidekanal jaotatakse jagajafiltritiga veelkord kaheks – ühes

kanalis toimub allalaadimine ja teises üleslaadimine. Andmesidekanal läheb edasi ADSL modemis, mis omakorda on ühendatud abonendi terminaliga. Telefonikõnekanal läheb edasi abonendi telefoni. Keskuse pool jagatakse samamoodi kõnekanal, mis läheb telefonivõrku ja andmesidekanal, mis läheb andmevõrku [[adsl](#)].

3.4.1.5 WDSL

WDSL – traadita digitaalne abonentliin (*Wireless Digital Subscriber Line*) on standard, mis sisaldab kiiret Interneti püsiühendust ning digitaaljaamaga ühendatud tavatelefoni. See on mõeldud kasutamiseks piirkondades, kus puudub kaablivõrk. Tavapäraste juhtmete asemel toimib ühendus Interneti ja telefonijaamaga raadiolainete abil. WDSL võimaldab ühenduskiirust kuni 2 Mbit/s.

3.4.1.6 SDSL

SDSL – sümmeetriline digitaalne abonentliin (*Symmetric Digital Subscriber Line*) on tehnoloogia, mis pakub kiiret Interneti püsiühendust. SDSL puhul on tegemist sümmeetrilise andmesidega, mis tähendab, et ribalaius on mõlemas suunas ühesugune ning võimaldab ühenduskiirust kuni 8Mbit/s.

II PEATÜKK

STRIIMINGMEEDIA ALUSED

4 Sissejuhatus striimingmeediasse

Vähem kui 10 aastaga on saanud striimingtehnoloogiast *mainstreami* osa. Interneti lai areng viis paljude multimeedia tootjate mõtted Interneti kasutamiseks audio- ja videomaterjalide edastamiseks. Kuna aga audio- ja videofailid, isegi väga lühikese kestvusega, võivad oma mahult olla äärmiselt suured, siis esimesed multimeedia rakendused kasutasid Internetti ainult vastava faili saatmiseks kliendi arvutisse. Vaatamata Internetiühenduste kvaliteedi paranemisele pole enamiku kasutajate Internetiühendus siiski veel piisavalt kiire, et laadida alla suuri multimeediafaile. Seetõttu on teadlased, lisaks uute rakenduste arendamisele ja täiustamisele, sunnitud otsima ka teid, mis võimaldaks multimeediat ilma suuremate probleemide ja ajakuluta kliendini toimetada ning esitada. Ühe sellise paljulubava meetodina digitaalse audio- ja videomaterjali levitamiseks Internetis, on kasutusel striiming.

4.1 Mis on striiming?

Striiming (*streaming*) on selline tehnika audio- ja videofailide edastamiseks üle Interneti, kus andmeid töödeldakse pideva voona (*stream*) sedamööda, kuidas nad kohale jõuavad. Kuna audio- ja videofailid on suured, siis nende täielik allalaadimine võtaks liiga kaua aega, seda eriti siis, kui Internetiühendus on aeglane. Striiming vabastab kasutaja vajadusest oodata, kuni kogu fail on alla laetud. Kasutaja brauser, brauseri lisamoodul või eraldi pleier hakkab audio- või videofaili mängima otsekohe, kui puhvermällu on kogutud piisav infohulk. Kui andmed saabuvad kiiremini, kui vaja, kogutakse andmed puhvermällu ja kui andmete saabumine aeglustub, võetakse neid puhvermällust juurde. Juhul, kui kiirus muutub väga aeglaseks, muutub heli või pilt hüplikuks. Striimingu puhul peab kasutaja arvutisse olema installeeritud vastav programm, mida nimetatakse pleieriks. Tuntumad pleierid on RealPlayer firmalt RealNetworks, MediaPlayer firmalt Microsoft Corp ja WinAmp firmalt Nullsoft.

4.1.1 Kuidas striiming töötab?

Striimingut kirjeldatakse kui protsessi, kus audio- või videofail saadetakse väikeste pakettidena serverist kliendini. Nii toimib tegelikult kogu Internet. Striimingmeedia korral varustatakse tüüpiliselt need paketid ajatempliga, mille alusel kliendi arvutis vastuvõttev tarkvara oskab kättesaadud paketid järjestada ning alustada faili mahamängimist koheselt kui on saabunud piisav hulk informatsiooni. Samal ajal kui esimest osa failist mängitakse, toimub järgnevate osade allalaadimine. Protsess jätkub kuni kogu fail on kohale jõudnud ja ette mängitud. Sellist ajatemplitega pakettide jada nimetataksegi striimiks ehk andmevooks. Paketid peavad jõudma kohale kindlal ajal ja kindlas järjestuses, kui mõni pakett mingil põhjusel õigeaegselt kohale ei jõua, siis seda enam vastu ei võeta.

Sellisel edastamisviisil on ka omad miinused. Näiteks võib teekonnal serverist kliendini esineda häireid võrgu töös, mis toob kaasa striimi esitluse ajutise peatumise kliendi arvutis. Selliste probleemide lahendamiseks on küll kasutusel erinevad meetodid, nagu puhverdamine, kuid alati pole need piisavad.

4.2 Mis tingib striimingmeedia kasutamise?

Nagu eelpool mainisin, on striimingmeedia ehk teisisõnu pideva meedia rakenduste populaarsus Internetis viimastel aastatel oluliselt kasvanud. Sellel on mitmeid põhjusi, milledest siinkohal tõstan esile kolme juhtivat. Esimeseks põhjuseks tuleb lugeda tänapäeva lõppkasutaja arvuti märkimisväärselt suurenenud multimeedia toetust – arvutites on juba sisseehitatud heal tasemel audio- ja videotugi heli- ja videokaartide näol. Tänapäeva arvutikasutaja on familiaarne multimeedia võimalustega ning on pigem pettunud, kui tarkvara ei toeta multimeedia standardeid. Teiseks tähtsaks põhjuseks on arenenud Interneti tehnoloogia, mis sisaldab mitmeid, spetsiaalselt multimeedia striimimiseks loodud protokolle. Näiteks RTP, RSVP, RTSP jt. Kolmandaks põhjuseks on järsult kasvanud huvi Interneti ning eriti veebikeskkonna vastu, kus paljusid arvutikasutajaid köidavad uued teenused ning võimalused. Kõik need põhjused üheskoos selgitavad miks on tõusnud huvi ka multimeedia rakenduste vastu.

Striimingmeedia rakendused võib jagada kahte klassi: esiteks need, mis striimivad eelnevalt salvestatud materjali nn meediaserveritest ning teiseks, reaajas meediat edastavad rakendused. Esimesse gruppi kuuluvad näiteks *video on-demand* või distantsõpe, mis baseerub striimingmeedia klippidel. Teist gruppi iseloomustab pidev reaajas meedia “ettesöötmine” ning sinna kuuluvad uuemad ja tihti veel arengujärgus teenused nagu näiteks videokonverents, raadio- ja teleülekanDED ning interaktiivsed multimeedia mängud, samuti ka avalikku tähelepanu pälvinud rakendus VoIP (*Voice over IP*), mida eesti keeles nimetatakse ka lihtsalt Interneti telefon või IP telefon. Paljud ettevõtted on juba hakanud mõtlema võimalusele vahetada oma tavatelefonid Internetipõhiste telefonide vastu.

4.3 Striiming meedia ajalugu

- 1991 – Microsoft lisas oma Windows 3.0 operatsioonisüsteemile lihtsa multimeedia laiendi (*Multimedia Extensions*), mis sisaldas esimest meediapleierit Windowsi jaoks. Sealt sai alguse edasine arendustöö võimsamate ja lihtsamini kasutatavate integreeritud multimeedia toodete loomiseks.
- 1991 – Saksa Fraunhofer Instituudi uurimislabori poolt loodi formaat digitaalse audio (MP3) kompressiooniks.
- 1992 – Microsoft Windows 3.1 ja sellega kaasnev värskenenud välimusega meediapleier.
- 1994 – Microsoft arendas välja esimese 32-bitise meediapleieri.
- 1995 – Progressive Networks lasi turule programmi nimega RealAudio. Esimene versioon tarkvarast võimaldas audiofaile *on-demand* põhimõttel alla laadida, kuid reaajaja ülekanDEid veel ei toetanud. Programmi kasutamise eest tasu ei nõutud, kuna kodeerimisstandardid polnud veel avalikkusele kättesaadavad. Juba aasta hiljem tuli välja uus versioon, milles sisaldus reaajaja tugi, kuid esimene reaajaja ülekanne tehti siiski juba 1995 a. 5. septembril raadioreportaažist korvpalli matsilt.
- 1996 – Progressive Networks tegi esimese otseülekanDE kontserdilt, mis edastati

- reaalajas Internetti. Üsna peatselt anti välja esimene Macintoshile mõeldud pleier.
- 1996 – Progressive Networks töötas välja *Real Media* arhitektuuri, mis muutus audio- ja videostriimingu standardiks, koos sellega loodi ka esimene versioon RealAudio serverist.
- 1997 – Progressive Networks poolt lansseeriti RealVideo, mis lubas inimestel tõmmata oma isiklikesse arvutitesse videostriime otse Internetist.
- 1997 august – RealAudio ja RealVideo ühinesid MCI-ga, et luua RealNetwork.
- Nende pressiteates öeldi: "Oleme levitanud 20 miljonit RealAudio ja RealVideo pleierit". Varsti pärast seda sai Progressive Networksist RealNetworks.
- 1998 – Sorenson Media annab välja oma esimese toote Sorenson Video.
- Tegu on videokompressiooni tehnoloogiaga, mis võimaldab videot vastava töötluse tulemusel edastada üle Interneti. Toode kogus kiiresti populaarsust ja sai juhtivaks video CD tööstuses
- 1998 – Apple Computer litsentseeris Sorensoni video kodeki QuickTime's kasutamiseks
- 1998 – Diamond Multimedia tutvustas portatiivset MP3 pleierit Rio PMP300
- 1999 – Microsofti Windows 2000-ga kaasnev meediapleier, millele on lisatud striimingu funktsionaalsus
- 1999 – Napsteri debüüt, kus ta lubas kasutajatel alla laadida lemmikmuusikat MP3 näol ja seda ka teistega jagada.
- 2000 – Windows Milleeniumiga kaasasolev meediapleier, kuhu on lisatud digitaalse meedia "raamatukogu", CD kopeerimise, uus kasutajaliides, CD metaandmete laadimise Internetist, meedia juhtimine, Netiraadio kuulaja, CD kirjutamine ning palju muud. Lisatud toetus Windows Media Screen Caputre kodekile ja Windows Media ning Video 7 kodekitele.
- 2001 – Sorenson Media arendas välja 6 uut toodet: Sorenson Vcast, Sorenson Broadcaster Windowsi jaoks, Sorenson Squeeze, Sorenson Video 3, Sorenson MPEG-4 video kodek ja Sorenson Automated Compression Engine
- 2001 – Windows XP meediapleier, tähtsamateks omadusteks integreeritud CD kirjutamise toetus, parandatud kasutajaliides, DVD taasesitus, parandatud

helikvaliteet ja MP3 toetus, arukas meedia haldus ja toetus Windows media audio ja video kodekile.

III PEATÜKK

STRIIMINGMEEDIA TEHNOLOOGIAD

5 Striimingmeedia protsess

Striimingmeedia protsess koosneb neljast peamisest komponendist:

- Digitaliseerimine ja kodeerimine
- Serveerimine
- Distributsioon
- Kliendirakendus ehk meediapleier

Digitaliseerimine ja kodeerimine on reaalse audio- ja videosignaali töötlemine, mille tulemuseks on arvutisse salvestatud fail. Failid salvestatakse distributsiooni serverisse, milles on spetsiaalne tarkvara reaalaja striimide väljastamiseks. Distributsioonikanal ühendab serverit ja meediapleierit ning selleks võib olla lokaalne kohtvõrk, Internet või vaheserverid [[book](#)].

6 Audio Kodeerimine

6.1 Sissejuhatus

Esimene striimingmeedia rakendus, mis saavutas kasutajate hulgas populaarsuse, oli audioülekanne Internetis ehk „Interneti raadio“. Üheks tõukeks nn veebiraadiote levikul, sai ülemaailmne tunnustus MP3 formaadile, mis pole küll striiming formaat, kuid enamik populaarsemaid kodekeid suudab MP3 faile pakkida nõnda, et need sobivad striimimiseks. Audio striimimiseks tuleb sarnaselt videole läbida kolm protsessi:

- Eeltöötlus
- Digitaliseerimine
- Kompressioon
- Paketiseerimine

Audio kodeerimine võib tunduda küllaltki lihtne, kuid see on petlik mulje. Lihtsus kaob, kui on vajalik reaalaaja kodeerimine otseülekannete korraldamisel. Otseülekanndelt saadav audiomaterjal ei ole kvaliteetne, suurepäraselt miksitud, kontrollitud dünaamikaga CD plaat või DAT lint. Otse mikrofonidest salvestatud helipilt vajab täiendavat töötlust, saavutamaks striimingu jaoks vajalikku kvaliteeti. Sarnane probleem esineb ka näiteks raadioülekannete puhul, kus rakendatakse mitmeid sarnaseid ja aastakümneid tuntud võtteid.

6.2 Audio diskreetimine

Audiosignaali diskreetimise ehk digitaalsele kujule viimise esimeseks sammuks on analooglainevormi hetkeväärtuse salvestamine (*sampling*). Nagu ka kogu ülejäänud protsessil, korraldatakse seda regulaarse ajaintervalli tagant. Iga salvestatud hetkeväärtusega viiakse läbi kvantimisprotseduur, mille korral leitakse salvestatud väärtusele vastav kahendnivoo.

Kogu kahendnivoode arvu nimetatakse digitaliseerimisprotsessi eraldusvõimeks (*resolution*). Mida suurem eraldusvõime, seda täpsemini on võimalik diskreetimisel salvestada helisignaali dünaamikat, kuid seda suurem on ka salvestatud andmete maht. Nagu videopildi puhul, kasutatakse ka digitaalses audios mõistet bitisügavus. Helipildi bitisügavus määrab mitut bitti kasutati digitaalse audiosignaali ühe salvestatud väärtuse (*sample*) talletamisel. Professionaalsed rakendused vajavad tavaliselt 24 või sügavamalt eraldusvõimet.

Sekundis sooritatavate analoog-digitaal konverteerimiste arvu nimetatakse diskreetimissageduseks. Selle juures tuleb meeles pidada Nyquisti kriteeriumi, mille kohaselt signaali kuju korrektseks taastamiseks on vajalik selle diskreetimine signaali maksimaalsest sagedusest vähemalt kaks korda suuremal sagedusel. Paraku kasvab koos diskreetimissagedusega ka genereeritav andmehulk.

6.2.1 Impulssmodulatsioon

Suur osa diskreetimistehnoloogiatest kasutab impulssmodulatsiooni (*pulse-code modulation*). Sellise kodeeringu korral valitakse signaali eeldatav negatiivne piirväärtus nullnivooks ja eeldatav maksimaalne piirväärtus kasutusel oleva diskreetimise resolutsiooni maksimaalseks nivooks. Kui analoogsignaali tugevus ja vastav kahendnivoo on võrdelises sõltuvuses, nimetatakse seda lineaarseks impulssmodulatsiooniks. Kasutusel on ka teistsuguseid süsteeme, nagu näiteks G.711, mille puhul on kvantimisel nivoo valiku aluseks logaritmiline skaala. Standardi realisatsioonid, *μ-law* ja *A-law* kodeeringud, kasutavad küll logaritmilise skaala asemel tegelikult signaali sagedusala segmentideks jaotamist ning sellel lineaarse impulssmodulatsiooni rakendamist.

Kui üldjuhul on impulssmodulatsioon täisarvupõhine, siis mõningatel juhtudel leidis vanemates arvutites kasutust ka ujukomapõhised nivood. Selle põhjuseks oli fakt, et mõningate varajaste arvutite ujukoma töötlus oli täisarvude töötlustest suurema

jõudlusega. Tänapäevased audioformaadid nagu AIFF ja WAV toetavad ainult täisarvupõhist kodeerimist.

6.2.2 Diskreetimissagedused

Diskreetimissagedusest sõltub otseselt signaali taasesitamise võimalik maksimaalne sagedus. Näiteks on telefonis edastatav signaal filtreeritud (lõigatud) 3.2 kHz piirilt, seetõttu kasutatakse vastavas valdkonnas 8 kHz diskreetimissagedust. Professionaalsed helistuudiod vajavad aga 48 kHz või kõrgemat diskreetimissagedust. Allpool toodud tabel annab ülevaate mõningatest levinumatest arvutis kasutatavatest diskreetimissagedustest.

Sagedus (kHz)	Kirjeldus	MPEG-1	MPEG-2
8	G.711 telefonistandard (<i>i-law</i> ja <i>A-law</i> kodeering)	-	-
11	Pool, arvutis Macintosh kasutatavast sagedusest	-	-
16	G.722 kompressioonistandard, spetsifitseeritud MPEG-2 tarbeks	-	Madal
18.9	CD-ROM standard	-	-
22.05	Pool audio-cd sagedusest	-	Madal
22.254	Arvutis Macintosh kasutatav sagedus	-	-
24	Pool 48kHz sagedusest	-	Madal
32	EBU poolt standardiseeritud digitaalse raadio ja TV audiosignaal	+	+
44.1	Audio-CD	+	+
48	Professionaalsetes rakendustes kasutatav sagedus. DVD, DAT, AES-3	+	+

Tabel 6.1 Mõningad arvutis kasutatavad diskreetimissagedused

6.3 Audio kompressioon ja kodekid

Saavutamaks tänapäevastele striimingu rakendustele vastuvõetavaid andmeedastuskiirusi, kasutatakse audiosignaali pakkimisel kadudega (*Lossy*) algoritme. Selleks on kaks lähenemismeetodit, millest esimene kasutab vähemtähtsa informatsiooni eemaldamiseks psühhoakustilisi teadmisi ja teine audiosignaali statistilist liiasust. Mõlema meetodi korral on tegemist kompromissiga helikvaliteedi ja andmemahu vahel.

Audiokodekrite valikul on tavaliselt aluseks mitu parameetrit, mis sõltuvad tüüpiliselt soovitud tulemusest ja audiosignaali rakendusvaldkonnast. Viimased jagunevad kahte klassi: kõnekodekid ja üldised audiokodekid.

6.3.1 Kõnekodekid

Kõnekodekrite korral võib eristada nelja rakendusvaldkonda: ringhääling (*broadcast*), mobiilne kommunikatsioon, telefonikõne (*toll*), sünteetiline kõne.

6.3.1.1 Ringhäälingu kodekid

Ringhäälingu kodekit kasutatakse raadio ja televisiooni edastuste rakendustes. Tüüpiliselt on sellisel juhul audiokanali ribalaius 15 kHz ja diskreetimissagedus 32 kHz. Andmeedastuskiirused ületavad 64 kbit/s ja signaali dünaamiline diapsoon ületab 90 dB.

6.3.1.2 Mobiilse kommunikatsiooni kodekid

Tüüpiliselt leiavad sellised kodekid rakendust mobiiltelefonides ning on tuletatud telefonikõne kodekrite baasil. Viimastest eristab mobiilside kommunikatsiooni kodekeid madalam andmeedastuskiirus, mille tingib tänapäeval kasutatav mobiilside tehnika. Kuigi selliseid kodekeid on kvaliteedilt raske eristada telefonikõne kodekitest, on moonutuste hulk nende kasutamise puhul oluliselt suurem.

6.3.1.3 Telefonikõne kodekid

Nagu nimest tuleneb, on tegemist telefonikõne kvaliteedile orienteeritud kodekitega. Sagedusala on selliste kodekite puhul 200 – 3200 Hz, andmeedastuskiirus 16 kbit/s.

6.3.1.4 Sünteetilise kõne kodekid

Sünteetilise kõne kodekid on orienteeritud äärmiselt madalale andmeedastuskiirusele (4 kbit/s). Tüüpiliselt on nende puhul edastatav signaal ülitugevate moonutustega, kuid piisav kõnест arusaamiseks.

6.3.2 Üldised audiokodekid

Üldist audiosignaali on väga palju raskem kompresseerida kui tavalist inimkõnet. Tüüpiliselt rakendatakse selles valdkonnas heli pakkimiseks psühhoakustilisi eripärasid, eriti efekti, mida tuntakse maskimise nime all (*masking*). Tavaliselt jagatakse helisignaal sagedusaladeks, kasutades modifitseeritud diskreetset koosinusteisendust ning rakendatakse maskimist iga sagedusala piires. Sõltuvalt pakkimisastmest on vajalik erinev arvuti jõudlus, mis on üks üldiste audiokodekite klassifitseerimisparameeter. Teisteks on kodeerimisel tekkiv hilistumine, saavutatav audiokvaliteet ja kompressiooni tase.

Eraldi audiokodekitest tuleks mainida MPEG-1 3-kihi kompressioonistandardit mida tuntakse MP3 nime all. Kodeki eelisteks on lai andmeedastuskiirus, tugev kompressiooni aste ning vähesed nõuded jõudlusele audiosignaali taasesitamisel. MP3 on populaarseks saanud tänu Internetis levitatavatele muusikafailidele, kombineerides suhteliselt kõrge kvaliteedi piisavalt väikse failisuuruse juures. Kodek ei olnud küll originaalis mõeldud kasutamiseks striimingus, kuid on selleks lihtsalt kohandatav.

6.4 Audiotehnika

Vaatamata üleüldisele digitaliseerumisele, on kasutusel väga palju analoogaudio seadmeid, millest mitmed on disainitud töötama koos arvutiga. Selle põhjuseks on

tõenäoliselt professionaalsete digitaalsete audioseadmete suhteliselt kallis hind, mis on tingitud digitaalse audiosignaali professionaalse töötlemise tehnilisest keerukusest, kus probleemid võivad tekkida nii hilistumise kui ka signaalitöötusega. Uuemad seadmed on tavaliselt küll segu audio- ja digitaaltehnikast ning sisaldavad spetsiaalseid raudvaralisi lahendusi.

Tõeliselt kriitiliste ülekannete korral tuleb kogu kasutatavat tehnoloogiaparki üsna põhjalikult uurida eriti kui see sisaldab tavatarbijale mõeldud komponente. Näiteks võib probleemiks osutuda tundlikkus raadiolainete suhtes, mille vastu professionaalsed seadmed on tavaliselt väga hästi kaitstud.

7 Video kodeerimine

7.1 Sissejuhatus

Kodeerimine on videosignaali töötlus, mille tulemusena saadakse striimingmeedia fail. Selleks tuleb signaali kõigepealt sobivasse formaati digitaliseerida, seejärel kompresseerida, paketiseerida ja lõpuks viia striimingmeedia kujule. Kodeerimine koosneb mitmest etapist. Esiteks salvestatakse tavaline video või telesignaal digitaalkujule, nii et seda on võimalik arvuti poolt töödelda. Tavaliselt salvestatakse fail AVI (*audio – video interleaved*) formaadis. Juhul kui tegemist on reaalaja ülekandega, toimub andmete digitaliseerimine tavaliselt kohapeal, salvestatud materjali digitaliseerimine toimub aga enamasti spetsiaalselt selleks ettenähtud stuudios.

Probleemiks digitaalse video signaali salvestamisel on erinevate sisendsignaalide standardid. Sisendsignaalid võivad olla nii digitaal- kui analoogkujul, millel mõlemal veel suur hulk alamformaate. Veelgi suuremaks probleemiks võib osutuda salvestatud materjali korral lai valik erinevaid meediume, alates paljudest erinevatest videokassetidest ja lõpetades DVD plaadiga. Sama probleem eksisteerib ka audioformaatidega, mida tüüpiliselt edastatakse tänapäeval minidiskil, DAT lindil, CD-l ja ka helikassetil.

Kodeerimise teine etapp on videomaterjali skaleerimine ja andmete kompressioon [book].

7.2 Videosignaali skaleerimine

Arvestades arvutivõrkude piiratud ressursse, on alati vajalik leida kompromiss pildi kvaliteedi ning edastatava info mahu vahel. Lihtsaim moodus edastatava video andmemahu vähendamiseks on skaleerimine. Skaleerimistehnoloogia koosneb

kolmest erinevast meetodist: resolutsiooni vähendamine, ajaline skaleerimine ja värvilahutuse skaleerimine.

7.2.1 Skaleerimismeetodid

7.2.1.1 Resolutsiooni vähendamine

Digitaalse videosignaali resolutsiooni vähendamine on meetod dimensiooniliseks skaleerimiseks ning selle rakendamine ei esita arvutile suuri jõudlusnõudeid. Tüüpilised hetkel kasutatavad striimingresolutsioonid on 320 x 240 või 176 x 144 punkti. Need resolutsioonid vähendavad pildi suuruse, võrreldes normaalse televisiooni resolutsiooniga, vastavalt 4 ja 8 korda väiksemaks.

Järgnevalt näited mõningatest levinumatest digitaalse video formaatidest:

Video formaat	Resolutsioon	Kaadri sagedus	Diskreetimissuhe	Rakendus
CCIR-601 (PAL)	720 x 576	25	4:2:2	Tavateleviseioon, DVD
SIF (NTSC)	352 x 240	30 progressiivne	4:2:0	CD-ROM
SIF (PAL)	352 x 288	25 progressiivne	4:2:0	CD-ROM
CIF	352 x 288	30 progressiivne	4:2:0	Video konverents, striiming video
QCIF	176 x 144	30 progressiivne	4:2:0	Videotelefon, striiming video
<i>SIF (Standard Interface Format); CIF (Common Interface Format); QCIF (Quarter Common Interface Format)</i>				

Tabel 7.1 Digitaalse video formaadid

7.2.1.2 Ajaline skaleerimine

Tavaline televisioon kasutab pildi edastamiseks 25 või 30 kaadrit sekundis, sõltuvalt kas kasutatakse PAL/SECAM või NTSC standardeid. Kinofilmis on kasutusel 24 kaadrit sekundi kohta. Ajaline skaleerimine vähendab sekundis edastatavate kaadrite

arvu, kusjuures arenenumad tehnoloogiad suudavad dünaamiliselt kaadrite arvu korrigeerida.

7.2.1.3 Värvilahutuse skaleerimine

Värvilahutuse skaleerimine seisneb ühel punktil kasutatavate värvide arvu vähendamises. Selle tulemusena on ühe punkti värvi edastamiseks vajalik väiksem andmehulk. Paraku, nagu ka teiste skaleerimismeetodite korral, väheneb edastatava kujutise kvaliteet, kuna väheneb kasutatavate värvide hulk. Väga väikese värvisügavuse korral esineb pildi moonutus, mida tuntakse “postri” (*posterization*) efekti nime all.

AVI formaat	Värvisügavus			Täiend	Baiti piksli kohta
	R	G	B		
RGB32	8	8	8	8	4
RGB24	8	8	8		3
RGB16	5	6	5		2
RGB15	5	5	5	1	2
RGB8	Indekseeritud värvipalett				1

Tabel 7.2 AVI formaadid

Tavaliselt on kõik kolm skaleerimismeetodit realiseeritud eriotstarbelisel raudvaral, mis suudavad seda ülesannet täita arvuti protsessorist oluliselt suurema efektiivsusega. Selle põhjuseks on videosignaali töötlemise eripärad, mis eeldavad teatud raudvaralist spetsiifikat [[book](#)].

7.3 Videosignaali kompressioon

Tüüpiline skaleeritud video on tavaliselt siiski liiga suur, et seda tänapäevastes kommunikatsioonikanalites oleks võimalik reaalajas edastada. Sellest ülesaamiseks on kasutusele võetud videosignaali kompressioon ehk kokkupakkimine.

Kompressiooni eesmärk on vähendada videosignaali esinevat liiasust. Tüüpiliselt tehakse seda kasutades teatava infokaoga algoritme, st pakkimisel läheb teatud osa videosignaali informatsioonist kaduma. Sellega langeb ka kujutise kvaliteet, seega nagu ka skaleerimise puhul on kadudega kompressioon alati kompromiss video suuruse ja kvaliteedi vahel.

7.3.1 Kompressiooni meetodid

Põhimõtteliselt eristub kaks erinevat videosignaali pakkimise meetodit: kaadrisisene (*intra-frame*) ja kaadrite vaheline (*inter-frame*) pakkimine.

7.3.1.1 Kaadrisisene kompressioon

Nagu ka nimest võib järeldada, on kaadrisisene pakkimine meetod, kus kasutatakse staatilise pildikompressiooni tehnoloogiaid. Üks levinumaid on M-JPEG, mis on väga efektiivne ning paindlik kompressiooni formaat, kuid kadudega pakkimisalgoritmide tõttu võib tulemus olla erinev ja seda nii pakkimiseefektiivsuse kui pildi kvaliteedi poolest ning sõltub visuaalsest materjalist.

7.3.1.2 Kaadrite vaheline kompressioon

Järjestikused videokaadrid sisaldavad tavaliselt äärmiselt vähe erinevat informatsiooni. Seda kasutavad ära kaadritevahelise kompressiooni algoritmid, mis salvestavad järjestikuste kaadrite korral ainult muutuva informatsiooni. Mõnikord nimetatakse sellist pakkimismeetodit ka ajaliseks kompressiooniks. Tüüpiliselt vähendab selline pakkimismeetod videosignaali infomahtu kuni 3 korda.

7.3.2 Pakkimisalgoritmid

Nagu mainitud, kasutavad enamus tänapäevaseid videosignaali pakkimisalgoritme kadudega (*Lossy*) pakkimismeetodeid. Lisaks on olemas ka kadudeta (*Lossless*) algoritmid, kus pakkimisprotsessi käigus säilib kogu informatsioon. Sellisel juhul kasutatakse ära signaali korduvaid “informatsiooni mustreid”, mida on võimalik

lühendada neid eriviisil kodeerides. Paraku on selliste algoritmide efektiivsus ebapiisav.

Kõikide kadudega pakkimisalgoritmide eesmärk on vähendada signaali andmemahutu ilma inimsilmale oluliste objektide kvaliteeti tuntavalt vähendamata. Just nimelt “tuntavalt”, kuna inimsilm ei taju väikeseid muutusi pildikvaliteedis. Näiteks on väga suur vahe kinos kasutataval 70 mm filmilindil ja videolaenutusest võetaval VHS kassetil, kuid ometigi vaadatakse mõlemaid rõõmuga.

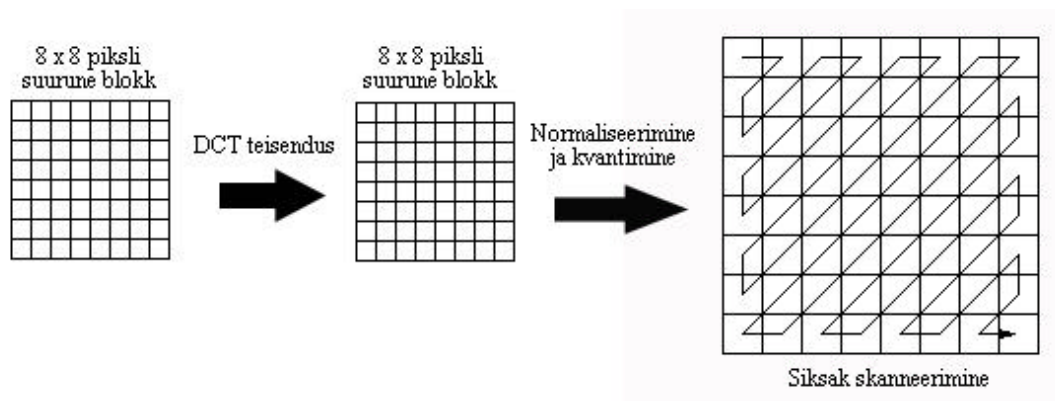
Kaadrisisese pakkimise puhul kasutatakse mitmeid erinevaid lähenemisi info kodeerimiseks ja pakkimiseks. Kõige lihtsam neist on ruumiline kvantimine, kuid sellise lähenemise puhul esineb ühtlaste toonidega piltide korral tugev “postri” efekt. Alternatiivne meetod on vektorkvantimine, kus võetakse aluseks grupp pikseleid korraga. Teoreetiliselt on sellise meetodi puhul pakkimisefektiivsus suurim, kuid tegelikkuses pole seda meetodit lihtne realiseerida suure nõudluse tõttu arvutusjõudlusele.

Teine alternatiiv on teisenduskodeerimine, mis võib olla sama efektiivne kui vektorkvantimine, aga pole nii suurte jõudlusnõuetega. Selle meetodi korral konverteeritakse grupp ruumiliselt kõrvuti asetsevad pikseleid sagedusdomeeni. Kuigi vastavaks teisendusprotsessiks on pakutud mitmeid erinevaid lahendusi, on valdavalt kasutusel diskreetne koosinusteisendus, millest järgnevalt veidi lähemalt.

7.3.2.1 Diskreetne koosinusteisendus

Digitaalses pildi- ja videotöötlusel kasutatakse sageli diskreetset koosinusteisendust DCT (*Discrete Cosine Transform*), mis on kaadrisisene meetod ja mille ülesandeks on vähendada kaadri ruumilist infoliiasust. DCT korral jagatakse pakitav kaader 8 x 8 piksli suurusteks blokkideks (piisavalt väike osa pildist, mis suure tõenäosusega osutub ühtlaseks) ja teisendus tehakse blokkide kaupa. Igale blokile rakendatakse diskreetset koosinusteisendust. Sellele järgneva kvantimise käigus eemaldatakse üleliigne informatsioon. Andmevoo edasiseks vähendamiseks rakendatakse seejärel

kadudeta pakkimise meetodeid. Blokk skaneeritakse siksaki kujuliselt vasakult paremale.



Joonis 7.1 Diskreetne koosinusteisendus

Kuigi diskreetne koosinusteisendus on olnud väga edukas, on kasvanud nõudlus teiste pakkimisalgoritmide järele, millel puuduvad koosinusteisenduse miinused. Viimasel ajal on alternatiiviks kujunenud "lainekeste" meetod, mida kasutab näiteks JPEG2000 formaat.

Eelnevalt loetletud pakkimisalgoritmide põhinesid videosignaali lainevormide kodeerimisel. Vastavalt kasvavale arvutusvõimsusele on esile kerkinud ka mitmeid signaali visuaalset sisu analüüsivaid algoritme. Nendest võib esile tuua kolm peamist: fraktaalne kodeerimine, objektipõhine kodeerimine ja entroopiakodeering.

7.3.2.2 Fraktaalne kodeerimine

Fraktaalne pakkimine (*Fractal compression*) põhineb faktil, et teatud pildiosad meenutavad teisi samal pildil esinevaid osasid. Seega otsivad sellised meetodid välja sarnased regioonid ja rakendavad fraktaalseid algoritme nende regioonide kirjeldamiseks.

7.3.2.3 Objektipõhine kodeerimine

Objektipõhine kodeerimine (*Object based coding*) kirjeldab videokujutises esinevaid objekte ning nende omadusi. Rakendades objektide tavapäraseid pakkimisalgoritme nagu diskreetne koosinusteisendus või lainekeste meetod, saavutatakse suurem pakkimiseefektiivsus.

7.3.2.4 Entroopiakodeering

Entroopiakodeering (*Entropy coding*) on mõnes mõttes sarnane kadudeta algoritmide tööpõhimõtetele, kus sagedamini esinevad bitijadad kodeeritakse eelisjärjekorras lühemaid koode kasutades. Esimene entroopiakodeeringut kasutav meetod loodi ammu enne arvuteid. Selleks oli telegraafides kasutatav morsekood [[book](#)].

7.4 Kodekid

Striimingmeedia kontekstis on verb “kodek” kompressiooni ja dekompressiooni akronüüm. Kodek on algoritm või tarkvaraline arvutiprogramm, mis kaotab suurtest multimeediumi failidest liiasuse, pakkides need kompaktsesmasse striiming formaati. Dekompressiooni jaoks on vajalik dekooder ja multimeedia pleier, mis on installeeritud lõppkasutaja arvutisse.

Kodekeid on sümmeetrilisi ja asümmeetrilisi. Sümmeetrilised kodekid nõuavad tavaliselt vähem arvuti protsessori jõudlust ja on tõhusamad. Samas on striimingmeedia kodekid tavaliselt asümmeetrilised, mis tähendab, et kodeerimisprotsess on palju enam arvuti jõudlust nõudev kui dekodeerimisprotsess.

Eksisteerib väga palju erinevaid kodekeid. Mõned, mille eesmärgiks on vähendada edastatava videomaterjali mahtu, leiavad rakendust Internetis. Teised on loodud maksimaalselt ära kasutama etteantud failisuurust. Selliseid kodekeid kasutatakse näiteks CD-ROM multimeedia rakendustes.

7.4.1 Tuntumad kodekid

Tänapäevased videokodekid on üldjuhul pärit kahest erinevast tööstusvaldkonnast – telekommunikatsioon ja multimeedia. Allpool on loetletud mõned tuntumatest kodekitest.

7.4.1.1 H.261

H.261 on ajaloolise taustaga kodek, mida kasutatakse tänapäevani videokonverentside läbiviimisel. Just sellest standardist sai alguse MPEG-1. Kodek on optimeeritud videotelefonide ning videokonverentsi seadmete tarbeks ja mõeldud töötama ISDN telefoniliinil. H.261-te iseloomustab lühike töötlushilistumine, mis on vajalik reaalaaja rakenduste korral. Standard määrab kaks erinevat pildisuurust: üldise liidese formaat CIF (*Common Interface Format*) resolutsiooniga 352 x 288 pikslit ja neljandik sellest QCIF (*Quarter CIF*) resolutsiooniga 176 x 144 pikslit. Andmeedastuskiirused varieeruvad 64 Kbit/s – 2 MB/s. Kodek kasutab DCT-1 baseeruvat pakkimist [\[book\]](#).

7.4.1.2 H.263

H.263 on H.261 edasiarendus, mis on suunatud madala andmeedastuskiirusega rakendustele. Standard loodi 1992. aastal. Eesmärgiks oli luua standard, mis oleks võimeline töötama tollel ajal levinud 28.8 Kbit/s modemitel. H.263 toetab viit pildi resolutsiooni: SQCIF, QCIF, CIF, 4CIF ja 16CIF. H.263 andmeedastuskiirused jäävad vahemikku 8 Kbps kuni 1.5 Mbps. H.263 oli baasstandardiks MPEG-4 loomisel [\[book\]](#).

7.4.1.3 MPEG-1

MPEG-1 oli esimene laiemalt levinud kodek multimeedia rakenduste valdkonnas. Seda standardit on kasutatud väga kaua CD-ROM-idel paikneva audio-visuaalse informatsiooni esitlemiseks. Normaalsuure resolutsioon MPEG-1 korral on erinev sõltuvalt, kas tegu on PAL või NTSC süsteemidega. Esimesega on resolutsioon 352 x 288 pikslit ning kaadrisagedus 25 kaadrit sekundis. NTSC süsteemis on kasutusel 352 x 240 pikslit ja 30 kaadrit sekundis. Nagu ka H.261, kasutab MPEG-1

videosignaali pakkimisel diskreetset koosinusteisendust ning hübriidi kadudega ja kadudeta pakkimisest. Standardid võtavad arvesse inimsilma piiratud lahutusvõimet ja eemaldavad videost inimsilmale märkamatu informatsiooni. MPEG-1 andmeedastuskiirus on kuni 1.5 Mbit/s ja standard ei toeta striimingut[[book](#)].

7.4.1.4 MPEG-2

Edusammud telekommunikatsiooni- ja arvutitööstuses suurendasid nõudlust kõrge resolutsiooniga kvaliteetse digitaalse telepildi edastamiseks. Standardi eesmärgiks oli välja vahetada erinevad analoogseadmed, nagu näiteks videomakid. MPEG-2 põhilised rakendused kasutavad suuremat ribalaiust kui 4 Mbit/s. Standardi täiendusena lisati tugi kõrgresolutsioonilise televisiooni tarbeks, mis võimaldas kasutada 80 Mbit/s andmeedastust. Nimetatud laiendused plaaniti esialgu välja anda eraldi standardina MPEG-3, kuid hiljem otsustati MPEG-2 lihtsalt laiendada [[book](#)].

7.4.1.5 MPEG-1 ja MPEG-2 kodeerimine

Väga paljud kaadrid videos on sarnased eelmisele ja järgmisele kaadrile. MPEG kompressioon kasutab sellist "liiasust" kodeerimise juures ära – edastatakse ainult informatsiooni, mille poolest hetkel näidatav kaader erineb eelmisest või/ja järgmisest pildist. Seda nimetatakse kaadrite vaheliseks kodeerimiseks (*inter-picture coding*). MPEG kompressiooni korral on võimalikud kolme tüüpi pildid: I-kaadrid, P-kaadrid ehk ennustatavad ja B-kaadrid ehk kahesuunaliselt ennustatavad [[book](#)].

I-kaadrid (*Intra Coded Pictures*)

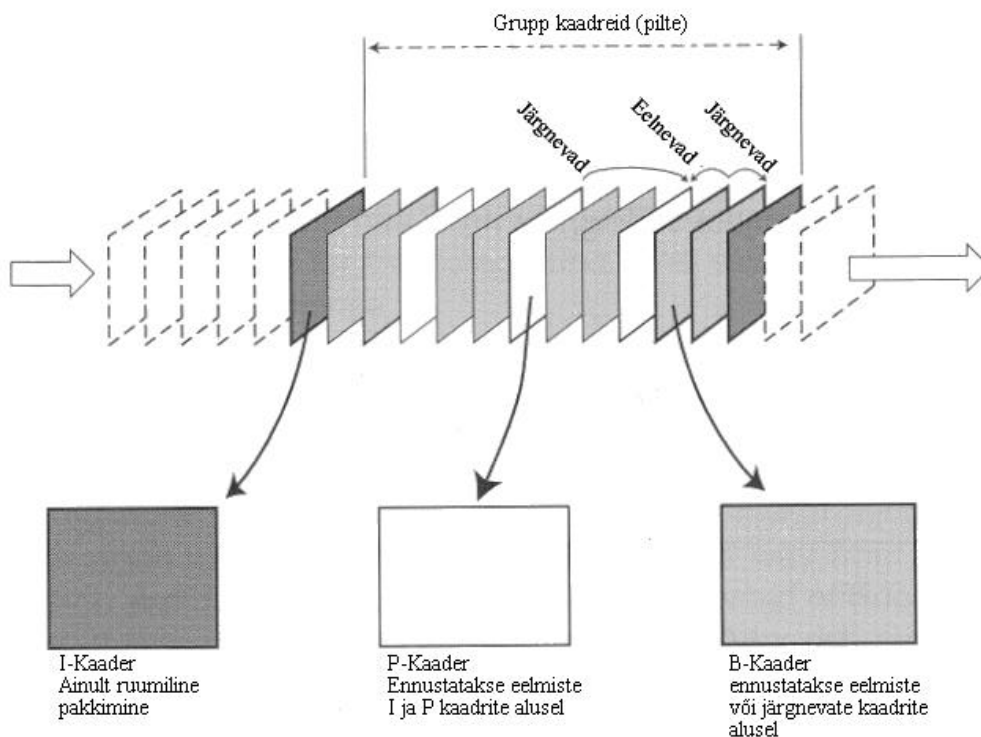
I-kaadrid kodeeritakse sõltumatult teistest kaadritest. Kasutatakse JPEG – pakkimisega analoogset meetodit: Kõigepealt jagatakse pakitav kaader 8x8 piksli suurusteks tükkideks, millele rakendatakse diskreetset koosinusteisendust. Sellele järgneva kvantimise käigus eemaldatakse üleliigne informatsioon. Andmevoos edasiseks vähendamiseks rakendatakse seejärel kadudeta pakkimise meetodeid. I-kaadrid võimaldavad suvapöördust videovoos.

P-kaadrid (*Predictive Coded Pictures*)

P-kaadrite pakkimisel võetakse arvesse, et kaks järjestikust kaadrit ühes videos võivad olla väga sarnased. Sama informatsiooni topelt edastamine on mõttetu, kavalam on kasutada järgmist kaadrit eelmistest I- või P-kaadritest tuletada võimaldavaid meetodeid. P-kaadri dekodeerimiseks on vajalik kõigi kaadrite olemasolu, millest ta sõltub. See-eest on aga pakitavuse aste tunduvalt parem kui tavalisel I-kaadril.

B-kaadrid (*Bidirectionally Predictive Coded Pictures*)

Kui P-kaadrite tuletamiseks kasutatakse vaid minevikust pärit informatsiooni, siis B-kaadrid koostatakse nii neile ajas eelnevate kui ka järgnevate kaadrite põhjal. B-kaadritel on parim pakitavuse aste, kuid neid ei saa kasutada ühegi teise kaadri tuletamiseks.



Joonis 7.2 I, P ja B kaadrid MPEG kodeerimisel

Mida rohkem on videovoos I-kaadreid, seda parem on video kvaliteet. P- ja B-kaadrite puhul teostatav eelmistest kaadritest tuletamine toob kaasa ka teatud informatsiooni kaotamineku ja nende liiga ohtra rakendamise korral muutub pildist

pilti kasvav viga väga suureks. Samuti on suvapöörduse videos realiseerimine võimalik vaid teistest sõltumatute kaadrite abil. Ainult I-kaadrite kasutamine tooks kaasa ülisuured videofailid, sest oma iseloomult on nende näol tegu üksikpiltidega.

7.4.1.6 MPEG-4

Kui MPEG-1 oli välja töötatud CD-ROM esitluste jaoks ja MPEG-2 televisioonisaadete edastamiseks, siis peagi tekkis vajadus ühtse standardi järele, mida oleks võimalik kasutada alates madalakvaliteedilistest mobiilsetest pihuseadmetest kuni kõrgresolutsiooniga kodukinoni. Võrreldes MPEG-1 ja MPEG-2 pakub MPEG-4 videotootjatele ja vaatajatele palju uusi võimalusi ning võimaldab kiiresti avardada digitaalse video leviala. MPEG-4 on esimene MPEG standard, mille osaks on striiming. Striimingu omapärad ei ole seotud videomaterjali pakkimismeetodiga, vaid kasutatud ajatembeldamisega. Tänu MPEG-4 kasutatavale ajatembeldamise algoritmidele võib striimi serveriv arvuti juhtida striimi andmeedastuskiirust. MPEG-4 on väga paindliku andmeedastuskiirusega, alates 5 Kbit/s ning lõpetades 50 Mbit/s.

MPEG-4 kohta öeldakse, et see on keerukaim multimeediastandard. Esmakordselt multimeediastandardite ajaloos on selle standardi juures püütud leida vahendeid intellektuaalse omandi haldamiseks ja kaitseks. MPEG-4 võimalikud rakendusvaldkonnad oleksid näiteks digitaaltelevisioon, striimingmeedia rakendused, mängud, ja mobiilne multimeedia.

MPEG-4 kodeerimine

Videostandardi MPEG-4 üheks suurimaks erinevuseks ja eeliseks võrreldes tema eelkäijatega, on tavalise, ühest videovoost ja ühest või mitmest audiovoost koosneva video asendumine erinevatest meediaobjektidest koosnevate audiovisuaalsete stseenidega. Kõik meediaobjektid kodeeritakse ja edastatakse eraldi infovoogudega, mis võimaldab sisul baseeruvat lähenemist videole. See võimaldab liita kokku erineva taustaga materjale, nagu video, tekst, graafika, dünaamilisi 3D kujutisi ja spetsiifilisi objekte (nt inimese nägu), kõnet ja muusikat.

Meediaobjekt ei pea olema kodeeritud kui üks tervik. Kasutada võib kihilist kodeerimist: kodeeritakse üks baaskiht ja mitu laienduskihti. Kui baaskiht kannab endas meediaobjekti põhikarakteristikat, siis laienduskihid lisavad detaile. Selline lähenemine teeb MPEG-4 video kergesti skaleeritavaks erineva võimsusega arvutite ja võrkude jaoks. Näiteks võib baaskiht koosneda iga sekundi järel vahetuvatest videokaadritest. Liikumise sujuvamaks muutmiseks tuleks dekodeerida laienduskiht. Ka võib meediaobjekte jätta renderdamata või edastamata, sõltuvalt nende prioriteedist ja kasutada olevatest tehnilistest võimalustest.

Primitiivsete meediaobjektide ühendamisel moodustub MPEG-4 stseen. Iga MPEG-4 videoga tuleb kaasa erinevatest andmevoogudest pärinevate meediaobjektide ühtseks pildiks sidumise juhiseid. Stseenide kirjeldamiseks kasutatakse keelt BIFS (*Binary Format for Scene*).

Objektidega saab sooritada mitmeid tegevusi. Neid võib asetada suvalisse kohta koordinaatteljestikus, neile võib rakendada erinevaid teisendusi ja vallandada terve sündmuste jada näiteks klõpsates hiirega ühele meediaobjektidest. Teisisõnu – audiovisuaalsete objektide hierarhia on dünaamiline. Tegevusvabadus sõltub autori tahtest ning kasutatavate seadmete ja transpordivahendite jõudlusest.

MPEG-4 võimalused visuaalsete objektidega varieerimisel on suured. Viimased võivad olla nii naturaalsed kui sünteetilised, võimalusele kodeerida tavalisi, täisnurkseid pilte, lisandub võimalus salvestada suvalise kujuga pilte, standard toetab animatsioonide salvestamist.

7.4.1.7 MPEG-7

MPEG-7 on standardiseeritud süsteem, mis on loodud kirjeldama audio-visuaalset sisu, millest tuleneb ka tema teine nimetus – *Multimedia Content Description Interface*.

MPEG-7 standard lubab, et multimeedia otsimine veebist on niisama lihtne, kui näiteks tekstifailide otsimine. MPEG-7 on metadata standard, mis baseerub XML

skeemidel (*XML Schema*). Standardi eesmärk on kirjeldada multimeedia sisu iseloomustavaid omadusi ja teha kättesaadavaks kompleksed, audio-visuaalset sisu kirjeldavad töövahendid. Multimeediumi sisu kirjeldavad vahendid baseeruvad loetelul (tiitel, looja, õigused), semantikal (kes, mida, millal ja kus informatsioon objekti või sündmuse kohta) ja struktuuril [[mpeg7](#)].

7.4.2 Tootjaspetsiifilised kodekid

Lisaks eelloetletutele, on kasutusel veel mitmed tootjaspetsiifilised kodekid, milledest olulisemad on RealNetworks, Windows Media ja Apple QuikTime.

7.4.2.1 Apple QuikTime

QuikTime on Apple'i multimeedia platvorm, mis algselt töötati välja CD-ROM publitseerimise tarbeks. QuikTime põhilised omadused:

- Mitu erinevat distributsioonikanalit - WWW, CD-ROM, DVD, lairiba, interaktiivsed kioskid, presentatsioonid
- Toetus nii Windows kui Mac platvormile
- Laialdased interaktiivsed võimed
- Oskab sünkroniseerida multimeediasse graafikat, videot, teksti, muusikat, 3-D kujutisi ja virtuaalreaalsust.

QuikTime on baasiks MPEG-4-le

7.4.2.2 RealNetworks

RealNetworks on striimingmeedia lahenduste pioneeriks. Olulisemaks erinevuseks RealNetworksi kodekitel on toetus Flashi animatsioonidele ning SMIL-le, mis lubab striimingmeedia autoritel sünkroniseerida striimingvideo teiste multimeedia liikidega, nagu teksti, graafika ja audioga. Seda kodekit kasutatakse sageli reklaamitööstuses.

7.4.2.3 Windows Media

Windows Media tehnoloogia on Microsofti kompleksne lahendus multimeedia ülekanneteks Internetti. Arhitektuur sisaldab terve hulga erinevaid tooteid, kodeerimiseks, serverimiseks, distributeerimiseks. Lisaks on Windows Media toodetele integreeritud õiguste kaitse süsteem.

Windows Media kodekid versiooninumbriga 7 ja 8 on hästi kasutatavad loomaks nn “valikulise striimi” (*on-demand*) rakendusi.

Kõige oodatumaks uuenduseks striimingmeedia valdkonnas on Microsofti kolmanda põlvkonna meediaplatform koodnimega Corona. Hetkel ei ole veel väljastatud ühtegi kodekit ja saadaval on vaid teoreetiline informatsioon. Samuti puuduvad detailsed spetsifikatsioonid. Microsofti enda poolt edastatud lubadustest võib aga välja lugeda alljärgnevat omadusi:

- Parandatud videokompressiooni meetodid – võimaldavad kvaliteetsemat pilti edastada väiksemal kanalil, teoreetiliselt lubab Microsoft pakkida terve DVD sisu ühele CD-le. Kui arvestada, et tüüpiline DVD mahutab umbes 4 GB ja CD vaid 640 MB või 700 MB, siis on tegemist väga heade tulemustega. Lubaduste järgi jäävat ka kvaliteet samaks, mis on DVD-l. Kui võtta arvesse, et antud sisu on veel striimitav, peaks see täielikult muutma Internetimeedia kontseptsiooni.
- Ruumiline heli – see oleks esimene striimingmeedia platvorm, mis on võimeline edastama 6-kanalilist ruumilist heli. See võimaldaks kodukino süsteemide omanikel nautida kõrgekvaliteedilist muusikat, mis siiani on olnud kättesaadav vaid tippaseme kinodes.

Microsoft on pidevalt täiustanud oma seisukohti ja tehnoloogiaid ning nüüdseks tundub et Corona lubab oma saabumisega muuta täielikult inimeste arvamust striimingmeediast, mis siiani on siiski veel väljendanud mõningast skeptitsismi. Jääb vaid üle oodata Corona täielikku väljatulekut, et veenduda ka reaalselt kõikide Microsofti poolt esitatud lubaduste realiseerumises.

8 Striimingmeedia eeltöötlus

Striimingmeedia eeltöötlus (*pre-processing*) on täiendav samm, mida tuleks rakendada enne audio- ja videomaterjali kompressiooni, saavutamaks parimat heli ja pildi kvaliteeti, arvestades taotletavat striimi edastuskiirust. Eeltöötlus võib olulisel määral mõjutada kompressioonikodeki efektiivsust.

8.1 Videomaterjalis sisalduva müra vähendamine

Üheks peamiseks eeltötluse eesmärgiks videomaterjali korral on vähendada selles sisalduvat müra (*noise*), mis avaldab eriti teravat mõju kompressiooni efektiivsusele. Digitaalkaamerate puhul on müratase madal ning erilist probleemi tavaliselt ei tekita. Analoogete korral on aga müra praktiliselt paratamatu. Kompressioonikodekid kasutavad ära fakti, et videopildis esinevad ühtlased pinnad ja objektid, mis on üle kaadrite suhteliselt muutumatud. Kui aga videomaterjal on halva kvaliteediga, interpreteerib kodek mürast tingitud erinevusi kui infomuutust ja seega langeb kompressiooni efektiivsus märgatavalt.

Müra allikaid on mitmeid. Need võivad olla põhjustatud juhuslikest suurustest, nagu elektromagneetilised lained või filmi defektid. Näiteks langeb videokasseti kvaliteet iga vaatamiskorraga, satelliidipildis tekivad sagedusmodulatsioonist põhjustatud häired ja traditsiooniline tselluloidpõhine filmilint saab kergesti kraabitud ning kaetud tolmuosakestega. Kõikidele nendele müraallikatele on erinevad eemaldamistehnoloogiad, kuid alati pole lihtne saada head tulemust ilma pildi kvaliteeti kahjustamata. Näiteks tugevatoimeline filtreerimine põhjustab liikuvate objektide moonutusi, hägustades nende piirjooni.

8.1.1 Video filtreerimine

Põhimõtteliselt on kasutusel kolme tüüpi filtreid videomaterjali eeltötlusel: mediaan, klotsfilter ja rekursiivne filter.

8.1.1.1 Mediaan filter

Mediaan filter (*median filter*) pärsib impulssmüra, milleks võib olla pildivahetustest tekkivad väljalöögid. Impulssmüra on tavaliselt kas must või valge müra. Spetsiaalne detektor eraldab impulssmüra pildi informatsioonist ja mediaani filter asendab selle „mürase“ piksli ümbritsevat pikslite keskmistatud väärtusega. Mediaani eelisteks on, et videomaterjalis sisalduvate objektide piirjooned ei hägustu.

8.1.1.2 Klotsfilter

Klotsfilter (*brick-wall filter*) eemaldab teatud kõrgemaid sagedusi, mille hulka kuuluvad ka elektriline müra ja filmilindi teralisusdefektid. Kuna selline filter ühtlustab impulssmüra tuleks seda kasutada alles peale mediaani rakendamist.

8.1.1.3 Rekursiivne filter

Rekursiivseid filtreid (*recursive filter*) kasutatakse juhusliku elektrilisuse ja filmilindi teralisuse poolt tekitatud müra eemaldamiseks. Tüüpilisel videomaterjalil on kahe kaadri erinevus tingitud põhiliselt müra poolt lisanduvast informatsioonist. Rekursiivsed filtrid keskmistavad informatsiooni üle järjestikuste kaadrite saavutades sellega müra vähenemist. Paraku peab sellele filtrile lisama liikuvate objektide analüüsimise algoritmid, kuna vastasel korral kaasneb filtri rakendamisega tugev vastavate objektide hägustumine. Parema tulemuse saavutamiseks rakendatakse mõnikord adaptiivseid rekursiivseid filtreid, mis töötlevad ainult ettemääratud pildi osasid.

Mõnikord on vaja videomaterjalile rakendada ka pilti teravdavaid filtreid (*Sharpening*). Nende kasutamine on komplitseeritud, kuna tavaliselt kaasneb teravdamisega ka müra lisandumine [[book](#)].

8.2 Videonivoode ühildamine

Kaheksabitine televisiooni kodeering ei kasuta kõiki erinevaid 256-te taset. Analoogetelevisiooni lainevormi on kodeeritud sünkronisatsioonisignaali, mis asetseb madalamal musta värvi sagedusest. Komposiit NTSC ja PAL kodeeringud kasutavad

valge värvi sagedusest kõrgemaid sagedusi, andmaks edasi moduleeritud värviinformatsiooni. Kuna eelpooltoodut arvestades pole võimalik 8-bitisel kodeeringul ületada alumisi (musti) ega ülemisi (valgeid) piire, kodeeritakse standardites nagu BT 601 pildi heledust 220 erineva tasemega. Arvutis kuvatav video kasutab ära aga kõiki 256 erinevat taset ja seetõttu on vajalik heleduse skaleerimine. Heleduse reguleerimiseks on kasutusel kolm mõistet. Musta värvi taseme seadistamist nimetatakse „tõstmiseks“ ja seda võiks võrrelda heleduse reguleerimisega arvuti monitoril. Valge taseme väärtuse seadmine ehk võimendamine tekitab kontrasti reguleerimisele sarnase nähtuse. Gamma ehk kontrastsusteguri seadistamine määrab funktsiooni, mille alusel valitakse musta ja valge heledustaseme vahele jäävad väärtused. Kasutusel on kaks erinevat gamma standardit: Macintosh arvutitel kasutatav 1.8 ja Windows PC-l kasutatav 2.2. Sellest johtuvalt on sama kodeeringuga videopilt Windows PC arvutitel tumedam ning tihti kasutatakse seetõttu kompromissvariandina gamma 2.0 [[book](#)].

8.3 Kaadrilaotuse muutmine

Televisioonisignaali kasutab ülekattuvat kaadrilaotust, samas PC üldjuhul progressiivset. Sellest tulenevalt on progressiivse kaadrilaotusega ka kõik striimingu formaadid ning kodeerimisel tuleb teostada vastav konverteerimine. Ülekattuva kodeeringu korral antakse kahe järjestikuse kaadriga edasi pildi paaritud ja paaris read, näiteks NTSC standardi korral iga 16 ms tagant. Progresseeruva kaadrilaotuse korral tuleb need kaks kaadrit omavahel ühendada, mis aga liikuvate objektide korral tekitab horisontaalsuunalisi moonutusi. Vastavat konverteerimist teostavad kodekid kasutavad seetõttu spetsiaalseid filtreid, mis ühtlustavad erinevaid kaadriridu [[book](#)].

8.4 Audio filtreerimine

Audio eeltöötlemiseks kasutatakse erinevaid filtreerimistehnoloogiaid, millest tuntumad on normaliseerimine (*equalization*), dünaamilise diapasooni vähendamine, dünaamilise diapasooni piiritlemine ja müra vähendamine.

8.4.1 Filtreerimise liigid

8.4.1.1 Normaliseerimine

Normaliseerimist (*equalization*) kasutatakse tänapäeva audiotehnikas laialdaselt. Selle eesmärgiks on kompenseerida originaalsalvestise teatavaid sagedusdefitsiite, rakendades signaali diapasooni muutmist teatud sagedusriba kaupa. Seda tehnoloogiat tuleb kasutada ettevaatusega, kuna lihtne on saavutada soovitud vastupidist helipildi halvenemist. Tüüpiliselt striimingu korral kasutatavad filtrid on madalate ja kõrgete sageduste vähendamine, taustamüra ja kahina eemaldamiseks ning keskmiste sageduste kerge suurendamine, esile toomaks tavalist inimkõnet.

8.4.1.2 Dünaamilise diapasooni vähendamine

Tänapäevased audiosüsteemid on suutelised reprodutseerima väga laia dünaamilist diapasooni. Näiteks kasutavad DVD-A ja SACD 24-bitist helipildi kodeerimist. Samas striimingu kliendiks võib olla väga piiratud audiovõimalustega laptop arvuti, mille mõne cm kõlar, kaunikesti madala toitepingega, ei suuda kuigi laia signaalidiapasooni reprodutseerida. Seetõttu, nagu ka AM raadio korral, kasutatakse dünaamilise diapasooni vähendamist (*peak limiting*), milleks rakendatakse signaalile keskmist helitugevust ühtlustavat filtrit. Keerulisemad dünaamilise ulatuse vähendamise filtrid jagavad audiosignaali ribalaiusteks, tüüpiliselt viieks. Sarnaselt normaliseerimisele on selliste filtrite eesmärgiks teatud helisageduste erinev käsitlemine.

8.4.1.3 Dünaamilise diapasooni piiramine

Dünaamilise diapasooni piiramise (*dynamic range compression*) korral on kasutusel filtrid, mis ei luba helisignaalil teatud tugevusi ületada. Kuna lihtne tugevuste limiteerimine põhjustaks signaali häireid, mis inimkõrvale on selgelt eristatavad, kasutatakse spetsiaalseid helitugevusi ennetavaid piirajaid, mis dünaamiliselt vähendavad helitugevust enne kui see jõuab lubatud piire ületada [[book](#)].

IV PEATÜKK
STRIIMINGMEEDIA SERVEERIMINE JA
RAKENDUSED

9 Striimingmeedia serverimine

Nagu juba eelnevatest peatükkidest nähtub, on Internet üha arenev organisatsioon. Striimingmeedia on üheks oluliseks arengu põhjustajaks, kuna striimingmeedia serverimiseks vajalikud tehnoloogiad erinevad drastiliselt tavaliste, staatilist teksti ja graafikat sisaldavate, veebilehekülgede edastamismeetoditest. Striimingmeedia on väga jõuliselt sundinud laiendama nii andmesidekanalite läbilaskevõimet kui arendama välja uusi striimingmeedia jaoks sobilikke protokolle.

9.1 Striimingmeedia serverid

Striimingmeedia serveri arhitektuur sõltub olulisel määral meediumist, mida serveritakse. Nii võib serveriks olla vaid üks arvuti, mis edastab näiteks ettevõtte koolitusmaterjale. Tihtipeale aga ei saa loota üksiku masina stabiilsusele ja suutlikkusele ning tuleb sisse seada mitmed omavahel seotud serverid, mis vajaduse korral üksteist asendaksid ning oleksid ka võimelised vastama sadadele ja tuhandetele päringutele üheaegselt. Näiteks vajavad taolist serveriparki populaarsete spordivõistluste või kontsertide otseülekanded (töö kirjutamise ajal on väga aktuaalne Eurovisiooni lõppkontserdi ülekande ettevalmistus), maailma uudistekanalite ülekanded Internetti ja paljud muud laia kõlapinda haaravad sündmused.

Striimingmeedia serverite eripäraks on nende mitmed spetsiifilised lisavõimalused, tänu millele on võimalik realiseerida mitmeid atraktiivseid teenuseid, nagu näiteks audio- või videoklipi navigeeritavus, striimi ümberlülitatavus või reaaliajaline striimi kiiruse kontroll. HTTP ei toeta ühtegi neist võimalustest, seetõttu kasutatakse striimingmeedia serverimiseks spetsiaalseid protokolle, nagu RTSP, RTP või RTCP, mis võimaldavad mainitud interaktiivsust. Lisaks on kasutusel veel mõned tootjaspetsiifilised protokollid, mis kasutavad sarnaseid tööprintsipe. Kõige laiemalt tuntud on Microsofti Windows Media Server (MMS), RealNetworksi RealServer ja Apple QuikTime.

9.1.1 Tootjaspetsiifiliste striimingserverite tarkvara

9.1.1.1 Windows 2000 Server

Microsofti Windows Media Service 4.1 on üles ehitatud Windows 2000 serveri baasil. Windows Media Server (MMS) toetab erinevaid ülekande mehhanisme:

- MMS ja UDP – selline kombinatsioon pakub täisteenust reaalajalistele ülekannetele ja võimaldab juhtkäskude andmist klientide poolt. Paraku on osadel firmadel süsteemiadministraatorid seadnud üles tule müüri ning seadistanud selle blokeerima UDP pakette. Sel juhul ei saa UDP protokoll striiminguks kasutada.
- MMS ja TCP – sel juhul toimub striimi serveerimine läbi TCP pordi
- HTTP ja TCP – See on alternatiivne meetod, saamaks mööda tule müüride probleemist. Windows Media Server pakub samuti kliendipoolseid juhtimisvõimalusi nagu näiteks kiire edasikerimine, tagurpidi mängimine jne. Striimi kvaliteet kannatab TCP protokollist tingituna kiirusekohandamise puudumise ja pakettide uuestisaatmise tõttu.

9.1.1.2 Windows Media Corona server

Corona meediaserver saab olema standardseks komponendiks Microsofti järgmisel serveri platvormil. Corona on kaasas .NET standardi ja .NET Enterprise klassi serveritel ning kasutamiskõlblik juba alates BETA 3 distributsioonist.

Meedia server on täielikult ümberehitatud võrreldes eelmise, Windows Media Service 4.1-ga. Microsoft on keskendunud serveri modulaarsusele, lisaks on parandatud ka sisutöötluse funktsioone, mis võimaldavad nüüdseks märgatavalt lihtsamalt luua Interneti raadiojaamasid või mini TV-jaamasid. Võrgupolelt on lisandunud ka „alati levis“ (*Always on*) ja „kiire striim“ (*Fast Stream*) funktsioonid, mis võimaldavad kliendil saada kiiresti ühenduse meediaserveriga, likvideerides siiani üldlevinud puhverdamise probleemi. Lisaks võimaldab „kiire striim“ kanda meedia faili kliendini kiiremini, seda muidugi juhul, kui kliendi Internetiühendus

seda võimaldab. See garanteerib katkematu meedia taasesitluse isegi lühiajalisel võrgu katkestusel. Parandatud on nii multi- kui ka üksikedastuse tehnoloogiat, tõstes sellega töökindlust ja klientide arvu.

9.1.1.3 RealServer

RealNetworksi striimingsserver töötab nii Windows kui UNIX platvormil. RealServer kasutab Windows Media Serveriga sarnaseid ülekande mehhanisme:

- RTSP ja TCP – pakub täielikku klient-serveri vahelist interaktiivsust juhtkäskude näol.
- RTP ja UDP – optimaalne valik striimingmeedia sisu serveerimiseks, juhul kui pole tulemüüri probleemi
- RTP ja TCP – alternatiiv tulemüüride korral
- HTTP ja TCP – meetod kasutab progresseeruvat allalaadimist juhul, kui pole võimalik kasutada teist ülekandemetodit. Selleks kapseldatakse striim HTTP päringusse. Vastavat tehnoloogiat tuntakse kui "HTTP tunneldamine" (*HTTP cloaking*).

RealServer toetab ka SMILi multimeedia lisamiseks striimile.

9.1.1.4 Apple QuikTime

QuikTime loodi algselt progresseeruva allalaadimise tarbeks. QuikTime 4 aga toetab täielikult reaalaajalist striimingut ning on selleks adopteerinud RTP ja UDP. Tulemüüride probleemi korral aga kasutab samuti progresseeruvat allalaadimistehnikat üle HTTP.

Nii RealNetworks kui ka Windows Media pakuvad võrgu hõivatuse varieerumise korral võimalust dünaamiliselt muuta ka striimi serveerimiskiirust. Kui võrguühenduskiirus mingil põhjusel oluliselt aeglustub, ei teki sel juhul striimi seiskumist ja klient tajub vaid mõningast striimi kvaliteedi alanemist. Paraku töötab selline tehnoloogia üksnes üksiksaate (*unicast*) korral. RTP protokoll kasutab transpordiks UDP/IP protokollit ning kontrollib audio- ja videostriimi edastuse

sünkroonsust. RTSP aga toetab kliendi ja serveri vahelist koostööd, mille väljundiks on videomaki kontrollmehhanismiga sarnanev interaktiivne striimi kontroll [\[book\]](#).

9.1.2 Striimingsserveri raudvara

Striimingsserverile esitatavad nõuded on üsna kontrastsed võrreldes tavalise kontoriseriveriga. Kui tavalise serveri kasutamisel tekib ülekoormus, siis tekib ainult viivitus soovitud teabe kättetoimetamisel. Striimingsserveri korral aga striim tavaliselt lihtsalt katkeb. Seetõttu tuleb striimingsserveri konfigureerimisel pöörata tähelepanu järgmistele asjaoludele:

- Ketta jõudlus
- Võrgukaardi jõudlus
- Süsteemi siini sisend-väljundi ribalaius
- Multiprotsessorisüsteemide jõudlus
- Mälumaht, mis peab olema piisavalt suur, et tulla toime kiire striimi puhverdamisega.

Kui ribalaius on teada, võib kontrollida konfigureeritud serveri suutlikust. Üheks meetodiks on arvutamine. See aga ei pruugi anda alati adekvaatseid tulemusi ning kindlam meetod oleks testimine ja mõõtmine. Testimiseks on mitmeid simulaatoreid, Microsoft on selleks välja pakkunud Load Simulatori.

Üheks võimaluseks kindlustada teenuse kvaliteeti, on seda hajutada, kasutades ühe suure multiprotsessorilise serveri asemel mitut väiksemat serverit. See muudab süsteemi tolerantsemaks kadude suhtes.

Tähelepanu tuleks ka pöörata asjaolule, et striimingsserveris ei oleks striimingu seisukohast ülearuseid teenuseid, mis võivad hakata striimimist segama.

Üheks striimingsserveri jõudluse parandamise võimaluseks on mitme võrgukaardi kasutamine. Näiteks on võimalik rakendada ühte kaartidest striimide juhtkäskude

edastamiseks ning ülejäänuid striimi enda tarbeks kasutada. Sellisel juhul on paremini tagatud juhtkäskude võimalikult madal hilistumine ning andmevoogude terviklikkus.

9.1.3 Serveri turvalisus

Üheks äärmiselt oluliseks teemaks striimingteenuse planeerimisel on serveri turvalisus. Siin tuleks läbi kaaluda serveri füüsilise paigutamise variandid. Kui striimitav sisu on väga konfidentsiaalne, oleks ilmselt mõistlikum hoida serverit ettevõtte oma ruumides, kui aga mitte, võiks kaaluda nn serverihotellide kasutamist. Selliste kohtade eeliseks on kindlustatus näiteks varguste või tulekahjude eest, samuti on serverid kindlustatud volukatkestuste vastu.

Teine võimalus on mitte üldse omada isiklikku serverit vaid seda rentida vastavatelt teenusepakkujatelt. Võimaluse kindlaks eeliseks suure ribalaiusega Internetiühendus, mida taolised teenusepakkujad tavaliselt omavad. Samuti ei ole sellisel juhul vaja muretseda turvaküsimuste üle, mis on harilikult teenusepakkujapoolne vastustus.

Serveri füüsilise turvalisuse kõrval tuleb tähelepanu pöörata ka võimalikule ohule häkkerite poolt ning leida sobivad lahendused viiruste kaitseks. Parim lahendus taoliste murede vastu on palgata turvaspetsialist.

9.2 Striimi laadimine serverisse

Peale video-ja audiomaterjali digitaliseerimist, eeltöötlust ja kodeerimist on see valmis striimingserverist levitamiseks. Tavaliselt on striimi serveerimiseks vaja kahte serverit: veebiserverit, kus paikneb tavaline veebilehekülg, milles sisaldub viide striimingmeedia kirjeldusfailile ja striimingserverit, kus asub meediafail ise. Striimingmeedia kirjeldusfaili lugemisel brauserisse avatakse see vastavalt MIME päisele meediapleieriga, mis saab failist tegeliku striimi aadressi. Täiendavalt võib kirjeldusfail sisaldada meta-andmeid, nagu striimi autor, pealkiri ja vastavasisuline autoriõigusi kirjeldav teade (*copyright*). Meediapleier ühendub striimingmeedia

serveriga ning pärib sealt vastava striimi, kasutades tavaliselt juba spetsiaalset striimingu tarbeks loodud võrguprotokolle nagu näiteks MMS või RTSP. Kui kõik toimub korrektselt, alustab server striimi edastust ja pleier selle esitust.

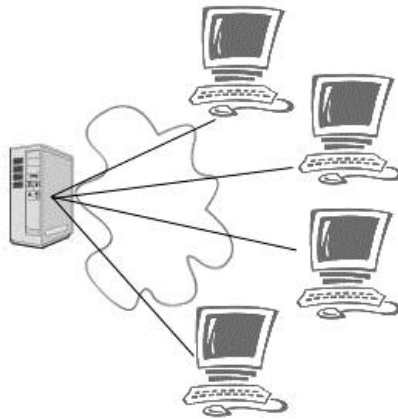
Striimi üleslaadimisviis sõltub sellest, kas tegemist on reaalaajalise striimiga või eelnevalt salvestatud striimiga, samuti serveri füüsilisest asukohast. Kui server asub vastava teenusepakkuja juures, on salvestatud meedia korral lihtsaim viis toimetada kodeeritud striim serverini kasutades selleks FTP teenust, teiseks võimaluseks on salvestada materjal CD-le ja toimetada see sel moel serverini. Kui tegemist on reaalaajas toimuva ülekandega, siis sellised meetodid loomulikult ei sobi ja tuleb muretseda piisava ribalaiusega Internetiühendus või viia üritus läbi kohas, kus see juba on piisav.

9.3 Striimi serverimise meetodid

Striimingmeedia serverimist Internetis nimetatakse ka veebileviks või veebiülekaneks (*webcasting*), mis jaguneb kolmeks: otseülekannete edastamine (*live webcasting*), eelnevalt salvestatud materjali edastamine (*on-demand serving*) ja nende kahe kombineeritud variant. Tehnilisest küljest vaadates jaguneb serverimine aga üksikedastuseks ja multiedastuseks.

9.3.1 Üksikedastus

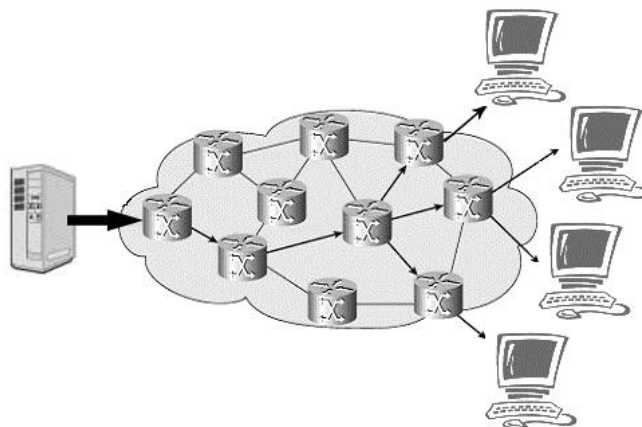
Tavaliseks viisiks edastada striimingmeediat Interneti, on seada üles üks-ühele ühendus kliendi arvutis oleva meediapleieri ja presenteeriva serveri vahel. Sellist meetodit nimetatakse üksikedastuseks (*unicasting*). Üksikedastuse korral luuakse eraldi ühendus iga kliendiga, isegi kui ülekantav materjal on täpselt sama. Nii jaotatakse serveri ressursid ära kõikide klientide vahel, ühtlasi peab edastaja arvestama piisava Internetiühenduse ribalaiusega. See peab olema suuteline kandma kõiki päritud striime. Siin võivadki tekkida probleemid. Kui kliente on väga palju, võib jääda puudu vajaminevast ribalaiusest Internetis ja samuti on vajalik suure jõudlusega serverit.



Joonis 9.1 Üksikedastus

9.3.2 Multiedastus

Multiedastus (*multicasting*) on alternatiiv tavapärasele üksikedastusele ja on loodud eelkõige otseülekannete jaoks. Multiedastuse korral saadab server Internetti vaid ühe striimi, mis siis distributeeritakse kindlatele gruppidele ruuterite abil edasi. Ruuteri (*router*) all mõistetakse seadet (vahel ka programmi või arvutit), mis määrab kindlaks järgmise võrgupunkti, kuhu teel olev andmepakett edastada. Igas ruuteris on lokaalne ruutingutabel, ruuter teab ainult enda ümbruse „kaarti“. Ruuterid asuvad igas punktis, kus kaks või enam võrku kokku puutuvad.



Joonis 9.2 Multiedastus

Negatiivne külg multiedastuse juures on vajadus omada kontrolli ruuterite üle. Esiteks peavad ruuterid olema võimelised multiedastuseks. Paraku pole kogu Internet selleks veel valmis, vaid eksisteerivad üksikud saared, mille piires multiedastus töötab. Need on omavahel kokku ühendatud virtuaalseks multiedastusvõrguks nimega MBONE ning saarte ühendamiseks kasutatakse tulleid.

Ruuteri seadmisel multiedastuseks kasutatakse järgnevaid algoritme:

- PIM unicasti ruutinguprotokollist sõltumatu (*Protocol Independent Multicast*)
- PIM-SM hõredalt laiali paiknevate süsteemide vaheline ruutinguprotokoll (*Sparse Mode PIM*)
- PIM-DM tihedalt koos paiknevate süsteemide vaheline ruutinguprotokoll (*Dense Mode PIM*)

Multiedastuse korral ei saa kasutada automaatset striimikiiruse reguleerimist, kuna serveri arvates teenindatakse ainult ühte striimi ning puudub info konkreetsetest klientidest.

9.3.3 Valikuline striimi serveerimine

Valikuline striimi serveerimine (*on-demand serving*) on sarnane veebiserveri tööpõhimõtetele. Sellisel juhul kliendid valivad välja neid huvitava striimi ning igäihe jaoks moodustatakse üksikedastuse tüüpi ühendus. Kui serveeritavaid striime on rohkem kui üks server teenindada suudab, kasutatakse tüüpiliselt koormuse jaotust mitme serveri vahel, ehk serveri farmi (grupp serverid, mis täidavad kõik ühte ülesannet).

9.3.4 Statistika ja logimine

Igasuguse veebiteenuse pakkumise juures omab elulist tähtsust hilisem statistika. Statistikast tuleneb, milliseid teenuseid, millisel hulgal ning millisel ajal kasutati,

kas olemasolev serveripark pidas vastu tekitatud koormusele ja mitmeid muid tähtsaid fakte. Striiming ei ole selles suhtes kuigi erinev. On mitmeid erinevaid tarkvara tooteid, mis on spetsialiseerunud veebistatistika, sealhulgas ka striimingu kogumisele ning analüüsile.

Kõige üldisemal tasemel kogutakse tehnilisi andmeid nagu kliendi IP-aadress, kasutatud ühendusprotokoll, meediapleieri tootja ja versioon, operatsioonisüsteem ja versioon, kasutaja keeleseaded ning protsessori kiirus. Sisupõhist informatsiooni edastavad päringu kuupäev ja kellaaeg, päringu kestus ja päritud striim. Üldise ja kliendipõhise tehnilise statistikata saamiseks kogutakse mõnikord ka ühenduse kvaliteeti kirjeldavaid parameetreid nagu paketikadu, uuesti saadetud pakettide arvu, vales järjekorras saabunud pakettide arv ning liiga vara saabunud ja liiga hilja saabunud pakettide arv. Sellise statistika kogumiseks on osade parameetrite puhul vajalik kliendipoolne logimine ning selleks seatakse üles spetsiaalsed eraldiseisvad serverid või tööjaamad.

Kui kasutusel on multiedastus, siis pole logimine ning sellepõhine statistika saamine kuigi lihtne. Ainuke võimalus klientide identifitseerimiseks on sellisel juhul meediakirjeldusfaili päringu ajal [[book](#)].

10 Klienditarkvara

Enamiku inimeste kokkupuude striimingmeediaga algab meediapleierist. Meediapleier (*media player*) on kliendi arvutis olev iseseisev programm või ka veebibrauseri moodul ning selle ülesandeks on striimingmeedia vastuvõtt ja dekompressioon harilikuks audio- või videosignaaliks, mida on võimalik arvutil taasesitada. Erinevate tootjate poolt on loodud mitmeid erinevaid pleiereid, mis sageli on Internetist tasuta allalaetavad.

Pleierid on loodud kasutamiseks väga laiale audientsile ja seetõttu on ka nende installeerimine arvutisse ning edasine käsitsemine tehtud võimalikult lihtsaks ja kergesti arusaadavaks. Ideaalne meediapleier peaks vastama järgnevatele parameetritele:

- Tasuta allalaetav
- Automaatne installeerumine
- Vähest arvuti ressursi nõudev
- Kliendi jaoks nähtamatu versiooni uuendus

Striimingmeedia tootjad kasutavad striimi produtseerimiseks erinevaid platvorme, seetõttu peavad ka kliendid vastavalt sellele tõmbama oma arvutisse sobiva pleieri või lisamooduli (*plug-in*). Enamikest tuntumatest pleieritest on saadaval erinevad versioonid erinevate operatsioonisüsteemide jaoks, samuti tulevad tuntumate operatsioonisüsteemidega meediapleierid kaasa.

10.1 Portaalid, pleierid, lisamoodulid

Pleierid on kasutatavad kolmel erineval moel: brauseri lisamoodulina, lihtsa pleierina või portaalina. Nii Reali, Windows Media kui ka Apple pleierid on kõik kasutatavad kui striimingmeedia portaalid.

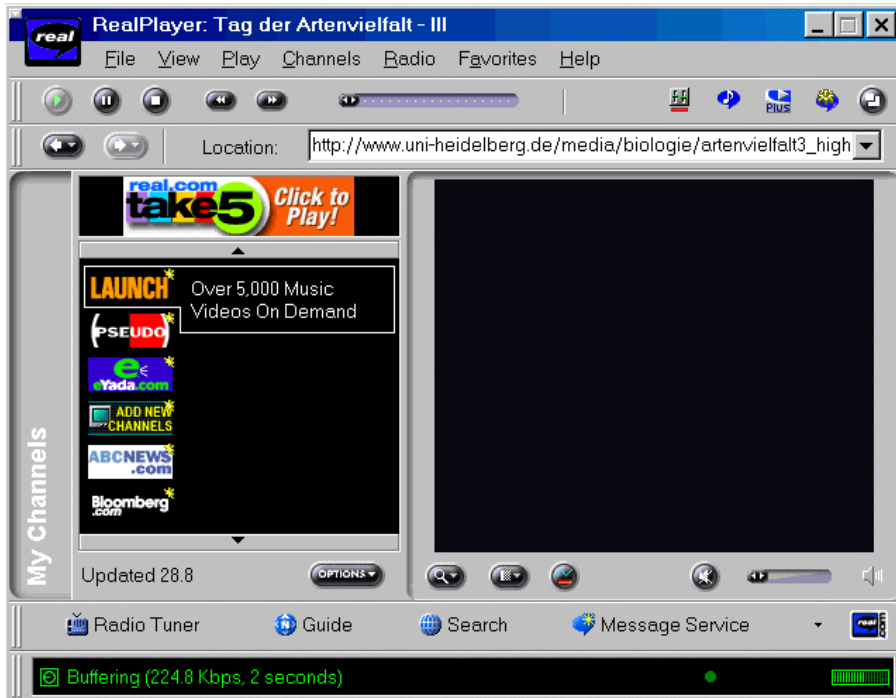
Pleieritel on palju ühiseid jooni, kuid tavaliselt ka iga tootja spetsiifilist funktsionaalsust. Esmane, mis silma torkab, on videoekraan. Seda võib suurendada ning vähendada pilti skaleerides, kasutades pikslite interpoleerimist ehk pikslite keskmistamist. Enamus pleieritel on videomaki sarnane juhtpaneel ja audionormaliseerija (*equalizer*) Täiendavalt saab mõnedel pleieritel seadistada pildi kontrastsust, värvi ja heledust.



Joonis 10.1 Windows Media Player 7.01



Joonis 10.2 Apple QuickTime meediapleier



Joonis 10.3 RealMedia RealPayer



Joonis 10.4 WinAmp audiopleier

10.1.1 Pleierid ja lisamoodulid

Kõik tuntud pleierid (Windows MediaPlayer, RealPlayer, QuickTime) on kasutatavad nii eraldiseisvas režiimis kui brauseri lisamoodulina. Mõlemal lähenemisel on omad eelised ja miinused. Brauseripõhises režiimis meediapleierid sobivad hästi interaktiivse meedia rakendusteks. Nii nagu brauser renderdab pilte ja teksti ühiseks dokumendiks, renderdab meediapleier video ja audiomaterjali selle dokumendi täiendavaks osaks.

Lisamoodulina saab pleierite välimust ja omadusi HTML dokumendist juhtida, kasutades selleks <embed> märgendi või ActiveX objekti parameetreid. Selle lähenemise miinuseks on müriaad erinevaid brauseriversioone, millest osade puhul ei pruugi pleier lisamoodulina töötada. Samuti seab piiranguid erinevate operatsioonisüsteemide hulk, mille all samad brauserid erinevalt käituvad.

Mitmeid uuendusi sisaldab uus Windows Media Player 8, mis on kahjuks saadaval vaid uue Windows XP-ga, kuid see sisaldab täiendusi, mida vanematel pleieritel ei ole, nimelt suudab ta reaalset kasutada nn “alati levis” (*always on*) ja “kiire striim” (*fast stream*) tehnoloogiaid täismahus. Lisaks sellele, on teostatud suurem integratsioon operatsioonisüsteemi ja Windows Media Playeri vahel, mis võimaldab kasutada optimaalsemalt riistvaralisi võimalusi. Lisaks mainitud muudatustele on teostatud ka muid kosmeetilisi täiustusi, mis hetkeks teevad sellest ühe kõige jõulisema ja mugavama utiliidi.

10.1.2 MPEG-4 pleierid

MPEG-4 pleierid pakuvad väga erinevaid võimalusi, kuna nende formaadikäsitlus on väga paindlik. Kui tavalised meediapleierid on limiteeritud HTML teksti, piltide, Flashi animatsioonide ja stiimingu- ja videomaterjali esitamisega, siis MPEG-4 pleierid võivad täiendavalt renderdada kahe- ja kolmedimensionaalseid objekte. Need objektid võivad olla kas naturaalsed, nagu näiteks täisnurksed videoobjektid, või siis sünteetilised, nagu näo kunstlik liigutamine. MPEG-4 striimi aluseks olevad

meediafailid jaotatakse audio- ja visuaalseteks objektideks. Objektid paiknevad kihiti järjekorras, mis on määratletud stseenikirjeldusega. MPEG-4 pleier koostab nendest objektidest kahedimensionaalse pildi, mis renderdatakse lõpptulemusena vaatajale. Sama kehtib ka audiofailide kohta, kuid kihtide asemel saab kasutada segamist (*mix*). Kolmedimensionaalsete videoobjektide puhul saab vaataja nende suhtes oma vaatenurka muuta, kasutades selleks näiteks juhtkangi (*joystick*).

Populaarne tänapäeva pleierite juures on kaasata visuaalsete efektide teeki (*visualizations*) Üheks selle trendi algatajaks võib tõenäoliselt lugeda tuntud mp3 pleierit Winamp.

10.1.3 Digitaalne autoriõiguste haldus

Mitmel meediapleieril on kaasatud digitaalne autoriõiguste haldussüsteem. Enamus nendest on realiseeritud moel, kus meediapleier tuvastab striimi salvestamise katseid ning raporteerib sellest serverile, mille peale viimane striimi peatab. Microsofti puhul on täiendavaks kaitsekihiks tema uuematesse operatsioonisüsteemidesse integreeritud kernelitaseme krüpteerimine. See võimaldab toota helikaarte, kuhu saadetakse audioandmeid krüpteeritult ning seetõttu pole neid võimalik vahepealsel teel salvestada. MPEG-4 spetsifitseerib ainult digitaalse autoriõiguste halduse turvalisuse raamistiku, jättes konkreetse realisatsiooni standardist välja.

11 Striimingmeedia rakendused

Juba 6 aastat tagasi räägiti Interneti ja andmesidega tegelevates ringkondades uuest ja perspektiivikast tehnoloogiast nimega striiming. Kohe-kohe olid tulemas rakendused, mis pidid muutma maailma peaaegu samapalju kui televisioon. Paraku ei läinud uue tehnoloogia areng sugugi nii libedalt kui loodeti ja alles praegu võime me rääkida mõningasest striimingmeedia tehnoloogia kasutamisest avalikkuse poolt. Kahjuks on isegi selle töö kirjutamise ajal enamik striimingmeedia rakendusi eksperimentaalse värvinguga. Siiski on areng olnud märkimisväärne ja lubab ennustada alale kindlat perspektiivi. Järgnevalt räägingi mõnedest rakendustest, mis on juba realiseeritud või on käegakatsutavas läheduses.

11.1 Striimingmeedia otseülekanded

Striimingmeedia otseülekanded (*live webcasting*) on striimingu kasutamine video- ja helipildi otseedastamiseks. Tehniliselt ei ole otseülekande protsess kuigi erinev arhiveeritud striimi tootmisest ja levitamisest, aga ühekordsest võimalusest ülekande teostamiseks johtuvalt tuleb protsessi eelnevalt väga hoolikalt plaanida. Mõningad soovitusel mida peaks arvestama:

- Tuleb üritada salvestada võimalikult selget audiosignaali, kuna pakkimisest ja töötlemisest tekkivad lisamoonutused võivad muuta helikvaliteedi lõpptarbija jaoks kasutuskõlbmatuks
- Kaamera liikumist tuleb minimiseerida
- Alati tuleb kontrollida kas valitud kodeerimisseadmed saavad hakkama neile seatud ülesannetega
- Kontrollima peaks kodeerimisseadmete ja striiminguserveri vahelise ühenduse kvaliteedi garanteeritust
- Kindlasti tuleks ülekandest teha ka arhiivi koopia kohalikele andmekandjatele.

Otseülekanne puhul on kaameratöös palju spetsiifilisi kitsendusi, nagu on ka näiteks kinofilmide televisioonisaate korral. Edastatav videomaterjal peab olema lihtne ja vähese liigendatusega. Vältida tuleb panoraamplaani, soovitatav on kasutada suurt plaani. Seega on raske edastada kõrge dünaamikaga pildimaterjali, kasutades madalaid andmeedastuskiirusi.

Kasutada tuleks võimalikult head digitaalkaamerat, mille hinnad on viimasel ajal ka pidevalt langenud. Kaamera ühendamiseks kodeerijaga on mitu erinevat võimalust. Kui kaamera asub kodeerija läheduses (alla 4 m), siis võib kasutada IEEE 1394 kaablit, mida tuntakse ka *Firewire* standardina. Pikemate distantside puhul on hea kasutada S-videot või PAL ühenduskaablit. Professionaalsetel digitaalkaameratel on tavaliselt väljundina SDI, mis võimaldab 270 Mbit/s ühenduskiirust. Sellise ühenduse korral on digitaalsest kodeerimisest tulenevalt vead pildi edastamisel praktiliselt nullilähedased.

Ära ei tasuks unustada ka valgustuse tähtsust. Kuigi modernsetel digitaalkaameratel on sisse ehitatud automaatne erinevatele keskkondadele kohandumine, aitab korrektne valgustus soovitud elemente esile tõsta ja väldib valgusest tingitud lisahäireid.

Otseülekanndesse on võimalik kaasata ka arvutipõhist meediat, nagu näiteks Powerpoint'i presentatsioonid ja Flashi animatsioonid. Uuematel striimingformaatidel on kaasatud võimalused selliste lisameediate sünkroniseerimiseks videopildiga. Sellised striimi täiendused võimaldavad edastada vektoritel baseeruvat graafikat, mis lõpptarbijale kuvatakse äärmiselt hea kvaliteediga.

Otseülekanne tegemisel ei tohi tähelepanuta jätta helikvaliteeti. Määrava tähtsusega on helikvaliteet selliste ülekannete juures, kus on tegu nn "räakivate peadega" ehk siis videokonverentsid, presentatsioonid ja koolitused. Suurt tähelepanu tuleb pöörata mikrofonide kvaliteedile ja üldisele mürataustale ruumis või esineja ümbruses. Mikrofone on väga erinevaid nii tüübi, kvaliteedi, paigutusvõimaluste kui

ka hinnataseme poolest. Ometi kehtib kõigi puhul kuldreegel, et mikrofoni tuleks paigutada esinejale nii lähedale kui võimalik.

Otseülekanded seavad piirangud ka kodeerijatele. Erinevalt arhiveeritud striimi tootmisest, on otseülekannet vaja kodeerida reaalajas, mis seab kodeerija jõudlusele palju kõrgemad nõuded. Märkusena tuleb tähele panna, et striimingu puhul ei tähenda madalam edastuskvaliteet alati madalamat protsessori koormust, sest need kaks parameetrit pole omavahel otseselt seotud. On hakatud tootma ka spetsiaalseid otseülekanneteks mõeldud kodeerimisseadmeid, üks tüüpilisemaid Pinnacle Stream Factory. Näiteks on selle X2 Pro mudelis kaks protsessorit, millest üks Windows Media ning teine Real Media striimide paralleelseks tootmiseks [[book](#)].

11.1.1 Striimingmeedia otseülekannete rakendused

11.1.1.1 Veebiraadio ja VeebTV

Veebiraadio

Kõige tüüpilisem ja levinum otseülekande rakendus tänapäeval on Veebiraadio. Tavaliselt toimib audiostriimi ülekanne Internetti paralleelselt tavapärase raadioleviga, kuid harvad pole viimasel ajal ka ainult Internetile orienteeritud raadiojaamad. Kuna raadiojaama võib püsti panna kasvõi ühte tupp, kus on piisav ühendus Internetti ja sobiv arvuti, koos mõningase audiotehnikaga, siis on sisuliselt igäihel meist võimalus tulla eetrisse oma personaalse raadiojaamaga. Kui tegu on siiski professionaalse raadioga, kus kuulajaid on palju ja kvaliteet eluliselt tähtis, tuleks hoolikalt jälgida kõiki eelpool kirjeldatud soovitusi ja tehnilisi meetodeid kvaliteedi tagamiseks.

VeebTV

VeebTV üles seadmine nii lihtne pole ja enamasti kasutavad meil Internetiväljundit tavalised telejaamad mõne üksiku saate, nagu näiteks uudised, reaalajaliseks edastamiseks veebivahendusel. Viimasel ajal on siiski märgata huvi tõusu pikema programmiga Interneti eetrisse sisenemiseks. Perspektiiv ainult Internetile

orienteeritud telejaamade tekkeks minu arvates siiski on. Väga hästi sobiksid selleks näiteks finants- ja börsiuudised. Telejaamade puhul on siiski kõige levinum variant, kus saateid edastatakse küll otseülekannetena, kuid salvestatakse ka samal ajal arhiiviserverisse, et siis hiljem oleks võimalus neid taasesitada.

11.1.1.2 Korporatiivne kommunikatsioon

Korporatiivne kommunikatsioon on märksõna, mille alla saab koondada sellised otseülekande viisid nagu videokonverents, tootepresentatsioonid ja seminarid, töötajate koolitus ja muud taolised ettevõtete sisesed üritused.

Videokonverents

Videokonverentsi võiks defineerida kui kommunikatsiooni vähemalt kahe osalise vahel, mille käigus toimub ka pildi edastamine. Videokonverentsi kasutusvaldkond on üsna lai, lisaks traditsioonilisele lähenemisele on hea seda kasutada ka koolituseks, kuna annab hea võimaluse kasutada õppetööks välislektoreid. Tehnikat, millega videokonverentsi pidada saab, võib jaotada kolme gruppi:

- Videotelefonid – telefon, mille küljes on ekraan ja kaamera.
- Desktop-konverentsisüsteemid ehk videokonverents arvuti abil – arvuti küljes on kaamera, mikrofoni, helitekitaaja ning sageli on arvutis kaart, mis need kõik ühendab.
- Grupisüsteemid – kõige suuremad ja kallimad seadmed. Erinevalt personaalseks pruukimiseks mõeldud tehnikast, kasutatakse neid konverentsiruumides. Pilti näidatakse läbi televiisori või projektoriga seinale, kaameraid on mitu, nad on juhitud ja suurendusega, mikrofonid on sobivad grupitöö kasutamiseks.

Videokonverentsi on võimalik läbi viia, kasutades selleks ISDN-liine või arvutivõrku ning sõltumata sidepidamismeetodist on vaja kaamerat, helisisendit (mikrofoni), heliväljundit (kõlarit), kodekit ning tarkvara.

11.1.1.3 Meelelahutuslikud üritused

Üheks reaalajas edastatavate striimingmeediarakenduste liigiks on kõikmõeldavad meelelahutuslikud üritused, nagu näiteks kontserdid, spordivõistlused ja miks mitte ka teatrietendused. Selliste ürituste otseülekandeid tehes tuleb tavaliselt arvestada suure vaatajaskonnaga ning see seab omad nõuded nii serveritele, edastustüübile (üksikedastus või multiedastus) kui ka edastatava striimi suurusele.

11.2 Nõudevideo

Nõudevideo (*Video-on-Demand*) on juba 6 aastat olnud üheks “kuumemaks” teemaks Internetipõhistes multimeedia rakendusvaldkondades. Põhiliselt tuntakse selle mõiste all kahte erinevat teenust: digitaalne televisioon ja digitaalne “videolaenus”. Teemad, mida nõudevideo katab on lisaks tavapärasele filmide laenutusele veel distantsõppe, videotel baseeruvad kommertskanalid (näiteks ostukanalid) ning videomängud.

11.2.1 Nõudevideo rakendused

11.2.1.1 PPV

PPV (*pay-per-view*) rakenduse all võiks mõista teenust, kus klient valib talle huvipakkuva videostriimi, maksab selle eest ja saab siis võimaluse seda vaadata. Kõige enam sarnaneb teenus ehk digitaalse videolaenutusega, kust siis saab valida filme või ka mängu.

11.2.1.2 Q-VoD

Q-Vod (*Quasi Video-on-Demand*) on teenus, kus kliendid grupeeritakse huvialade järgi ja pakutakse vastavalt sellele kanaleid, mida kindla tasu eest saab jälgida.

11.2.1.3 N-VoD

N-Vod (*Near Video-on-Demand*) on teenus, kus ühte ja sedasama programmi edastatakse multicast režiimis erinevatest ajahetkedest alates. Seda võiks võrrelda

ühiskondliku transpordiga, kus buss (soovitud programm) tuleb mingi kindla ajaintervalli järel. Vaataja valib välja teda huvitava striimi ning sobivaima algusaja.

11.2.1.4 T-VoD

T-VoD (*True Video-on-Demand*) on nagu nimigi ütleb, teenus, kus kasutaja omab täit kontrolli serveritava striimi üle. Kliendi käsutuses on täiskomplektne juhtsüsteem, mille abil saab striimi kerida edasi ja tagasi, seisata ning oma soovi järgi positsioneerida. T-VoD nõuab kliendi ja striimiedastaja vahelist kahepoolset kanalit.

11.2.2 SMIL

Nõudevideo rakenduste korral on autoritel suurepärane võimalus lisada videole täiendavat informatsiooni, näiteks reklaami. Eriti tänuväärne on see õppevideote puhul, kus parema materjali mõistmise nimel lisatakse videole teksti, graafikat või täiendavat audiomaterjali. Selliseks info lisamiseks annab võimaluse SMIL.

SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language) – sünkroniseeritud multimeedia integreerimiskeel, mis põhineb laiendataval märgendikeelel (XML) ja mille töötas välja W3C (World Wide Web Consortium). SMIL võimaldab multimeedia jagada eraldiseisvateks failideks ja striimideks (audio, video, tekst ja pildid) ning saata neid individuaalselt kasutaja arvutisse. Seejärel defineerib SMIL käsud, mis määravad ära, kas erinevaid multimeedia komponente tuleb mängida koos, nagu nad oleksid üksainus terviklik striim või järjekorras. Staatilise teksti ja piltide väljaeraldamise võimalus vähendab oluliselt multimeedia andmemahutu.

Olgugi, et erinevaid striimingmeedia rakendusi on loodud üsna palju, määrab nende kasutuspopulaarsuse ja elujõulisuse ära kvaliteet. Kui kvaliteet on hea, on klient alati nõus mugavuse eest veidi maksma. Kui aga kvaliteet mingil põhjusel, enamasti viletsapoolse Internetiühenduse tõttu ei rahulda kuulajat/vaatajat, sureb teenus paratamatult välja. Teenuse kvaliteediga seonduvast järgmises punktis lähemalt räägingi.

12 Striiminguga kaasnevad probleemid

12.1 Võrguside probleemid ja teenuse kvaliteet

Internet, mille eesmärk on olla üldiseks struktuurseks võrguks kõikidele mõeldavatele rakendustele, omab tegelikkuses väga limiteeritud tuge reaalaja ning kõrget teenusekvaliteeti nõudvatele rakendustele. Algselt oli Internet disainitud lihtsate andmete edastamiseks. Näiteks sõnumite edastamine (E-mail), failide ülekanne (FTP) või kaughaldus (telnet). Need rakendused pole kuigi ressursinõudlikud. See aga viis väga lihtsa ja skaleeruva võrgu disainimiseni, mis pakub parimaid võimalusi teenustele, millel puuduvad igasugused vajadused garantiideks. Selline mudel on valitud põhiliselt oma lihtsuse tõttu, kuid on jätnud ka äärmiselt palju lahtisi otsi, mille realiseerimine tänapäeval, arvestades Interneti kiiret arengut ja mastaape, on äärmiselt keeruline.

Proportsionaalselt kasutusvõimaluste kasvuga Internetis, on kasvanud ka ülekoormus. Ka lihtne, heade taotlustega teenus, mis jagab kasutajate vahel võrdselt ribalaiust, võib viia võrgu ummistumiseni. Tulemuseks on suurenenud viitevariatsioonid, mida kutsutakse saabumisnihkeks (*jitter*) ja pakatikaoks. Võrgu ummistumise aspektist vaadatuna, on reaalaja striimingmeedia rakendused kõige suuremad liikluse tekitajad, samas kannatavad nad ise võrgu ummistumisest kõige rohkem. Mitte-reaalaja rakendused võivad lihtsalt oma andmevoogu aeglustada ja kaduma läinud pakette uuesti saata. Reaalaja rakendused muutuvad tiheda võrguliikluse korral aga kasutuks.

Striimingmeedia rakenduste edukus ja kasutatavus Internetis sõltub suuresti teenuse kvaliteedist, mida osutatakse lõppkasutajatele. Viivitus andmete ülekandel, isegi kui see tundub tühisena, muudab kahesuunalise kommunikatsiooni väljakannatamatuks. Signaali kadu on inimmeelte poolt silmapilkselt tajutav. Seetõttu peavad teenused, mis tegelevad andmete paigutuse ja edastamisega, tagama, et info liiguks nõutud kiirusega, etteantud viivituse piirides. Ajaga seotud andmete edastamise nõuetega

seoses on telekommunikatsioonitehnoloogias kasutusele võetud termin teenuse kvaliteet (*Quality of Service, QoS*), millega viidatakse ressursihaldamise meetoditele ja mille abil saab realiseerida kasutatavate rakenduste nõudeid ressursidele. Järgmises punktis toon veidi selgust teenuse kvaliteeti puudutavatesse küsimustesse.

12.1.1 Mis on QoS?

Andmesides on QoS ehk teenuse kvaliteet üsna mitmetähenduslik ja kontekstist sõltuv väljend. Teenuse kvaliteet võib ühtviisi tähendada võrgu prognoositavust ja järjepidevust, võimalikult kõrget läbilaskevõimet või hoopis diferentseeritud teenuseklasse.

Internetis ja muudes võrkudes tähendab QoS seda, et andmeedastuskiirusi, vigade esinemise sagedust ja teisi karakteristikuid on võimalik mõõta, parandada ja teatud määral garanteerida. QoS on eriti oluline laiaribalise video- ja multimeediuminfo pideva ülekande puhul. Sellise info töökindel edastamine üle avalike sidevõrkude on tavalisi protokolle kasutades raske. RSVP protokoll kasutamisel saab pakette organiseerida eelnevalt paikapandud poliitika ja reserveerimiskriteeriumide alusel.

Kui lahutada väljend eraldi terminiteks, siis „kvaliteedi“ all mõistetakse andmesides tavaliselt mingit kindlat väljakujunenud taset, mõnikord ka veidi usaldusväärsemat või paremat kui tavaline. See sisaldab aspekte andmete kaost, minimaalsest viivituste hulgast ja latentsusest. Terminil „teenus“ on mitmeid erinevaid tähendusi. Tavapäraselt kasutatakse seda kirjeldamiseks erinevaid teenuseid, mida pakutakse võrgu lõpptarbijatele. Sellisteks teenusteks võivad olla näiteks e-maili teenus, WWW, sidekanal lõpp-punktide vahel vm taoline. Koos tähendavad need terminid andmeside kontekstis mõõdet selle kohta, kui hästi võrk toimib ja millised on iseloomulikud teenused. ISO standard defineerib teenuse kvaliteeti kui arusaama täpselt määratletud „hea“ tasemest võrguteenustes.

12.1.2 QoS parameetrid

Teenuse kvaliteedi parameetrid määratletakse vastavalt pakutavate teenuste nõuetele ja vajadustele. Teenuse kvaliteedi nõuded peaksid olema lõpp-punktide vahel kokku lepitud ühenduse loomise või andmevoo saatmise ajal. Rakendused peaksid eristama soovitatavalt lubatavat ja mittelubatavat tolerantsitaset allpool loetletud parameetritele.

12.1.2.1 Hilistumine (*delay*)

Hilistumine ehk ülekandeviivitus on aeg, mis kulub paketi liikumiseks läbi võrgu saatjast vastuvõtjani. Mida suurem on hilistumine saatja ja vastuvõtja vahel, seda "vähem tundlikuks" muutub tagasiside ja seda vähem tundlikuks muutub võrguprotokoll võrgu lühiajalistele dünaamikamuudatustele. Interaktiivse või reaalaaja rakenduste jaoks tekitab hilistumine näilise süsteemi seiskumise ja paljudel juhtudel muudab süsteemi kasutuskõlbmatuks.

12.1.2.2 Saabumisnihe (*jitter*)

Kõrvalekallet pakettide saabumisaegs võrgu saatjast vastuvõtjani nimetatakse saabuminihkeks või mõnikord ka värinaks. Suuremahuline saabumisnihe on vastuvõetamatu reaalaajal baseeruvate rakenduste korral, näiteks põhjustab see ebaloomulikku heli kõla ühtlase helivoo asemel. Kui pakett ei saabu õigel ajal, korratakse eelmist paketti. See võib aga tõsiselt kahandada meedia kvaliteeti. Minimaalne hilistumine saatjast vastuvõtjani on otseses seoses saabumisnihkest. Saabumisnihke efekti ärahoidmiseks ja parandamiseks on kasutusel värina puhver, mis annab järgnevale paketile aega kohale jõuda ja sobida meediavoogu. Kuna puhver lisandub üleüldisele viivitusele andmeedastuses, siis optimaalne värina puhver peaks sobima võrgu diferentsiaalhilistumisele. Paremad juurdepääsu seadmed kasutavad kohandatud värina puhverdamist, mis pidevalt jälgib võrgu hilistumisi ja reguleerib vastavalt järjekorra perioodi.

12.1.2.3 Ribalaius (bandwidth)

Ribalaius on defineeritud võrgu kahe otspunkti vahelise ühenduse maksimaalse suutlikkusega kanda üle andmeid teatud kindla aja jooksul. Ribalaiust mõõdetakse bittides sekundi kohta. Mida suurem on ribalaius, seda kiirem on ühendus. Tuleb märkida, et ribalaius pole piiratud mitte ainult võrgu füüsilise infrastruktuuriga kahe otspunkti vahel, vaid ka teiste samaaegselt selles võrgus liikuvate andmevoogudega. Termin „ribalaius“ on kasutusel ainult määratlemaks võrgu teoreetilist andmeedastuskiirust, tegelikku kiirust märgib väljend „tootlikkus“ (*throughput*). Tootlikkus on tavaliselt äärmiselt dünaamiline parameeter, mis pole lihtsate vahenditega ennustatav.

12.1.2.4 Töökindlus (reliability)

See parameeter määratleb keskmise, andmete edastamisel esineva vigade arvu. Vea sageduse võib jagada bitivigadeks ja pakativigadeks. Bitivigu käsitletakse tavaliselt juba võrgu madalamate protokollide tasemetel ning seega ei pea rakendused nende pärast enam muretsema. Pakativigade põhjustajaid võib olla mitmeid, nagu näiteks paketikadu ülekandel ja vastuvõtja võimetus pakette töödelda. Seetõttu tuleb pakativigu käsitleda võrgu transpordi või kõrgema taseme kihis.

12.2 Teenuse kvaliteet ja striiming

Striimingu teenuse kvaliteedi tagamiseks on mitmeid võimalusi nii rakenduse kui võrgukihi tasemel. Rakenduse tasemel kasutatavad meetodid on enamuses hea tava tüüpi (*best practises*). Seetõttu ei ole ükski nendest meetoditest garanteeriva iseloomuga. Nende meetodite hulka kuuluvad järgmised allpool toodud võtted.

12.2.1 Rakenduskihi meetodid

12.2.1.1 Paketitaseme meetodid

Nagu töö eelmistes osades mainitud on striimingu rakenduste puhul välja töötatud mitmeid erinevaid reaalaaja suunitlusega võrguprotokolle, mis tagavad levinud andmeside protokollidega, nagu TCP/IP, oluliselt parema teenuse kvaliteedi.

Teine oluline paketitaseme parameeter on kasutatav paketi suurus. Igasuguse paketiseeritud võrgu protokollis juures on paratamatu teatud hulk täiendavaid andmeid (*packet overhead*), mida kaasatakse igasse paketti. Nendeks on paketi kohale toimetamiseks vajalikud sihtkoha ja lähtekoha aadressid, teenusekihti kirjeldavad parameetrid ja võrguprotokollile spetsiifilised meta-andmed. Sõltuvalt kasutatud paketi suuruselt võib see olla näiteks tüüpilise TCP/IP rakenduse puhul kuni 30%. Seetõttu tuleks nii IP kui UDP põhiste transpordiprotokollide korral kasutada maksimaalset võimalikku paketi suurust.

Andmeside vormimine (*traffic shaping*) on samuti üks paketitaseme meetodeid teenuse kvaliteedi tõstmiseks. Selle meetodi põhiprintsiibiks on andmete väljastamise parameetrite dünaamiline optimeerimine. Sellise lähenemisega saavutatakse ühtlasem kanali läbilaskevõime ning sellega seotult ka teenuse kvaliteet.

12.2.1.2 Ennetav veakontroll

Ennetav veakontroll on meetod parandamiseks Internetipõhise andmeside paketikadu. Meetod eeldab, et paketikadu Internetis on paratamatu ning üritab statistilisi meetodeid kasutades seda ennetada. Selleks saadetakse ennetava veakontrolli korral liiaseid, täiendavaid andmepakette, mis peaks paketikadu vähendama, aga tõstab paratamatult edastatavat andmehulka.

12.2.1.3 Adaptiivsus

Adaptiivsus on andmeside kohandumine vastavalt võrgu dünaamikale. Tüüpiliselt jagunevad adaptiivsuse tööpõhimõtted kahte klassi: kasutajapõhine ja võrgupõhine adaptiivsus. Kasutajapõhine adaptiivsus põhjustab muudatusi teenuse kvaliteedis sõltuvalt kasutaja enda tegevusest. Näiteks võib tuua juhtumi, kus kasutaja ise muudab edastatava striimi kvaliteeti. Võrgupõhine adaptiivsus baseerub teenuse kvaliteedi tagasisidel mida saadakse võrguliiklust analüüsisides.

12.2.1.4 Puhverdamine

Puhverdamine on tõenäoliselt kõige levinum meetod striimingu kvaliteedi töö tõstmisel. Puhverdamise idee on salvestada teatud hulk andmeid eelnevalt kliendi arvutisse ning andmeside suurte hilistumiste korral kasutada seda salvestatud puhvrit striimi taasesitamiseks. Puhverdamise teeb keeruliseks vajaliku puhvri suuruse ette ennustamine, kuna see sõltub võrgu dünaamikast, mis on aga väga muutlik.

12.2.2 Võrgukihi meetodid

Võrgukihi meetodid on andmeliikluse tasemel teenuse kvaliteeti tõstvad vahendid, mis on samuti mitte garanteeriva iseloomuga, kuid sellele oluliselt lähemal kui rakenduskihis kasutatavad võtted.

12.2.2.1 Relatiivse prioriteedi märgistamine

Relatiivse prioriteedi märgistamine on teenuse eristamise mehhanism, mis võimaldab võrgu tasemel prioritseerida teatavat sorti rakenduste andmeliiklust. Selle meetodi probleemiks on, et puudub kontroll millised teenused milliseid prioriteete kasutavad. Seetõttu näiteks FTP protokoll, mis oma sisult ei ole ajaviiteline, võib üritada oma kvaliteeti parandada, märkides andmepakette kõrgema prioriteediga. Selline kontrollimatu prioritseerimine võib seetõttu viia soovitud tulemuse asemel selleni, kus enamus teenuseid üritab võrguressursse maksimaalselt ära kasutada ning seega teenuste diferentseerimist ei teki.

12.2.2.2 Teenuse märgistamine

Teenuse märgistamine on küllaltki lähedane relatiivse prioriteedi märgistamisele. Sellise meetodi korral määratakse igale teenusele soovitud võrguliikluse tüüp, nagu hilistumise minimiseerimine, läbilaskevõime maksimiseerimine, usaldatavuse maksimiseerimine või maksumuse minimiseerimine. Hetkel kasutusel olev IPv4 ja kasutusele tulev IPv6 omavad mõlemad teenuse märgistamise tuge, vastavalt ToS (*Type of Service*) ning liiklusklassi identifikaator. Paraku pole IPv4 protokollid kasutavad võrguseadmed selle väljaga üldjuhul konfigureeritud arvestama [[QoS](#)].

12.2.3 Teenuse kvaliteedi tagamine

Nagu ülaltoodust lähtub, on hetkel Interneti andmesides striimingu teenuse kvaliteeti parandavad meetodid mittegarenteeriva, üldist keskmist tõstva iseloomuga. Kuna Interneti näol on tegemist jagatud ressursiga, mida kasutavad sajad erinevat tüüpi teenused, on striimingmeedia seisukohast, ilma spetsiaalseid füüsilisi võrgu infrastruktuure rakendamata, raske tagada teenuse kvaliteeti. Küll on seda aga võimalik parandada olulisi kulutusi tegemata, järgides häid tavasid rakenduste väljatöötamisel ning kasutades sobivaid võrguvahendeid.

Kokkuvõte

Diplomitöö eesmärgiks oli kirjeldada ja uurida striimingmeediaga seonduvaid valdkondi, tutvustada laiemalt levinud tehnoloogiaid ning anda ülevaade mõningatest rakendustest.

Minu diplomitöö vorm on uurimuslik kirjeldus, kus konkreetsete lahenduste ja projektide väljatöötamine ei olnud eesmärgiks.

Töö jaguneb neljaks peatükiks, millest kaks esimest on sissejuhatava iseloomuga ja kaks järgnevat analüüsivad teemat põhjalikumalt. Töö annab ülevaate multimeedia alustest, striimingmeedia olemusest ja tehnoloogiast, võimalikest kasutusvaldkondadest ning probleemidest, mis striimingmeedia autoreid tabada võib.

Süvenedes antud teemasse, jõudsin järeldusele, et vaatamata elevusele, mida striimingmeedia inimestes põhjustab, on täna veel hulgaliselt kitsaskohti ja ka päriselt lahendamata probleeme. Kõik striimingmeediahuvilised peaksid enne laiaulatuslikemate striimingmeediaga seotud plaanide algatamist enda jaoks väga täpselt läbi mõtlema nii positiivsed küljed kui ka ohud.

Siiski leian, et antud valdkond on inimeste jaoks piisavalt oluline, et intensiivselt otsida paremaid lahendusi ja katsetada uute võimalustega. Ega teisti arengut ei toimugi.

Diplomitöö sisaldab 96 lehekülge teemakäsitlust, 15 joonist ja 4 tabelit.

Summary

Streaming Technologies and Applications

Liivi Haamer

Tallinn Pedagogical University

The aim of the thesis is to explain and study the streaming technology, focusing on most commonly used technologies and applications. First chapter of the thesis introduce the basics of the multimedia - human reception in technical aspect, audio/video signals in both analog and digital form and the most well known and used communication channel for streaming applications, the Internet. In second chapter thesis defines streaming and describes its history in brief. Third chapter is more in depth description of an audio and video capturing, coding, preprocessing and compressing. Fourth and the last chapter of the thesis introduces stream serving, common applications and technical problems arising with the current network infrastructures.

The thesis is a theoretical research with no aim of providing specific solutions to specific projects.

The thesis consists of explanatory letter on 96 pages, 15 figures and 4 tables.

Mõisted ja lühendid

ADSL	Asümmeetriline digitaalne abonentliin (Asymmetrical Digital Subscriber Line)
ATM	Asünkroonne andmeedastus (Asynchronous Transfer Mode)
AVI	Audio- ja videofaili vorming, (Audio-Video Interleave)
CD-ROM	Laserplaat (Compact Disk-Read-Only Memory)
CIF	Üldise liidese formaat (Common Intermediate Format)
CODEC	Kodek ehk kodeerija/dekodeerija (enCODer/DECoder)
DCT	Diskreetne koosinusteisendus (Discrete Cosine Transform)
DVD-ROM	Digitaalne videodisk (Digital Video Disk-Read-Only Memory)
HTML	Hüperteksti märgendikeel (HyperText Markup Language)
HTTP	Hüperteksti Ülekande Protokoll (HyperText Transfer Protocol)
IPv4	Interneti Protokoll 4. versioon (Internet Protocol version 4)
IPv6	Interneti Protokoll 6 versioon (Internet Protocol Version 6)
ISDN	Integreeritud teenuste digitaalvõrk (Integrated Services Digital Network)
ISO	Rahvusvaheline Standardiseerimisorganisatsioon (International Standards Organization)
JPEG	Ühendatud Fotograafiaekspertide Grupp (Joint Photographic Experts Group)
Mbps	Megabitti sekundis (Megabits per second)
MP3	MPEG audiokiht 3 (MPEG-1 audiolayer 3)
MPEG	ISO töögrupp (Motion Picture Experts Group)
NTSC	USA Riiklik Televisioonistandardite Komitee (National Television Standards Committee)
OSI	(Reference Model for Open Systems Interconnection)
PAL	Euroopa telestandard, faasivaheldusega liin (Phase Alternation Line)

QoS	Teenuse kvaliteet (Quality of Service)
RGB	Punane-roheline-sinine (Red-Green-Blue)
RSVP	Ressursside Reserveerimise Häälestusprotokoll (Resource Reservation Protocol)
RTP	Reaalaja Protokoll (Real Time Protocol)
RTSP	Reaalaja Striimingprotokoll (Real Time Streaming Protocol)
SECAM	Prantsusmaa värvitelevisiooni standard, mäluga jadavärvid (Sequentiel Couleur Avec Memoire)
TCP/IP	Edastusohje protokollistik Interneti protokolle peal (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)
TFTP	Triviaalne failiedastusprogramm (Trivial File Transfer Protocol)
UDP	Datagrammiprotokoll (User Datagram Protocol)
VHS	Videolindi vorming (Video Home System)
VOD	Nõudevideo (Video-on-Demand)
VPN	Virtuaalne Privaatvõrk (Virtual Private Network)
YUV	Heledus Y (Luminance), värvitoon U (Hue), värviküllasus V (Saturation)

Kasutatud kirjandus

Viidatud materjalid

[meel] "Meeletalitlus", Ü. Jaakma

<http://www.eau.ee/~yjaakma/meelyh.PDF>

[taju] "Käitumise bioloogilised alused", H. Gleiman

http://www.psych.ut.ee/psych/public_html/eesti/oppetoo/lehed/seminarid.doc

[eye] "Video Streaming Technology", Compaq, (07.98)

<ftp://ftp.compaq.com/pub/supportinformation/papers/ecg0680798.pdf>

[osi] "Programmeeritavate kontrollereite eksperimentaalse andmesidevõrgu projekteerimine" I osa, P. Varik (1997)

<http://www.dcc.ttu.ee/Automaatika/lap/lap3740/pdf/ositxt.pdf>

[frtcpip] "Frame Relay ja TCP/IP vaheline võrdlus", S. Kirsimäe

<http://www.math.ut.ee/~matrix/Standard/>

[ipv6] "Interneti uus põlvkond lahendab ruumikitsikuse", K. Kasemaa, (18.04.02)

http://www.aripaev.ee/1976/rubr_artiklid_197306.html

[real] "Reaalaja andmeedastus", M. Kulmar

http://rasi.lr.ttu.ee/~marikak/oppetoo/Reaalaja_andmeedastus_files/frame.htm

[vork] "Arvutivõrgud", R. Paluoja

http://www.lap.ttu.ee/erki/failid/konspekt/arvutivorgud_lap3731/lap3731_luhikonsp_ekt.pdf

[adsl] "ADSL", E. Seppar

<http://arvutiweb.ee/seadmed/arvutiside/modem/adsl.htm>

[qos] "QoS based Real-Time Audio Streaming in the Internet", S. Schmid, (04.99)

<http://www.landmarc.net/people/stefan.htm>

[mpeg4] "Ülevaade digitaalse video standardist MPEG-4", S. Heiberg, (99)

<http://arvutiweb.ee/seadmed/mpeg/MPEG4Overview.pdf>

[mpeg7] "MPEG-7 tackles multimedia content", Neil Day, (12.11.01)

<http://www.eetimes.com/story/OEG20011112S0058>

[book] "The Technology of Video & Audio Streaming", D. Austerberry, (04.02)