

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Raadio- ja sidetehnika instituut

IRT 33LT

ARVUTIPÕHISE RAADIOTEHNOLOOGIA ARENDUS
EESTI RAADIOS

Aleksander Väljamäe

Töö on tehtud telekommunikatsiooni õppetooli juures

Juhendaja: Avo Ots

Konsultant: Kaupo Varandi

Kaitsmine toimub Raadio- ja sidetehnika instituudi kaitsmiskomisjonis

Autor taotleb bakalaureuse nimetust

Esitatud: 04. 12. 2000

Kaitsmine: 07. 12. 2000

Tallinn 2000

Ülesanne leht

RESÜMEE

Infotehnoloogia kiire areng tõi kaasa suuri muudatusi raadioringhäälinguprogrammide tootmis- ja väljastamisprotsessidesse. Uueks arvutipõhise raadiotehnoloogia (CAR) arengu etapiks on digitaalsed talletussüsteemid, mis ei ole enam helisalvestiste passiivsed hoidlad, vaid pigem aktiivsed osalejad kõikides raadiomaja tööprotsessides. Üha suuremat osa hakkab mängima helisalvestiste lisainformatsiooni - metaandmete kasutamine raadio-programmi väljastamisel.

Käesolev bakalaureuse töö käsitleb aspekte Eesti Raadio digitaalse talletussüsteemi loomiseks, kusjuures suurema osa sellest süsteemist hakkab moodustama uus digitaalne heliarhiiv. Töös on antud tulevase talletussüsteemi allikate ja kasutajate analüüs. Suurt osatähtsust mängivad tööalgoritmid, mis omakorda määravad tehnilisi nõudeid võimalikele riist- ja tarkvara lahendustele. Töös on toodud ka uue tehnoloogilise struktuuri loomisega seotud eeldatavad kulutused.

Töö lõpptulemuseks on eelduste loomine raadiomaja olemasolevate tootmis- ja väljastussüsteemide arendussuundade määramiseks vastavalt uue talletussüsteemi ülesehitusega. Esile on toodud ka vajalikud muudatused töökorralduses, mis võimaldavad optimaalselt kasutada digitaalse raadiotehnoloogia uusi vahendeid (DAB, Internet, WAP). Digitaalne talletussüsteem tõstab raadiomaja tehnoloogilisi protsesse uuele tasemele, kuid samal ajal peab olema väga paindlik ja avatud edasistele muudatustele. Seega selle süsteemi rajamine on pikaajaline protsess ja vajab paljude inimeste koostööd.

Käesolev bakalaureuse töö koosneb 78 leheküljest, sisaldab 18 tekstijoonist ja 7 tabelit ning on kirjutatud eesti keeles.

Võtmesõnad: arvutipõhine raadiotehnoloogia, CAR, digitaalne talletussüsteem, metaandmed, andmevõrk.

ABSTRACT

Rapid growth of infotechnology cause big changes in production and playout of radioprograms. Digital storage systems become the new stage in computer assisted radio (CAR), which much more participate in all radiohouse work processes than are passive storehouses of sound recordings. An additional information – metadata, plays ever-growing role in nowadays radiobroadcasting.

This Bachelor's Thesis shows Estonian Radio digital storage system creation aspects, the bigger part of which will be a digital sound archive. The sources and users of future storage systems are analyzed. Work algorithms are very important, and in they turn determine technical requirements for possible hardware and software solutions. The possible expenses connected with new technological structure are given in thesis.

As the result of the work there are some proposals for the ways of modernization of existing radioprograms production and playout systems in accordance to the new technological structure. The necessary changes in work organization are taken up, which will allow optimally use new means of digital radiotechnology (DAB, Internet, WAP). Digital storage system bring up technological processes in radiohouse to the higher level, at the same time it should be enough flexible and open to further changes. Working up the system is the long process and joint work of whole company is needed.

This Bachelor's Thesis consists of 78 pages, contains 18 figures and 7 tables, and is written in estonian.

Key words: computer assisted radio, CAR, digital storage system, metadata, datanetwork.

РЕЗЮМЕ

Быстрое развитие инфотехнологии вызвало большие изменения в производстве и выпуске программ радиовещания. Новым этапом в развитии компьютеризированной радиотехнологии (CAR) становятся цифровые системы хранения, которые скорее активно участвуют во всех рабочих процессах радиодома, чем являются пассивными хранилищами звукозаписей. Все большую роль в выпуске программ радиовещания играет дополнительная информация, касающаяся звукозаписей - метаданные.

Данная работа бакалавра рассматривает аспекты создания цифровой системы хранения Эстонского Радио, причем большую часть этой системы составит новый цифровой архив звукозаписей. В работе дан анализ источников и пользователей будущей системы хранения. Большое значение имеют рабочие алгоритмы, которые в свою очередь определяют технические требования к возможному аппаратному и программному обеспечению. В работе также указаны возможные расходы, связанные с созданием новой технологической структуры.

Результатом работы явились предложения путей модернизации существующих систем производства и выпуска программ радиовещания и соответствии с новой технологической структурой. Освещены нужные изменения организации труда, которые позволят оптимально использовать новых средств цифровой радиотехнологии (DAB, Internet, WAP). Цифровая система хранения поднимает технологические процессы радиодома на новый уровень, в тоже время она должна быть достаточно гибкой и открытой для последующих изменений. Разработка системы - долгий процесс и требует совместной работы всего коллектива.

Настоящая работа бакалавра содержит 78 страниц, в ней приводится 18 рисунков и 7 таблиц, работа выполнена на эстонском языке.

Ключевые слова: компьютеризированная радиотехнология, CAR, цифровая система хранения, метаданные, сеть передачи данных.

EESSÕNA

Asudes tööle Eesti Raadiosse, otsustasin kirjutada bakalaureusetöö raadiotehnoloogilisel teemal. Juhtus nii, et tänapäeva ringhäälingu organisatsioonide jaoks üheks aktuaalseks teemaks on digitaalne helisalvestiste talletussüsteem, ning see sobis hästi nii minu õpingute suunaga ja oli ka huvitavaks ja mitmekesiseks ülesandeks. Talletussüsteemide idee ei ole uus ja selle loomise võimalusi kaaluti oli juba 80-te aastate alguses. Kahjuks ei ole see projekt säilinud, kuid on teada, et selle aja põhiprobleemiks olid andmeedastuskanalite parameetrid.

Eelkõige tahaks tänada ER peainseneri Kaupo Varandit, kes soovitas mulle seda teemat ja andis palju erialast informatsiooni. Samuti tänan juhendajat TÜ-st Avo Otsa, kes andis mulle palju kasulike suuniseid töö sisulise külje ja ülesehituse osas.

Tänan ka Eesti Raadio tehnikadirektorit Tiit Kasemetsa tema mõistva suhtumise ja toetuse eest. Tööks väärtusliku informatsiooni eest tänan ka teisi raadiomaja töötajaid: Heli Pikk – arhiivi ja fonoteegi juhataja, Erkki Neidre – infotehnoloogia peaspetsialist, Hannes Valdma – arendusnõunik.

Tallinn, november 2000

Aleksander Väljamäe

SISUKORD

TEKSTIJOONISTE LOETELU	9
TABELITE LOETELU	10
SISSEJUHATUS	12
1 EESTI RAADIO STRUKTUURI ANALÜÜS.....	14
1.1 EESTI RAADIO TEGEVUSALADE LÜHITUTVUSTUS	14
1.2 EESTI RAADIO TEHNOLOOGIA TUTVUSTUS.....	14
1.2.1 Tootmissüsteemid.....	15
1.2.2 Raadioprogrammide väljastussüsteemid.....	17
1.2.3 Helisalvestiste talletussüsteem.....	18
2 DIGITAALKUJULISE HELI KASUTAMINE RINGHÄÄLINGUS	20
2.1 DIGITAALKUJULISE HELI TUTVUSTUS	20
2.1.1 Digitaalkujulise heli parameetrid	20
2.1.2 Heli kodeerimisalgoritmid	20
2.1.3 Nõrgalt ja tugevalt komprimeeritud heliinfo lõigud.....	22
2.2 DIGITAALKUJULISE HELI TALLETAMINE	23
2.2.1 Digitaalkujulise heli talletamiseks sobivad andmekandjad.....	23
2.2.2 Helifailide tüübid.....	24
2.2.3 Mäluseadmete hierarhia	24
2.2.4 Digitaalsete heliarhiivi standardne ülesehitus	26
2.2.5 Digitaalsete heliarhiivide iseärasused	27
2.3 HELITÖÖJAAMAD.....	28
2.3.1 Helitööjaama koostisosad.....	28
2.3.2 Helitööjaamade liigid	29
2.4 DIGITAALKUJULISE HELI EDASTAMISE	29
2.4.1 Eesti Raadio raadioprogrammide jaotusvõrk.....	30
2.4.2 Digitaalkujulise heli vastuvõtt ja saatmine raadiomajas	30
2.4.3 Eesti Raadio interneti teenused ja nende arengusuunad.....	31
2.4.4 Raadiomaja siseandmesidevõrk e. intranet.....	31
2.5 ARVUTIPÕHINE RAADIOPROGRAMMI TOOTMIS- JA VÄLJASTUSSÜSTEEM	31
2.5.1 Arvutipõhine raadioprogrammi tootmis- ja väljastussüsteemi põhimõtted.....	31
2.5.2 Arvutipõhiste raadioprogrammi tootmis- ja väljastussüsteemide kasutus raadiomajas	34
3 DIGITAALSE TALLETUSSÜSTEEMI ANALÜÜS.....	35
3.1 DIGITAALHELIKANDJATE AASTANE JUURDEKASV	35
3.2 DIGITAALSE HELIARHIIVI SISENDID	37
3.2.1 Originaalsete helisalvestiste tootmine	37
3.2.2 Toimetuste toodang - raadiosaated	37
3.2.3 Arhiivi ja fonoteegi varamud kui talletussüsteemi allikas	38
3.2.4 Digitaalse heliarhiivi oletatav juurdekasv aastas.....	40
3.3 DIGITAALSE HELIARHIIVI KASUTAJAD	41
3.3.1 Raadiomaja sisesed digitaalse heliarhiivi kasutajad.....	41
3.3.2 Raadiomaja välised digitaalse heliarhiivi kasutajad.....	41
3.4 DIGITAALNE KÄIBEFONOTEK.....	41
3.5 TALLETUSSÜSTEEMI ANDMEBAASI KASUTAJATE ÕIGUSTE MÄÄRAMINE	42
4 INFOVAHETUS DIGITAALSES TALLETUSSÜSTEEMIS	43
4.1 ANDMETE SALVESTAMINE DIGITAALSESSE HELIARHIIVI.....	43
4.1.1 Tekstijoonistel kasutatavate nimetuste selgitused	43
4.1.2 A tüüpi heliinfo lõikude sisestamine digitaalsesse heliarhiivi	46
4.1.3 B1 tüüpi heliinfo lõikude sisestamine digitaalsesse heliarhiivi	48
4.1.4 B2 tüüpi heliinfo lõikude sisestamine digitaalsesse heliarhiivi	50
4.1.5 C - tüüpi heliinfo lõikude sisestamine digitaalsesse heliarhiivi	50
4.2 DIGITAALSE ARHIIVI KASUTAMINE	52
4.2.1 Raadiomaja sisene digitaalse heliarhiivi kasutamine	52
4.2.2 Digitaalse arhiivi raadiomaja välised kasutajad	56

4.3 DIGITAALSE KÄIBEFONOTEEGI KASUTUS	58
5 TALLETUSSÜSTEEMI PARAMEETRITE MÄÄRAMINE	59
5.1 DIGITAALSE ARHIIVI SISENDID	59
5.1.1 A ja C tüüpi heliinfo lõikude sisestamine digitaalsesse heliarhiivi.....	59
5.1.2 B1 tüüpi heliinfo lõikude sisestamine digitaalsesse heliarhiivi	59
5.1.3 B2 tüüpi heliinfo lõikude sisestamine digitaalsesse heliarhiivi	59
5.2 DIGITAALSE TALLETUSSÜSTEEMI ANDMEMAHUD.....	59
5.2.1 Eelkuulamiskoopia heliformaadi määramine	59
5.2.2 Ernevate digitaalse heliarhiivi osade võimalikud mälumahud.....	60
5.2.3 Käibefonoteegi mälumahud	60
5.3 TALLETUSSÜSTEEMI ANDMESIDEVÕRK	60
5.3.1 Eelkuulamisserveri kasutamine.....	61
5.3.2 Talletatud helifailide kasutus raadioprogrammis	62
5.3.3 Talletatud helifailide kasutamine helitööjaamades	62
5.3.4 Järeldused	64
6 EELDATAVAD KULUTUSED TALLETUSSÜSTEEMI RIIST- JA TARKVARA HANKIMISEKS	65
KOKKUVÕTTE	67
VIITELOETELU	68
LISA A. TERMINID	71
LISA B. TALLETUSSÜSTEEMI RIISTVARALISED NÕUDED.....	72
LISA C. EDASTUSMEEDIA RIBALAIUSE JAGAMINE ETHERNETIS.....	74

TEKSTIJOONISTE LOETELU

Joon. 1 Heliinfo lõikude vahetus raadiomaja kolme funktsionaalse osa vahel.....	15
Joon. 2 Mäluseadmete hierarhia [27].....	25
Joon. 3 Digitaalse heliarhiivi standartne ülesehitus [32]	26
Joon. 4 Tööprotsessid, mis toimuvad arvutipõhistes raadioprogrammi tootmis- ja väljastussüsteemides (ARTV-es).....	33
Joon. 5 Erinevate digitaalhelikandjate juurdekasvu proportsioonid [3]	35
Joon. 6 Arhiivi ja fonoteegi varamud [3].....	39
Joon. 7 A ja C tüüpi heliinfo lõikude sisestus digitaalsesse heliarhiivi	47
Joon. 8 B1 tüüpi heliinfo lõikude sisestus digitaalsesse heliarhiivi.....	49
Joon. 9 B2 tüüpi heliinfo lõikude sisestus digitaalsesse heliarhiivi.....	51
Joon. 10 Digitaalse heliarhiivi kasutamine raadiomaja siseste üksikute helitööjaamade poolt	53
Joon. 11 Digitaalse heliarhiivi kasutamine raadiomaja siseste ARTV-sse kuuluvate helitööjaamade poolt.....	55
Joon. 12 Digitaalse heliarhiivi kasutamine raadiomaja väliselt.....	57
Joon. 13 Ühise edastuskanali läbilaskevõime sõltuvalt ühe kasutaja ooteajast	63
Joon. 14 OSI ja IEEE 802 baasmudelid [44]	74
Joon. 15 Andmevahetus klient - server tüüpi rakendustes.....	75
Joon. 16 Jagatud edastusmeedia kasutus klient-server tüüpi rakendustes	76
Joon. 17 Etherneti paketi struktuur [44]	76
Joon. 18 Kommuteeritud edastusmeedia	77

TABELITE LOETELU

Tabel 1 - Vajalike mälumahtude sõltuvus heliformaatide parameetritest.....	20
Tabel 2 - Erinevate helikomprimeerimise algoritmide näited [11, 12, 15].....	22
Tabel 3 - Eesti Raadios arhiveerimiseks kasutatavad digitaalhelikandjate parameetrid ...	24
Tabel 4 - 24 tunni jooksul talletamisele kuuluvad raadiosaated [3]	37
Tabel 5 - Heliarhiivis ja käibefonoteegis talletatud helisalvestiste mahud (seisuga september 2000), [3].....	38
Tabel 6 - Digitaalse heliarhiivi võimalik juurdekasv aastas	40
Tabel 7 - Digitaalse käibefonoteegi suurus ja võimalik juurdekasv aastas	42

LÜHENDID

ADPCM – adaptiivne diferentsiaalne impulsskoodmodulatsioon, *Adaptive Pulse Code Modulation*

AES - Heliinseneride Ühing, *Audio Engineering Society*

ARTV - arvutipõhine raadioprogrammi tootmis- ja väljastussüsteem

BWF - ringhäälingu nõudmistele kohandatud helifaili tüüp, *Broadcast Wave Format*

CAR - arvutipõhine raadiotehnoloogia, *Computer Assisted Radio*

DA - digitaalne heliarhiiv, *Digital Archive*

DAB - digitaalne raadio, *Digital Audio Broadcasting*

DAW - heli tööjaam, *Digital Audio Workstation*

EBU - Euroopa Ringhäälingute Liit, *European Broadcasting Union*

E-DAW - toimetaja helitööjaam, *Editorial Digital Audio Workstation*

GbE - gigabitt ethernet, *Gigabit Ethernet*

IEEE - Elektriinseneride standartiseerimiskomitee, *Institute of Electrical and Electronics Engineers*

ISO - Rahvusvaheline Standardite Organisatsioon, *International Standards Organization*

ITU - Rahvusvaheline Telekommunikatsiooni Liit, *International Telecommunication Union (of the UN)*

LAN - kohtvõrk, *Local Area Network*

MPEG - audiovisuaalse informatsiooni esitlusstandard (mitu eri versiooni), *Moving Picture Expert Group*

O-DAW - otse eetri helitööjaam, *On-air Digital Audio Workstation*

PCM - impulsskoodmodulatsioon, *Pulse Code Modulation*

P-DAW - produtseerimise helitööjaam, *Production Digital Audio Workstation*

R-DAW - restaureerimise helitööjaam, *Restoration Digital Audio Workstation*

SQL - andmebaaside päringute standard (mitu eri versiooni), *Structured Query Language*

WAP - mobiilirakenduse protokoll, *Wireless Application Protocol*

WS - tööjaam, *Work Station*

SISSEJUHATUS

Raadioringhäälingu organisatsioonide tegevust võib tinglikult jagada kolmeks funktsionaalseks osaks. Nendeks osadeks on raadioprogrammide tootmine, raadioprogrammide väljastamine ning oma poolt toodetud ja ka hanke helisalvestiste talletamine pikkaajaliseks säilitamiseks. Funktsionaalsed osad on ühendatud omavahel nii administratiivsel, loogilisel kui ka füüsilisel tasemel ja kujutavad endast ühte terviklikku raadiotehnoloogiat.

Digitaalkujuline helitehnoloogia tõi endaga kaasa nii kasutatava helisignaali kvalitatiivseid muudatusi - näiteks, dünaamilise diapasoni laiendamise, signaal/müra suhte paranemise - kui ka löi võimalusi arvutite kasutamiseks kõikides raadiotehnoloogilistes protsessides. Arvutipõhise raadiotehnoloogia areng (*CAR - Computer Assisted Radio*) on pidev ja on seotud maailma üldise infotehnoloogilise arenguga.

CAR algetapis kasutati arvuteid raadioprogrammi väljastamise automatiseerimiseks - eriheliseadmete juhtimiseks. Arvutiprotsessorite võimekuse ja mälumahtude kasvu tagajärjeks oli spetsialiseeritud helitööjaamade (*DAW - Digital Audio Workstation*) tekkimine, mille abil võis toimuda helisignaali salvestus ja helifailide formeerimine, nende failide talletus ja töötlus.

Kohtvõrkude tehnoloogia arenguga sai võimalikuks mitme tööjaama ühendus ühtse tark- ja riistvara süsteemi, kus toimub helifailide ja metaandmete (*metadata*) ühine kasutus. Tänapäeva arvutipõhised raadioprogrammi tootmis- ja väljastussüsteemid (*ARTV*) võimaldavad väljastada raadioprogramme ka kohandatuna *DAB (Digital Audio Broadcasting)* ja Interneti nõuetele, kus suurt osatähtsust omab just metaandmete kasutus.

Uueks etapiks CAR arengus on suurte digitaalsete talletussüsteemide tekkimine, mille mälumahud algavad mitmest terabaidist. Selliseid süsteeme võib liigitada kas digitaalseteks heliarhiivideks või digitaalseteks käbefondideks, sõltuvalt nende kasutamise otstarbest ja talletatud helisalvestiste väärtusest. Lisaks uutele võimalustele, mis paratamatult toob kaasa helisalvestiste talletus digitaalkujul, tekib võimalus kõigi kolme funktsionaalse osa ühendamiseks ühtsesse süsteemi.

Ühist andmesidevõrku kasutav CAR võimaldab talletatud helifailide ja metaandmete vahetut kasutamist raadioprogrammide tootmis- ja väljastusprotsessis, eriti siis, kui tegemist on digitaalse käibefondiga. Samuti tekib võimalus hõlbustada ja kiirendada kasutatavate infomaterjalide arhiveerimisprotsessi. Kirjeldatud talletussüsteem saab osaleda nüüd kõikides raadiotehnoloogilistes protsessides, mis oluliselt kiirendab informatsiooni vahetust kõigi kolme raadiomaja funktsionaalse osa vahel. See võimaldab raadioprogrammi toimetajatel säästa aega ja rohkem kontsentreeruda loomingulisele tööle.

Käesolevas bakalaureuse töös on antud praeguse Eesti Raadio tehnoloogia analüüs kõikide tema funktsionaalsete osade suhtes. Arvutipõhise raadiotehnoloogia arengu uueks etapiks saab olema loodav Eesti Raadio digitaalne talletussüsteem, kus hoitakse nii heli kui ka teksti, pildi, multimeedia jne. faile. Uue talletussüsteemi loomise esimeses etapis toimub uute originaalsete helisalvestiste sisestamine digitaalsesse heliarhiivi, kuhu järk järgult hakatakse üle viima ka vanu analoogkujulisi helisalvestisi. Teiseks etapiks on digitaalse käibefondi rajamine, kus kõik kasutusel olevad helisalvestised on kättesaadaval *ARTV* ja helitööjaamade kasutajatele. Kuigi suurem osa tööst on pühendatud digitaalsele heliarhiivile on samad tööpõhimõtted rakendatavad ka tuleviku käibefonoteegis.

Töö eesmärkideks on uue digitaalse talletussüsteemi:

- juurdekasvu allikate ja sellest tulenevate helisalvestiste mahtude määramine,
- võimalike kasutajagruppide analüüs ja nende kasutajaõiguste määramine,
- tööalgoritmide leidmine ja süsteemi arendamiseks vajalike tehniliste parameetrite määramine,
- vajaliku riist- ja tarkvara kirjeldus ja eeldatavad kulutused nende hankimiseks.

Töö koosneb järgmistest osadest:

- Punkt 1 tutvustab Eesti Raadio kolme funktsionaalset osa,
- Punktis 2 on kirjeldatud digitaalkujulise helisignaali omadusi ja selle kasutuselevõtmisega kaasnevaid muudatusi – helitööjaamad ja ARTV-d,
- Punktis 3 on antud digitaalse talletussüsteemi juurdekasvu analüüs ja on määratud kasutajagrupid,
- Punkt 4 kirjeldab informatsiooni sisestamise ja kasutamise tööalgoritme talletussüsteemi jaoks,
- Punktis 5 on antud talletussüsteemi loomiseks vajalikud tehnilised nõuded, kusjuures alampunkt 5.3 on pühendatud sideandmevõrgu oletatavale koormusele,
- Punkt 6 valgustab eeldatavaid kulutusi talletussüsteemi rajamiseks ja hooldamiseks,
- Lisas A on toodud töös kasutatavamate terminite selgitused,
- Lisa B tutvustab nõudmisi talletussüsteemi riistvarale,
- Lisa C käsitleb ribalaiuse jagamist edastusmeedias Etherneti ja tema edasiarenduse Gigabit Etherneti võrgu alusel.

1 EESTI RAADIO STRUKTUURI ANALÜÜS

1.1 EESTI RAADIO TEGEVUSALADE LÜHITUTVUSTUS

Regulaarne ringhääling Eestis sai alguse 1926 aastal [1], kui Tallinnas hakkas tööle esimene raadiosaatja. Seda tähtpäeva võib lugeda ka Eesti Raadio tegevuse alguseks. Tänapäeva Eesti Raadio on Ringhäälinguseadusega asutatud avalik-õiguslik juriidiline isik, kelle tegevuse eesmärgid on samuti reguleeritud selle seadusega.

Eesti Raadio tagab oma programmides eesti rahvuskultuuri ja ajaloo seisukohalt oluliste sündmuste jäädvustamise, säilitamise ning tutvustamise Eestis ja välismaal, olles Euroopa Ringhäälingute Liidu (*EBU - European Broadcasting Union*) liige. EBU raames osaleb Eesti Raadio paljudes projektides, peamiselt muusikavahetuses ja kontserdisarjades organiseerides kontsertide otseülekandeid Euroopasse

Eesti Raadio põhitegevuseks on kõikide rahvastikurühmade info-, kultuuri- ja meelelahutusvajaduse rahuldamine mitmekesiste ja tasakaalustatud programmide näol. Eesti Raadio edastab ööpäevaringselt nelja ringhäälingu raadioprogrammi - Vikerraadiot (Eesti Raadio põhiprogramm), Raadio 2 (suunatud nooremale kuulajaskonnale), Klassikaraadiot (klassikalisele muusikale spetsialiseerunud raadioprogramm) ning Raadio 4 (suunatud venekeelsele kuulajaskonnale). Raadiosaateid toodetakse nii raadiomaja siseselt kui ka väliselt - kohalikes stuudios, suurimad nendest on Tartu, Narva ja Pärnu stuudio.

Eesti Raadio on üks suurimaid fonogrammitootjaid Eesti Vabariigis. Fonogrammi (helisalvestise) tootja Autoriõiguse seaduse tähenduses on *“füüsiline või juriidiline isik, kes esimesena õiguspäraselt salvestas teose esitamisest lähtuva heli või loodusliku heli”* [2]. Muusikasalvestisi ning teisi kultuuri ja ajaloo seisukohalt olulist teavet sisaldavaid helisalvestisi, säilitakse Eesti Raadio arhiivis. Neid võib käsitada avalike arhivaalidena, millelele rakendub eriline kaitse ja säilitamise kohustus.

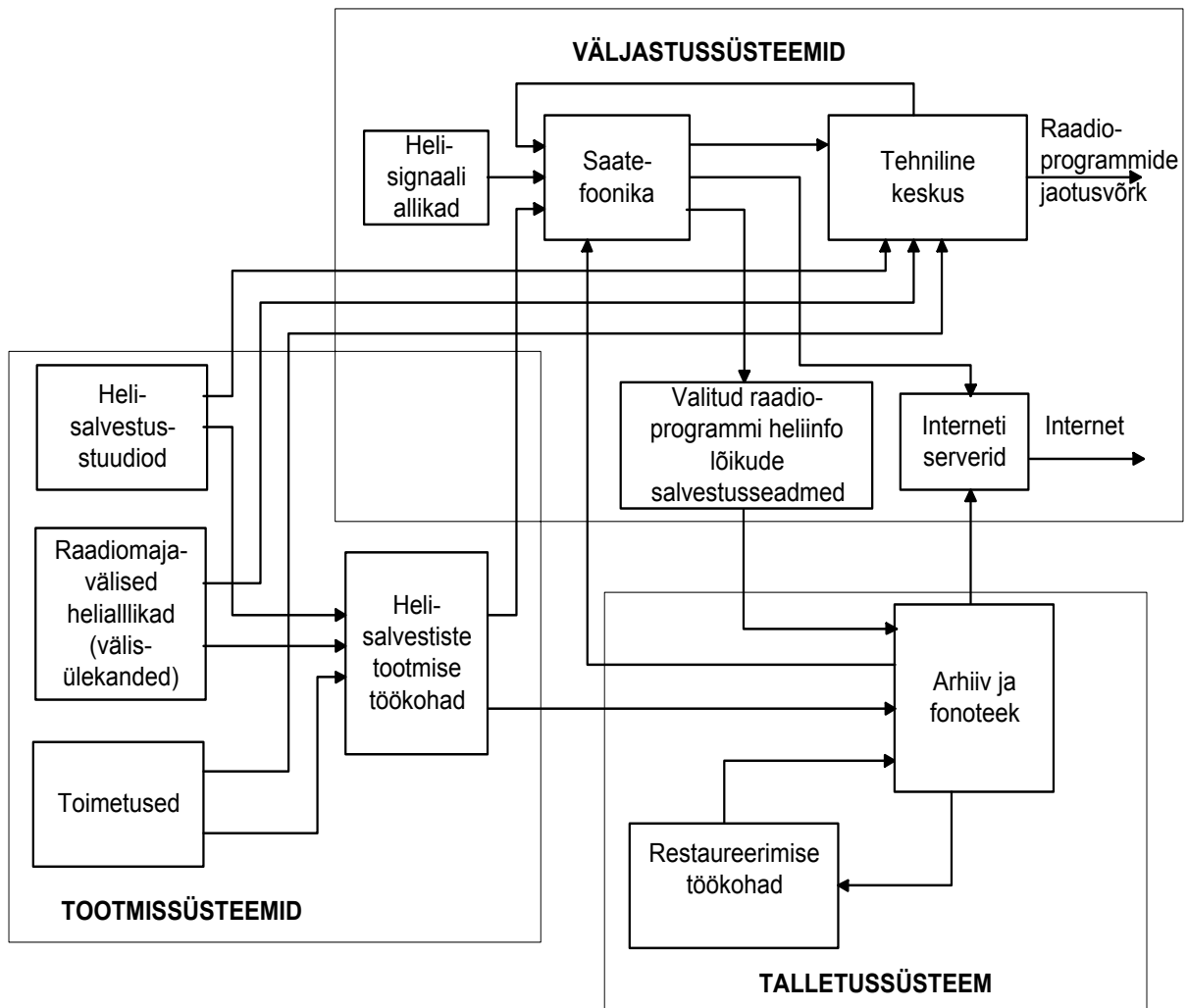
1.2 EESTI RAADIO TEHNOLOOGIA TUTVUSTUS

Eesti Raadio tehnoloogiat võib jagada kolmeks funktsionaalseks osaks:

- tootmissüsteemid (raadiosaadete ja muude heliinfo lõikude tootmine),
- väljastussüsteemid (raadioprogrammi väljastus),
- talletussüsteemid (helimaterjalide talletamine heliarhiivis või käibefondis).

Jagamine osadeks on küllaltki tinglik, sest need moodustavad ühe tehnoloogilise terviku ja sageli on ühel helistuudiol või helitööjaamal mitu erinevat funktsiooni (Joon. 1). Funktsionaalsete osade ühendust ehk heliinfo lõikude vahetust füüsilisel tasemel teostakse tänapäeval kahel viisil:

- analoog- või digitaalkujuliste helisignaali edastusliinide abil (helisignaali edastus toimub ainult reaalajas);
- erinevate helikandjate abil - see eeldab seda, et tegemist on eelnevalt salvestatud heliinfo lõikudega e. helisalvestistega.



Joon. 1 Heliinfo lõikude vahetus raadiomaja kolme funktsionaalse osa vahel

1.2.1 Tootmissüsteemid

Eesti Raadios toodetud helisalvestisi võib jagada kaheks osaks - kõnesalvestisteks (raadiosaated, kuuldemängud jne.) ja muusikasalvestisteks.

1.2.1.1 Raadiosaadete tootmine

Raadioringhäälingu programm on kollektiivne teos, mille varalised õigused kuuluvad Eesti Raadiotele [2]. Raadioprogrammi olulisemaks koostisosaks on raadiosaated. Võib öelda, et omatoodetud raadiosaadete arv näitab raadioprogrammi kvaliteeti.

Igal raadioprogrammil on oma toimetaja, mille põhiülesandeks on toota raadiosaateid. Sellega tegelevad toimetajad koostöös reporteritega (toodavad raadiosaadete algelismaterjale – intervjuud, reportaažid, jne.) ja helioperaatoritega (helisalvestiste redigeerimine ja kokkumängimine). Toimetaja võib sageli ka üksinda teha valmis oma raadiosaate - see sõltub paljuski tema oskustest, raadiosaate keerukusest ja tema

töökoormusest. Seoses tehnika arenguga raadiosaate tegemine muutub üha lihtsamaks, mis võimaldab laiendada seda praktikat.

Raadiosaateid võib liigitada kolmeks erinevaks tüübiks, vastavalt nende koosseisus olevate heliinfo lõikude päritolust:

- Raadiosaated, mis koosnevad eelnevalt salvestamata heliinfo lõikudest - nn. otseeetri raadiosaated, näiteks - vestlusring või avalik esinemine raadiomaja stuudiost, otseülekanne sündmuskohast jne.
- Raadiosaated, mis koosnevad eelnevalt salvestatud heliinfo lõikudest või mis juba moodustavad ühe tervikliku kõnesalvestise (eelnevalt kokkumängitud ja salvestatud helikandjale) – näiteks, reklaami lõigud. Selliste raadiosaadete puhul aeg tootmise ja väljastamise vahel võib olla küllaltki suur.
- Raadiosaated, mis omandavad oma lõpliku kuju otse eetris, kuid nende koostisosadeks on ka helisalvestised – näiteks, uudiste lõigud. Raadiosaates kasutatud helisalvestiste osa võib varieeruda 5-st kuni 90%-ni [3].

Selleks, et korduvalt esitada (nn. kordussaateid) viimast kahte raadiosaate tüüpi teistes raadioprogrammis, tuleb neid salvestada väljastuspuldi väljundist enne tehnilisse keskusesse suunamist (vt. p. 1.2.2.2).

Kõik raadiosaated ei kuulu arhiveerimisele. Kui raadiosaade suunatakse heliarhiivi, varustab toimetaja selle vajalikke metaandmetega (lõigu nimetus, autor, lühikirjeldus jne.), mida arhiivitoimetaja sisestab Eesti Raadio andmebaasi (edaspidi tekstis ER andmebaas) vastava arvutiprogrammi abil. Sama moodi arhiveeritakse ka muid kultuurilist väärtust omavaid helisalvestisi (näiteks, intervjuu), mis ei olnud kasutatud raadiosaates täies mahus.

1.2.1.2 Kuuldemängud

Vikerraadio toimetuse alluvuses on raadioteatri toimetuse, mille toodanguks on kuuldemängud. Kuuldemängud kuuluvad samuti kõnesalvestite hulka, kuid nende tootmine sarnaneb rohkem muusikasalvestite tootmisega. Esiteks on nad eelnevalt planeeritud toodang, nende tootmine on seotud suurema ajakuluga ja eri tööjaamadega ning neid säilitakse tingimata heliarhiivis.

1.2.1.3 Muusikasalvestite tootmine

Muusikasalvestite tootmine on samuti eelnevalt planeeritud ning neid säilitakse tingimata heliarhiivis – nn. fondisalvestised. Originaalsete muusikasalvestite tootmise allikateks võivad olla:

- helisalvestusstuudiod ja foonikad, kus toimub helisalvestuste läbiviimine, helitöötlus ja originaalsalvestite tootmine,
- raadiomaja välised salvestused e. välisülekanded (näiteks, Eesti Kontserdi poolt organiseeritud kontsertidest).

Tootmiseks võib ka lugeda arhiivis olevate originaalsete helisalvestiste reprodutseerimist ja/või restaureerimist (vt. p. 1.2.3.2).

1.2.2 Raadioprogrammide väljastussüsteemid

1.2.2.1 Raadioringhäälinguprogrammi moodustamine

Raadioringhäälinguprogramm koosneb ajaliselt järjestatud heliinfo lõikudest - raadiosaadetest, muusikasalvestistest, uudistest, reklaamist (*jingles*), kujundustest (*spots*), jne. Nende lõikude kokkumäng toimub saatefoonikas helioperaatori - nn. eetriväljastaja abil vastavalt raadioprogrammi väljastusjärjekorrale (*playlist*). Eetriväljastaja peamiseks tökohaks on raadioprogrammi väljastuspult e. saatepult, mille abil kontrollitakse ja reguleeritakse erinevaid stereofoonilise helisignaali parameetreid (nivoo, stereopilt).

Raadioprogrammi väljastusjärjekorra loomine koosneb mitmest etapist. Kõigepealt luuakse raadioprogrammi väljastusjärjekorra makette (*templates*). Makett on ajaline šabloon, mis määrab raadioprogrammi väljastusjärjekorra vormi. Tavaliselt väljastamisjärjekorra maketid on koostatud iga nädalapäeva jaoks. Väljastamisjärjekorra maketti täidetakse vastavate raadiosaadetega ja muude heliinfo lõikudega. Selle põhjalikku varianti nimetatakse raadioprogrammi väljastusjärjekorraks. Otse eetris olev väljastusjärjekord võib erandjuhtudel muutuda (muudatusi teeb eetriväljastaja).

Väljastusjärjekorra maketi lühendatud varianti (ei sisalda mõnede heliinfo lõikude ajalise koha määranut - näiteks, reklaam, kujundused, jne.) - raadioprogrammi saatekava (*schedule*) - sisestatakse ER andmebaasi saatekava ossa vastava arvutiprogrammi abil. Saatekava täitmine sõltub toimetuse töö organiseerimisest - tavaliselt teevad seda toimetajad igaüks oma saate kohta, viimasena vaatab selle üle ja vajadusel korrigeerib toimetuse vastutav sekretär. ER andmebaasi saatekava osa on seotud autoriõigusega ja sellest tulenevalt ka tasustamisega.

Saatepuldi sisenditeks võivad olla helisignaali, mille allikateks on:

- Stuudio mikrofoni (teadvustajad, vestlusringid, esinemised) - nn. otsehelid;
- Analoog- ja digitaalheliseadmed;
- Seadmed, mis võtavad vastu väljaspool stuudiot tekitatud helisignaale (näiteks, ISDN koodekid).

Saatepuldi sisenditeks on ka helisignaali edastusliinid tehnilisest keskusest.

1.2.2.2 Tehniline keskus

Eesti Raadio tehnilisel keskusel on mitmeid ülesandeid, sealhulgas:

- Raadioprogrammide kõlavärvi seadistamine helisignaali dünaamika töötlemisseadmete abil. Nendes seadmetes toimub raadioprogrammi stereofoonilise signaali dünaamika ahendamine (kompressseerimine), dünaamika avardamine (ekspandeerimine) või helitaseme piiramine (limiteerimine). Nende seadmete asukoht on tavaliselt tehnilises keskusel. Helisignaali dünaamika töötlemist peab läbima ka Internetti väljastatav raadioprogramm.
- Raadioprogrammide ja muude helisignaali (näiteks, õige aja signaalid) jaotamine nii raadiomaja sisestele kui ka välistele tarbijatele.
- Raadiomaja väliste helisignaali vastuvõtt (satelliitvastuvõtjad, helikoodekid).
- Test- ja tunnussignaalide genereerimine ja väljastus. Avariijuhtudel kindlustab tehniline keskus nn. varumuusika väljastamist.

- Raadioprogrammide kontrollsalvestus vastavalt ringhäälinguseadusele, mis kohustab Eesti Raadiot säilitama kõiki oma raadioprogramme 21 päeva kestel. Käesoleval ajal kontrollsalvestust teostatakse ühe arvuti abil, säilituse heliformaat on 16 bitti, 22,05 kHz, mono, 32 kbitti/s (K=48) RealAudio (vt. p. 2.1.3).

1.2.3 Helisalvestiste talletussüsteem

1.2.3.1 Audiovisuaalsete arhiivide spetsiifika

Audiovisuaalsed arhiivid on suhteliselt noored – nende vanemad arhivaalid on pärit 20-nda sajandi algusest. Ainult vähesed heliarhiivid võivad tunda uhkust vaharullidele talletatud helisalvestiste üle, mis on pärit 19-nda sajandi lõpust [4].

Heliarhiivi põhiliseks ülesandeks on kultuurilist väärtust omava informatsiooni säilitamine, kusjuures säilitusaeg ei ole määratud. Arhiveerimisel püütakse säilitada helisalvestist võimalikult paremate helisignaali parameetritega. Peale oma põhilise eesmärgi, toimub arhiivis ka talletatud helisalvestiste dokumenteerimine ja nende kasutamise võimaluste loomine.

Audiovisuaalsete arhiivide spetsiifika seisneb selles, et talletatava informatsiooni äratundmiseks on vajalikud abiseadmed (näiteks, helisalvestiste puhul - magnetofon). Niisiis helikandja peab olema varustatud vastavate andmetega selles peituva heliinformatsiooni kohta. Iga helisalvestis omab tarbimiseks minimaalse hulga andmeid nn. tiitelandmeid – lõigu nimetus, autor, helisalvestise pikkus. Lisaks tiitelandmetele säilitakse heliarhiivis ka muud informatsiooni talletatud heliinfo lõigu kohta – nn. metaandmed. Metaandmeteks võib nimetada ka helisalvestise tiitelandmeid.

1.2.3.2 Eesti Raadio heliarhiiv ja käibefonoteek

Käesolev Eesti Raadio helisalvestiste talletussüsteem koosneb kahest osast – heliarhiivist ja käibefonoteegist, mida haldavad arhiivitoimetajad. Heliarhiivis olevatele originaalsetele helisalvestitele rakendub eriline kaitse ja säilitamise kohustus. Heliarhiivis talletatud helisalvestiste hulgas on ka neid, mis ei olegi mõeldud raadioprogrammides kasutamiseks.

Käibefonoteegis talletatakse nn. hanke helisalvestisi (sisse ostetavad helisalvestised) või koopiaid originaalsetest helisalvestistest, mida kasutakse igapäevases töös - nii raadioprogrammide tootmisel kui ka väljastamisel. Kui heliarhiivis on nii sõnalised kui ka muusikalised helisalvestised, siis käibefonoteek koosneb põhiliselt muusikasalvestistest (vt. p. 3.2.3 ja Tabel 5).

Arhiivi töötajaid võib liigitada järgmiselt:

- arhiivitoimetajad (andmebaasi haldus - metaandmete sisestamine ja redigeerimine),
- helimaterjalide haldjad (vanade salvestuste otsene üle viimine uutele helikandjatele - sisuliselt arhiivi materjalide dubleerimine käbefondi jaoks),
- restauraatorid (vanade salvestuste töötlemine ja üleviimine uutele helikandjatele ning tiitelandmete lisamine ER andmebaasi vastava programmi abil).

ER andmebaasi kasutamiseks ja metaandmete sisestamiseks on raadiomaja töötajate käsutuses, vastavalt õigustele, spetsiaalne arvutiprogramm. ER andmebaas koosneb mitmest osast (raamatupidamine, töögraafikud jne.), millistest võib mainida:

- raadioprogrammide saatekava osad, mida täidavad toimetajad või vastutav sekretär vastava arvutiprogrammi abil,
- tänapäevaks arhiivis ja käibefondis talletatud helisalvestiste metaandmed, milliseid sisestavad arhiivi toimetajad vastava programmi abil.

1.2.3.3 Metaandmed

Käesoleval ajal metaandmete osatähtsus üha suureneb. Metaandmete kasutamine infovahetuses toob kaasa uusi võimalusi [5], sealhulgas võimaldab:

- vähendada koormusi andmevõrgule, sest kasutajale tihti on vajalik mitte fail ise vaid tema täpne kirjeldus;
- saavutada paremat kontrolli andmevahetuse üle (maksustamine, privaatsus, turvalisus, maršruutimine jne.);
- informatsiooni dubleerimise vähendamine.

Digitaalse talletussüsteemi metaandmeid kasutakse nii raadioprogrammi väljastamisel (näiteks, DAB) kui ka Internetis. Heliarhiivi esitamine Internetis loob uusi võimalusi teenuste seisukohalt. On selge, et ER andmebaasis talletatud metaandmed moodustavad ainult ühe osa tuleviku talletussüsteemi andmebaasist. Metaandmete lisamine andmebaasi võib toimuda nii käsitsi kui ka automaatselt (erinevate andmebaaside vahelised seosed). Palju ootusi tekitavad arvutiprogrammid, mis ise on võimelised heliinformatsiooni analüüsima - näiteks, tundma ära teatud inimese häält [6].

Käesoleval ajal ei ole veel kindlalt välja kujunenud metaandmete standardeid. Üheks selliseks standardiks saab 2001 aastal MPEG 7, mida töötatakse välja ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 töögrupi poolt [7]. Ka EBU töögrupp P/META töötab sellel alal [8].

2 DIGITAALKUJULISE HELI KASUTAMINE RINGHÄÄLINGUS

2.1 DIGITAALKUJULISE HELI TUTVUSTUS

2.1.1 Digitaalkujulise heli parameetrid

Analoogkujulise helisignaali digitaalkujju muundamisel kasutatakse tänapäeval impulsskoodmodulatsiooni - (*PCM - Pulse Code Modulation*), kus signaali väärtusi, mida võetakse teatud aja väärtuste - diskreetide järgi (diskreetimissagedus f_d), kodeeritakse n -bitiste arvsõnade abil (kvanteerimissuurus). Arvsõna pikkus määrab signaal/müra suhte ja diskreetimissageduse suuruse - heli sagedusalad. Teatavasti peab diskreetimissagedus f_d ja sellele vastav diskreetimissamm $T_d = 1/f_d$ olema seotud signaali $f(t)$ spektris esineva maksimaalse sagedusega f_m nii, et $f_d \geq 2f_m$. Ainult sel juhul diskreeditud signaal haarab kogu analoogkujulises helisignalis $f(t)$ peituvat informatsiooni (Nyquist-Kotelnikovi teoreem).

Digitaalkujulist helisignaali võib kirjeldada nelja parameetri alusel - diskreetimissagedus, arvsõna pikkus, helisignaali kanalite arv, edastamiseks vajalik andmevoog (näitab kaudselt komprimeerimise astet), mis moodustavad heliformaadi. Viimast parameetrit võib leida kasutades valemit: diskreetimissagedus $\times$ arvsõna pikkus $\times$ helisignaali kanalite arv [9] (vt. Tabel 1).

Tabel 1 - Vajalike mälumahtude sõltuvus heliformaatide parameetritest

Arvsõna pikkus biti	f_d Hz	Helisignaali kanalite arv	Andmevoog Mbitti/s	Helisalvestiste 1 tunni maht Gbaiti
16	44,1	2	1,411	0,635
16	48	2	1,536	0,691
24	48	2	2,304	1,039
24	96	2	4,608	2,074
24	96	6	13,824	6,221

2.1.2 Heli kodeerimisalgoritmid

Impulsskoodmodulatsioonis kodeeritud digitaalkujuline heli sisaldab teatud informatsiooni liiasust e. entroopiat, mis moodustab ligikaudselt 50 % kogu andmemahust [10]. Seda võib elimineerida, kasutades kadudeta helikomprimeerimist (*lossless audio compression*). Paljukanalise heli puhul entroopia võib olla palju suurem, mis sõltub kanalite omavahelisest korrelatsioonist. Et saavutada suuremat komprimeerimise astet helisignaali jaoks (edaspidi tabelites K) kasutatakse kadudega komprimeerimise võtteid aja ja sageduse järgi.

Algoritmid, mis vähendavad signalis peituvat ajalise liiasuse, saavutavad 4 kordse komprimeerimisfaktoriga praktiliselt ilma algse signaali kadudeta (ca 2%) [11]. Nendes algoritmides kasutatakse keerukamat impulsskoodmodulatsiooni varianti - adaptiivset diferentsiaalset IKM-i (*ADPCM - Adaptive Differential PCM*). Selline modulatsiooni viis kasutab ära seda, et helisignaali $f(t)$ diskreeditud hetkväärtused on teatud määral korreleeritud, mis võimaldab järgnevaid väärtusi eelnevate põhjal ennustada ja edastada

vaid kõrvalekaldeid ennustatud väärtusest. Helisagedusspektrit jagatakse tihti alamspektriteks (*sub-bands*), kus kasutakse erinevaid kvanteerimise suurus. Töötlemiseks on vaja ainult lühikest helisignaali lõiku ja selle tagajärjeks on väike (de)kodeerimisaeg (ca <5ms). Diferentsiaalse modulatsiooni abil kodeeritud andmevoog ei ole väga tundlik edastuskanalis tekkinud vigade (*BER - bitt error rate*) suhtes.

Kadudega komprimeerimisalgoritmid kasutavad ära inimese helitaju iseärasusi. Psühhoakustika e. tajukodeerimise võtted (*perceptual coding*) põhinevad asjaolul, et helispektris kõrvuti olevad sagedused võivad maskeeruda ja jäävad inimkõrva jaoks tähele panemata (eriti kehtib see kõrgete sageduste korral). Selliste algoritmide helikomprimeerimisfaktor võib ulatuda kuni 20-ni, kuid see teeb komprimeeritud heli väga tundlikuks edastuskanalis tekkinud vigade suhtes. Nii kodeerimisel, kui ka dekodeerimisel on vajalik suur mälupuhver töödeldava helisignaali jaoks, millest tuleneb suur ajaline viivis (kuni 500 ms) (de)kodeerimise protsessis. Üheks levinumaks tajukodeerimise võtteid kasutavaks algoritmiks on MPEG (*Moving Picture Expert Group*), mis heli osas jaguneb kolmeks kihiks (edaspidi tekstis Layer), mis on erineva komprimeerimisvõimega.

Tajukomprimeerimise halvaks omaduseks on see, et mitmete algoritmide järjestikku kasutamine halvendab järsult kvaliteeti (*cascading effect*). Olukorda saab parandada, kui esimesena on rakendatav algoritm on kõrgema komprimeerimise astmega (näiteks, MPEG Layer III algoritmi järel MPEG Layer II) [12]. Teiseks võimaluseks vähendada kaskaadefekti on kasutada madalat komprimeerimisastet – näiteks, heliformaat 16 bitti, 48 kHz, stereo, 384 kbitti/s (K=4) võib läbida kuni 10 järjestikkust kodeerimist ilma tajutava helikvaliteedi languseta [13]. Kaskaadefekti toimet võib vältida kasutades komprimeeritud heliga kaasnevat informatsiooni (*coding-decision data*), mis on ette nähtud (de)kodeerite vahelise koostöö parandamiseks ja nõuab 30 kbitti/s lisa edastuskanalit [14].

Tabel 2 - Erinevate helikomprimeerimise algoritmide näited [11, 12, 15]

Heli-kompri-meerimise algoritmi nimetus	Kasutus-ala	Kodeerimis-meetodid	Edastus - kiirus kbitti/s	K	Sagedus-ala Hz	Heli formaat	(De)ko-deeri-misaeg ms
ITU-T G.722	Video-konverents	ADPCM, 2 alamspektrit	64	4	50-7500	mono	<30
			128	4	50-15000 ¹	mono	<30
Apt-X (ei ole standard)	Ring-hääling	ADPCM, 4 alamspektrit	64	4	20-7500	mono	<5
			384	4	20-22000	stereo	<5
ISO/IEC MPEG -1, 2 Layer II	Satelliit-side, ring-hääling	Taju-kodeerimine, 32 alam-spektrit	64 ²	8	20-10000	mono	150
			64	12	20-10000	mono	200
			128	6	20-20000	mono	140
			128	12	20-20000	ahendatud stereo ³	350
			256	6	20-20000	stereo	250
ISO/IEC MPEG - 1, 2 Layer III	Internet	Taju- ning Hoffmani ⁴ kodeerimine, 576 alam-spektrit	64	8	20-15000	mono	280
			64	12	20- 20000	mono	240
			64	16	20-15000	ahendatud stereo	450
			128	12	20-20000	stereo	340

2.1.3 Nõrgalt ja tugevalt komprimeeritud heliinfo lõigud

Tänapäeva ringhäälingus kasutakse tihti komprimeerimise standardeid, millistest üks levinumaid on MPEG Layer II algoritm järgmiste heliformaadi parameetritega - 16 bitti, 48 kHz, stereo. Seda heliformaati kasutakse nii digitaalse ringhäälingu standardites - DAB ja DVB (*Digital Video Broadcasting*), kui ka EBU standardiga määratud BWF (vt. p. 2.2.2) failitüübis [16, 17, 18].

¹On väljaspool G.722 standardi.

²MPEG Layer II kodeeritud heli andmevood e. komprimeerimisastet võib valida piirides 32 kbitti/s - 384 kbitti/s, Layer III puhul 32 kbitti/s kuni 320 kbitti/s [12].

³Ahendatud stereo (*joint stereo*) - kahes stereokanalis sisalduv informatsiooni kodeeritakse ühiselt, kasutades seoseid nende vahel, kiirendades sellega komprimeerimise protsessi. Layer II kasutab selleks "*intensity coding*" meetodit, mille tagajärjeks heli stereopildi sagedusala üle 3 kHz esitatakse ühel seitsmest kindlast positsioonist. Layer III ahendatud stereo on edastatav L+R/L-R algoritmi abil [12].

⁴Hoffmani (*Huffman*) koodide kasutamisel tihedamini korduvaid informatsiooni löike kodeeritakse lühemate koodsõnadega.

Helikvaliteedi kadude määramine tajukodeerimisalgoritmide kasutamisel on väga subjektiivne. Oma töös pean otstarbekaks eristada järgmiseid komprimeeritud heliinfo lõikude tüüpe:

- Nõrgalt komprimeeritud heliinfo lõikude komprimeerimisaste ei ületa 8, mille puhul tavaline kuulaja ei tee vahet originaali ja töödeldud salvestise vahel kuid on tajutav treenitud kuulajal. Kasutades MPEG Layer II algoritmi on võimalikud järgmised heliformaadid - 16 bitti, 48 kHz, stereo, 384 kbitti/s (K=4) kuni 192 kbitti/s (K=8). Kasutatavaim andmevoo kiirus on 256 kbitti/s (K=6), millega saavutatakse küllaltki häid helikvaliteedi tulemusi [19].
- Tugevalt komprimeeritud heliinfo lõigudes komprimeerimisaste ületab 8, mille puhul ka tavaline kuulaja võib saada aru helisignaali töötlemisest. Näiteks, võib kasutada MPEG Layer III ehk MP3, RealAudio ja teisi tugeva kompressiooni algoritme. Võimalikud heliformaadid on - 16 bitti, 48/32/22,05/24 kHz, mono või stereo, 128 kbitti/s (K=12) kuni 16 kbitti/s (K=96). Helisignaali algse diskreetimissageduse vähendamisel on vaja arvestada, et paremaid tulemusi ja kiiremaid (de)kodeerimisaegu saavutatakse täisarvorkordsete väärtuste puhul (Näiteks, 48 kHz → 24 kHz → 12 kHz) [20]. Seega laia- tarbe helikaartidega arvutite omanikele on kasutamiseks mugavam 44,1 kHz-ga kordne diskreetimissagedus - 22,05 kHz.

2.2 DIGITAALKUJULISE HELI TALLETAMINE

2.2.1 Digitaalkujulise heli talletamiseks sobivad andmekandjad

Alates 90-te algusest heliarhiivide juurdekasv hakkas toimuma ka digitaalhelikandjate arvel, mis tänapäevaks on juba enim kasutatavad helisalvestiste talletamiseks. Neid võib liigitada:

- optilisteks (kandjale kirjutakse andmeid ja loetakse neid optilisel teel), näiteks CD, CD-R, DVD-Audio (*Digital Video Disc*) jne.,
- magnetilisteks (kandjale kirjutakse andmeid ja loetakse neid magnetilisel teel), näiteks DAT (*Digital Audio Tape*) kassett,
- magnetoptilisteks (andmete kirjutamine kandjale toimub magnetilisel teel - lugemine aga optilisel), näiteks MD (*MiniDisc*).

Helisalvestisi talletatakse digitaalhelikandjatel lineaarsel (PCM) või komprimeeritud (MPEG, AC-3⁵) kujul. Lisaks heliinformatsioonile, helikandja sisaldab ka lisaandmeid, mis võimaldavad hõlpsamat helisalvestiste kasutamist (salvestite numeratsioon, ajaline kestvus, jne.). Käesoleval ajal lisatakse helikandjatele üha rohkem ka metaandmeid, mis on esitatud eraldi failidena.

Erinevate andmekandjate kiire areng ja mälumahu hindade langus (ca 50% aastas) annab lootust digitaalarhiivide tehnoloogia kasutamiseks ringhäälingu organisatsioonide poolt (vt. p. 2.2.5). Samal ajal suuremahuliste andmetalletussüsteemide kõrged hinnad on seotud ka nende tarbijate võimalustega – pangandus, riigikaitse ja teiste selliste organisatsioonidega, kelle jaoks rahalised kulutused ei ole alati kõige tähtsamad. Paljud heliarhiivid, näiteks NSA (*London's National Sound Archive*) [22], on tänapäeval valinud vahepealse etapi ja kasutavad talletamiseks optilisi digitaalhelikandjad.

⁵ Helikomprimeerimise algoritmi Dolby Digital AC-3 kasutakse DVD standardis [21].

Digitaalhelikandjate eelisteks on sõltumatus kiirelt arenevast arvutipõhisest tehnoloogiast, puudused – aja jooksul füüsiliste omaduste muutumisest tulenevate andmevigade kasv. Digitaalhelikandjaid kasutakse arhiveerimiseks suhteliselt lühikest aega võrreldes magnetlindiga ja tänapäeval on raske ennustada nende säilimisaega. Pessimistlike prognooside kohaselt on see küllaltki väike [23]. Tabelis on kasutatud digitaalhelikandjate säilivusajad, mis on garanteeritud mitmete suurte tootjate (Sony, Maxell, Basf, HP jne.) poolt (Tabel 3).

Tabel 3 - Eesti Raadios arhiveerimiseks kasutatavad digitaalhelikandjate parameetrid

Digitaalhelikandja	Komprimeerimise algoritmide kasutus	Maksimaalne maht minutit	Arvsõna pikkus bitti	f_d kHz	Prognoositav säilimisaeg kasutamiseks aastat
CD	-	74	16	44,1	30-100
CD-R	-	74	16	44,1	10-30
DAT	-	120	16	48	3-10

2.2.2 Helifailide tüübid

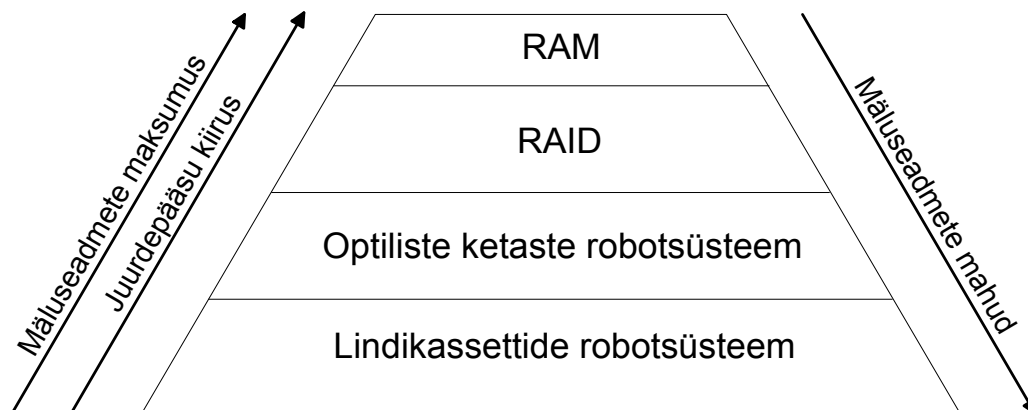
Digitaalkujulise heli tekkimine võimaldas käsitleda seda - toota, töödelda, väljastada ning talletada, kasutades ka arvutitehnika võtteid. Arvutite kasutamisega ringhäälingus kujunesid välja kaks põhilist digitaalkujulise heli faili standardit. MAC/UNIX baasil põhinevad süsteemid kasutavad AIFF (*Audio Interchange File Format*) faili tüüpi. PC arvutitel on aga kasutusel Microsofti poolt väljatöötatud RIFF/WAVE (*Resource Interchange File Format*) faili tüüp, mis võimaldab talletada digitaalkujulist heli lineaarsel või komprimeeritud kujul.

Käesoleval ajal arvutipõhised helitehnoloogiad ei sõltu faili tüübist - toimub vahetu informatsiooni üle viimine vajalikku formaati. Samal ajal pakub erilist huvi BWF (*Broadcast Wave Format*) faili standard, mille töötas välja EBU töögrupp P/DAPA (*Digital Audio Production and Archiving*) tihedas koostöös digitaalse heliseadmete tootjatega. Töögrupp valis uue faili aluseks RIFF/WAVE faili standardi, mis on tänapäeval enamkasutatav arvuti maailmas. BWF faili erinevuseks on spetsiaalne BEXT (*Broadcast Extension Chunk*) blokk, kuhu lisatakse vajalikud metaandmed failis oleva heli kohta. Selline uuendus on väga mugav heli failide vahetamisel erinevate organisatsioonide vahel, samuti BEXT blokki saab lisada kõik andmed antud heli kodeerimise ja töötlemise ajaloost, mida tekitavad heliseadmed automaatselt. BWF on määratletud EBU standardiga N22-1997 [24], ning selle ja BEXT bloki kirjeldus on toodud EBU spetsifikatsioonis Tech.3285-E [25], mis sisaldab ka põhjalikku Microsofti RIFF formaadi kirjelduse. MPEG helikomprimeerimise algoritmi kasutus BWF failis on antud Tech. 3285-E Lisas 1 [26]. BWF faili kasutamist valgustab EBU soovitus R85 [18].

2.2.3 Mäluseadmete hierarhia

Digitaalandmete talletamisel on vaja teada mitmeid parameetreid, mis oluliselt mõjutavad kasutatavate mäluseadmete valikut:

- Andmete kasutamise tihedus ja kasutajate arv,
- Juurdepääsu aeg talletatud andmetele (kui kaua saab kasutaja oodata),
- Talletamisele kuuluvate andmete maht.



Joon. 2 Mäluseadmete hierarhia [27]

- **RAM** (*Random Access Memory*) - muutmälu. Käesoleval ajal võib muutmälu ulatuda paari Gigabaidini, näiteks videoservertide vahemäludes (*movie cache*) [28].
- **RAID** (*Redundant Array of Independent Disks*) - kõvaketaste massiiv. - Salvestusarhitektuur, kus hulk magnetkettaid on grupeeritud ühtseks talletusseadmeiks, organiseerides pidevat paarsuskontrolli erinevate kõvaketaste vahel. RAID süsteeme on erineva ülesehitusega (mida tähistatakse RAID “tasemega” 1 -7, 10). Igal RAID tasemel on spetsiifiline kasutusvaldkond. Audiovisuaalsete materjalide talletamiseks sobivad paremini (juurdepääsu kiiruse pärast) RAID 1 või 5 [3]. RAID on küll kallim kui teised mass-talletusseadmed, kuid eelistatud juurdepääsukiiruse (kümned millisekundid) ning ennekõike veakindluse poolest. Ühes RAID süsteemi mälumaht võib ulatuda mitmesaja Gbaidini.
- Optiliste ketaste robotsüsteem (*optical jukebox*). Robotsüsteem kujutab endast optiliste ketaste hoidlat ühe või mitme lugeriga. Ühe sellise seadme suurus võib ulatuda kuni 1400 kettani [29]. Robotsüsteemi saab ümber konfigureerida, muutes lugerite ja ketaste arvu omavahelist suhet, suurendades sellega juurdepääsukiirust talletatud andmetele - varieerub 10 - 20 sekundi vahel (ketta vahetuse aeg). Vastavates optiliste ketaste robotsüsteemides võib kasutada ka DVD kettaid.
- Lindikassettide robotsüsteem (*Tape arhiiv, Tape Roboter, Tape Library*). Robotsüsteem kujutab endast lindikassettide (*DLT - Digital Linear Tape*) ühe või mitme lugeriga. DLT seadmete puhul on väga oluline lugerite modifitseerimine, vastavalt uutele DLT tüüpidele. Käesoleval ajal võib üks lindikassett mahutada kuni 70 GB andmeid. Minimaalne juurdepääsu aeg talletatud andetele algab 40 sekundist [30].

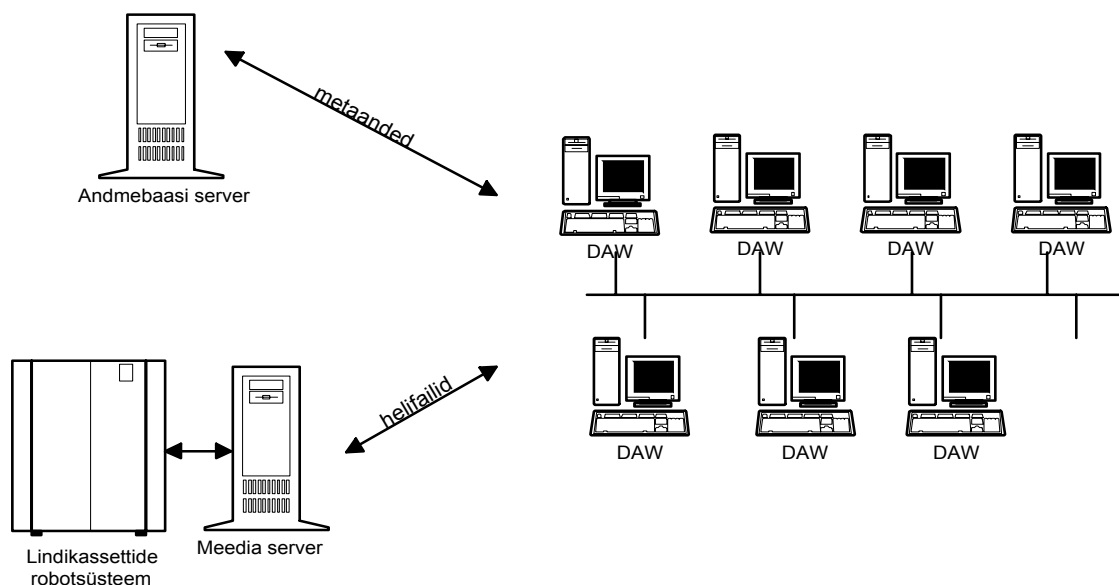
Tihti kasutakse ka selliseid talletussüsteeme, kus toimub automaatne andmete üleviimine ühest säilitustasemest teisele vastavalt tekkinud nõudmisele – nn. hierarhilise talletuse juhtimine (*HSM – Hierarhic Storage Management*). Näiteks, RAID süsteemis talletakse enim nõutavaid andmeid (*on-line storage*), robotsüsteemides aga andmeid, millele ei ole

tarvis kiiret juurdepääsu (*near-line storage*). Andmeid võib talletada ka eraldi andmekandjatel (optilistel ketastel või lindikassetidel) ja sellisel juhul informatsiooni kättesaamiseks on vajalik inimeste sekkumine, nagu see oli varem tavalistes arhiivides (*off-line storage*) [31].

2.2.4 Digitaalsete heliarhiivi standartne ülesehitus

Digitaalkujulise heli talletamine failide kujul võimaldab luua digitaalseid heliarhiive kus kasutakse digitaalandmete talletamise meetodeid. Selline digitaalne heliarhiiv baseerub klient-server lahendusel, milles on palju kasutajaid - DAW tööjaamu (vt. p. 2.3) ja ühine helifailide ning nende metaandmete talletussüsteem. Tavaliselt võib talletussüsteemi jagada kolmeks osaks, mis on seotud kasutajatega kohtvõrgu abil. Süsteemi kuuluvad:

- ◆ Andmebaasi server, kus asuvad helifailide metaandmed;
- ◆ Meediaserver, kuhu on talletatud helifailid ja mille abil tagatakse nende kättesaadavus kasutajatele;
- ◆ Suuremahuline andmehoidla, kuhu on talletatud helifailid, mis on mõeldud pikaajaliseks säilitamiseks. Sellise hoidla tänapäeva optimaalseim lahendus on lindikassetide robotsüsteem.



Joon. 3 Digitaalse heliarhiivi standartne ülesehitus [32]

Eristus meedia ja andmebaasi serveri vahel on tingitud nende erinevatest funktsioonidest ja neile esitatavatest tehnilistest nõudmistest. Andmebaasi serveri mälumaht ei pea olema suur, samal ajal digitaalse heliarhiivi andmebaasi haldus nõuab kiiret andmetöötlust. Meediaserver püstitab rangeid nõudmisi mäluseadmetele, eelkõige nende juurdepääsu ajale. Meediaserveril võib olla mitu erifunktsiooni ja mis võivad olla teostatud ka mitme serveri abil:

- Helifailide vahendus (tähtajaline talletamine) lindikassettide robotsüsteemi ja meediaserveri vahel. Vahendusoperatsioone teostavat serverit võib nimetada objekti serveriks,
- Tugevalt komprimeeritud eelkuulamiskoopiate talletamine, mis dubleerivad lindikassettide robotsüsteemis olevaid helifaile, ja võimaldavad kiiresti eelkuulata digitaalse arhiivi materjale. Sellist serverit võib nimetada eelkuulamise serveriks.

Digitaalse heliarhiivi tarkvaralistest osadest võib mainida:

- Tarkvara, mis tegeleb kogu süsteemi haldamisega - andmebaas, kasutamisoigused jne.
- Tarkvara, mis tegeleb andmefailide talletamisega:
 - Erinevate mäluseadmete (lindikassettide robotsüsteem, kõvaketaste massiivid jne.) töö juhtimisega raudvara tasemel. Sellel tasemel, näiteks, võib olla teostatud lindikassettide weakontroll ja turvakoopiate automaatne valmistamine,
 - Talletatud objektide (andmefailide) administreerimisega. Näiteks, talletud andmefail võib olla jagatud mitmeks osaks ja füüsiliselt olla mitmel erineval mälukandjal - kõik andmed füüsilisest asukohast hoitakse eraldi andmebaasis.
 - Helifailidele juurdepääsu administreerimisega, vastavalt kasutaja õigustele.
- Erinevad otsingu süsteemid, näiteks teksti otsingu süsteem.

2.2.5 Digitaalsete heliarhiivide iseärasused

Heliinfo lõikude talletamine digitaalses heliarhiivis loob rea uusi võimalusi.

- **Universaalsus.** Helikandjate tüübid muutuvad praktiliselt sama kiiresti kui andmekandjate tüübid ja vanadelt kandjatelt kopeerimine uutele on kulukas nii ajaliselt kui ka rahaliselt. Arvutite riist- ja tarkvara uuenemine üldjuhul põhineb vastavate tehnoloogiate standarditel ja põhimõtetel, mis on tingitud eelkõige vajadusega säilitada ülemineku võimalusi vanadest süsteemidest uutele. See tähendab faili, kui infoühiku, kasutamise säilimist isegi täieliku riist ja tarkvara muutumisel. Üleminek selliselt vanalt infohoide süsteemilt uuele võib olla realiseeritav juba tarkvaralisel tasemel ja toimuks väga kiiresti (reaalaja väliselt).
- **Weakindlus.** On võimalik helikandjate ja helisalvestiste füüsilise seisundi automaatne kontroll, mis väldib inimlikku vea ja on palju kordi kiirem (reaalaja väliselt). Vigade tuvastamisel võib toimuda ka automaatne helisalvestiste dubleerimine.
- **Kasutamise läbipaistvus.** On võimalik helisalvestiste kasutuse arveldus ja kasutusõiguste määramine.
- **Originaalsalvestiste puutumatus.** Igaks toiminguks - helisalvestise eelkuulamiseks, redigeerimiseks, väljastamiseks kasutakse originaalsest heliinfo lõigust tehtud koopiat, mis võib olla üks- ühene või komprimeeritud. Selline lähenemine kaotab ühe käibefonoteegi funktsioonidest - nüüd kõik arhiivi materjalid on võrdväärselt saadaval kasutajatele.
- **Kiirem juurdepääs informatsioonile.** Helifailide edastus võib toimuda reaalaja väliselt (kiirus oleneb talletussüsteemi ja andmevõrgu tehnilistest parameetritest) - kiiremini kui helisignaali edastusliinide või füüsiliste helikandjate abil. Samal ajal ühte talletatud helisalvestist saab kasutada mitu inimest korraga.

- **Multiformaatsus.** Koos helisalvestistega võivad olla talletatud ja nendega loogiliselt seotud ka nende metaandmed (teksti, pildi ja multimeedia failid).

2.3 HELITÖÖJAAMAD

Digitaalkujulise helitöötlemistehnoloogiale üleminek tõi kaasa uue helitöötlemisseadme - helitööjaama tekkimise. DAW-i kasutamine helisalvestiste tootmises ja töötlemises lõi täiesti uusi võimalusi, mis sõltuvad tööjaama riist- ja tarkvarast. Helitööjaam võimaldab:

- Helisignaali ajalist kuvamist ekraanil - nn. helisignaali kujutis (*wave form*);
- Mittelineaarset redigeerimist, kus kõik helilõigud on ajaliselt võrdväärselt kättesaadaval (*non linear editing*);
- Redigeerimist (*non destructive editing*) helisignaali kujutuse abil - helifail jääb puutumatuks ja heliga tehtud muudatuste kirjeldused säilitakse erifailides. Selline tehnoloogia võimaldab alustada heli redigeerimist ootamata salvestamise lõppu;
- Redigeerimistoimingute astmelist tagasivõttu (*undo function*);
- Heliinfo lõigu parameetrite töötlust väljaspool reaalaega - näiteks müratöötlus, kus toimub kogu heliinfo lõigu sagedusspektri analüüs ja häirivate, heliinformatsiooni mittesisaldavate, helide kõrvaldamine;
- Kogu helitöötlemisprotsess võib olla automatiseeritud eelneva programmeerimisega (heli tugevusnivoode reguleerimine jne.).

2.3.1 Helitööjaama koostisosad

DAW kujutab endast arvutipõhist süsteemi, mille koostisosadeks on arvuti riist- ja tarkvara ning tihti ka vajalikud välisseadmed.

- Arvuti riistvara:
 - Abiks arvuti protsessorile kasutakse tihti spetsiaalseid digitaalkujulise heli töötlemisprotsessoreid (*DSP – Digital Signal Protsessing*). Sellisel juhul on arvutiprotsessori tööks ainult helikujutise kuvamine. Mõnes DAW-s helitöötlemisega tegeleb helikaardi protsessor,
 - Digitaalkujuline heli tingib suuremahuliste kõvaketaste kasutamist (vt. p. 2.1.1 ja Tabel 1). Tihti kasutakse arvuti väliseid kõvakettaid,
 - A/D ja D/A muundurid – see võib olla kas helikaart või välised seadmed. Muundurite olulisemad parameetrid: digitaal- ja analoogsignaali sisendite ja väljundite arv, välise sünkroniseerimise võimalused, heliformaat (diskreetimissagedus 32/44,1/48/88,2/96 kHz, arvsõna pikkus 16/20/24 bitti).
- Helitöötlemiseks ja redigeerimiseks vajalik tarkvara. Lisaks põhiprogrammile võib kasutada eriprogramme (*plug-ins*), mis on mõeldud spetsiifiliseks helitöötlemiseks.
- Helipult (käesoleval ajal kasutakse laialdaselt digitaalseid helipulte).

- Kontrollseadmeid heli kokkumängimise ja redigeerimise hõlbustamiseks arvutis.
- A/D ja D/A muundurite ja teiste digitaalsete helisedamete sünkronisatsiooni seade.
- Digitaalkujulise helisignaali konverter (näiteks, 44,1 kHz-i konverteerimine 48kHz-ks), mis töötab reaalajas.
- Heliseadmed (DAT-, CD-, MD-, LP-mängijad jne.)

2.3.2 Helitööjaamade liigid

DAW kasutamise otstarbest lähtudes võib neid liigitada lihtsamateks ja spetsialiseeritud helitööjaamadeks. Lihtsamate helitööjaamade hulka kuuluvad toimetajate (*E-DAW*, *Editorial DAW*) ja otse eetri (*O-DAW*, *On-Air DAW*) tööjaamad, mida kasutakse arvutipõhistes raadioprogrammide tootmis- ja väljastussüsteemides (vt. p. 2.5). Produktseerimise tööjaamu (*P-DAW*, *Production DAW*) kasutakse spetsialiseeritud helitöötlemiseks, redigeerimiseks, mitmekanaliseks helisalvestamiseks, jne. Eri liigina võib mainida restaureerimise helitööjaamu, kus spetsiaalse tarkvara abil toimub häirivate, heliinformatsiooni mitte sisaldavate, helide kõrvaldamine.

Lihtsamate DAW-ide infotehnoloogilised omadused on:

- Keskmised kõvaketaste mälumahud, millega on komplekteeritud tänapäeva arvutid (helifaile talletakse ühistes failiserverites),
- Väike juurdepääsu aeg talletatud helisalvestistele, kui tegemist on raadioprogrammi väljastamisega, kuid toimetaja helitööjaama jaoks see aeg võib olla mitu sekundit,
- Toimetajate helitööjaamad võivad olla ühenduses Internetiga.

Spetsialiseeritud DAW-ide infotehnoloogilised omadused on:

- Suured mälumahud, tavaliselt kasutakse välismäluseadmeid. Mõnikord kasutakse P-DAW-de tsentraliseeritud süsteeme, kus kasutakse ühist helifailide talletust - töö alguses võetakse need välja ja töö lõpus salvestatakse töö tulemused tagasi. Failide dubleerimist välditakse spetsiaalsete identifikaatorite abil - sellisel juhul failidel võib olla mitu nime [33],
- On lubatav aeglane ühenduskiirus (kuni paar minutit) helisalvestite talletussüsteemidega,
- ühendus Internetiga võib puududa ja on tihti ebasoovitav.

2.4 DIGITAALKUJULISE HELI EDASTAMISE

Tänapäeva raadioringhäälingus kasutatakse heliinformatsiooni edastamisel põhiliselt digitaalkanaleid, erandjuhtumitel kasutatakse ka olemasolevaid analoogliine (helikoodekit koos sisseehitatud modemiga). Heli edastamine võib toimuda sidekaablite, raadiolinkide või satelliitside abil. SAT sidet kasutatakse aktiivselt EBU liikmes ringhäälingu organisatsioonide saadete vahetamisel ja ülekannete tegemisel. Seal, kus on võimalik,

soovitatakse kasutada kaablivõrku, sest ringhäälingu vajadused panevad rangeid piirangud edastustrakti stabiilsusele ja kvaliteedile.

Nii satelliitside kui ka raadiolingid ei taga vajaliku töökindlust ööpäevaringselt ja sõltuvad ilmastikutingimustest. Kaablivõrkude kasutamise osatähtsus ringhäälingus hakkas kiiresti kasvama digitaalajastul, kuid piiranguks olid edastuskanalite väikesed mahud. Optiliste kaablite kasutuselevõtmisega on see probleem lahenenud ja see võimaldab edastava digitaalkujulise heliinformatsiooni mahtu oluliselt tõsta.

Helisignaali edastamiseks reaajas on vaja, et andmesidevõrk võimaldaks ahelkommutatsiooni - kanal saatja ja vastuvõtja vahel on fikseeritud. Selleks käesoleval ajal kasutakse:

- Ahelkommuteeritud andmesidevõrke (CSPDN - *Circuit Swithed Public Data Network*),. Näitena võib tuua ITU-T standardi X.21;
- Integreeritud võrke, mis sobivad nii andmete kui ka kõne, heli või video edastamiseks ja ühendavad endas ahel- (virtuaalsed ühenduskanalid) ja pakettkommutatsiooni (informatsiooni jagamine osadeks) põhimõtteid. Piiratud kanalite ribalaiuse (alla 2 Mbps) korral kasutatakse N-ISDN võrku (*Narrowband - Integrated Switched Digital Network*). Suuremate edastuskiiruste korral (2Mbps ja rohkem) on kasutusele võetud ATM /B-ISDN (*Asynchronous Transfer Mode/Broadband-ISDN*) võrgud.

2.4.1 Eesti Raadio raadioprogrammide jaotusvõrk

Eesti Raadio väljastab Tallinna raadiomajast nelja programmi - Vikerraadiot, Raadio 2, Klassikaraadiot ning Raadio 4. Jaotusvõrk algab raadiomaja tehnilisest keskusest, kus toimub analoogkujuliste raadioprogrammide üleviimine digitaalsele kujule nelja NLX 386A koodeki abil firmalt Apt Ltd [11], mis kasutavad AptX-100 kodeerimisalgoritmi. Iga raadioprogrammi heliformaat on 16 bitti, 32 kHz, stereo, 256 kbitti/s (K=4). Nelja põhiprogrammi kanalit multiplekseeritakse üheks andmevooks kiirusega 1 Mbitti/s, kusjuures koodekite ja multipleksori vahel kasutatakse X.21 liidest. Samal ajal ei saa öelda, et põhiprogramme jaotatakse raadiomajast raadiosaatejaamadeni X.21 kanalite kaudu, sest andmevoo sünkroniseerimine toimub jaotusvõrgu väliselt ja on ühesuunaline - nn. simpleks kanal. Raadiosaatejates andmevood demultiplekseeritakse ja programme dekodeeritakse analoogkujule. Lähitulevikus võib oodata jaotusvõrgus edastatava heliformaadi diskreetimissageduse muutmist 32 kHz -st 48 kHz-ni, mis moodustab andmevoo 1,536 Mbitti/s kiirusega. Selline heliformaat tõstab raadioprogrammide kvaliteeti ja ühildub paremini DAB standardiga.

2.4.2 Digitaalkujulise heli vastuvõtt ja saatmine raadiomajas

Heliinfo lõikude vastuvõtuks Eesti Raadio kasutakse nii püsiühendusi (X.21, komprimeerimise algoritm AptX-100, edastuskiirused 256 kbitti/s ja 384 kbitti/s) kui ka ISDN liine (komprimeerimise algoritm MPEG Layer III, edastuskiirus 128 kbitti/s).

EBU kontserdite vastuvõtt toimub SAT seadmetega ja heliformaat on MPEG Layer II 256 kbitti/s.

Helifailide ja muu informatsiooni vahetus raadiomaja ja lokaalstuudiote vahel toimub ka Interneti kaudu. Kokkuleppeliselt on edastatavate failide heliformaat 16 bitti, 48 kHz, stereo, MPEG Layer III 128 kbitti/s (K=12).

2.4.3 Eesti Raadio interneti teenused ja nende arengusuunad

Eesti Raadiol on Internetis oma lehekül, mille külastajad saavad tutvuda raadioprogrammide saatekavadega, kuulata raadioprogramme Interneti kaudu, kuulata valitud kordussaadet ning tutvuda muu Eesti Raadio tegevust puudutava informatsiooniga. See lehekül koos vastava andmebaasiga on talletatud eraldi serveris.

Eesti Raadio edastab oma raadioprogramme Internetis. Nende digitaalkujulise raadioprogrammi heliformaat on antud momendil – 16 bitti, 22,05 kHz, mono, RealAudio 16 kbitti/s ($K=48$ – ühe helikanali jaoks).

Lisaks tugevalt komprimeeritud andmevoo formeerimisele, mis toimub spetsiaalsete serverite abil, toimub teatud heliinfo lõikude (raadiosaadete sarjad) ajutine talletus helifaili serveris. Tänapäeval on selle serveri maht alla 10 Gbaiti. Mingi aja jooksul (tavaliselt 1-2 nädalat) toimub raadiosaadete uuendamine.

Tuleviku raadioteenuseid Internetis võib jagada kolmeks liigiks [34]:

- Raadioprogrammide edastamine reaajas, kusjuures kasutajad võiksid valida mitme erineva heliformaadi vahel – vastavalt oma arvutite tark- ja riistvara võimalustele ja ühenduste kiirustele,
- Raadiosaadete edastamine kindlatele abonentidele (ühenduse kvaliteedi määramine) – see teenus võib olla tasuline. Selle liigi alla võib kuuluda ka teatud helifailide tellimine abonendile vastuvõetavas heliformaadis (näiteks, MP3);
- Kuulajad panevad ise kokku enda jaoks raadioprogrammi helifailidest, mis on talletatud Interneti serverites. Need võivad olla nii kordussaadet (raadiosarjad, uudised, muusika) kui ka heliarhiivis talletatud heliinfo lõigud.

Kõne alla võivad tulla ka näiteks interaktiivsed muusikaajaloo õpikud ja teised samalaadsed multimeedia väljaanded. Kindlasti hakkab toimuma koostöö teiste arhiividega ja raamatukogudega – osa heliarhiivi andmebaasi võib olla avalikustatud.

2.4.4 Raadiomaja siseandmesidevõrk e. intranet

Eesti Raadio kohtvõrk on üles ehitatud Etherneti baasil (vt. Lisa C). Käesoleval ajal kõikides võrgu segmentides kasutakse kommuteeritud edastusmeediat (keerdpaar, fiiberoptika). Kasutatakse Fast Etherneti ühendusi, edasine andmevõrgu arendus on seotud Gigabit Ethernetiga, mille abil hakkab toimuma andmevahetus kommutaatorite vahel.

Raadiomaja sisevõrguks sobib hästi ka ATM võrk, mis võimaldab nii helifailide kui ka helisignaali edastamist reaajas - helipultidel on sisseehitatud võrgukaardid. ATM kohtvõrkude kasutus ringhäälingu organisatsioonides on levinud Saksamaal [35]. Kuigi ATM on Ethernetist paindlikum ja pakub lisavõimalusi edastuskanalite kasutamisel (QoS Quality of Service), on see tehnoloogia kallim ja haldamiseks keerukam.

2.5 ARVUTIPÕHINE RAADIOPROGRAMMI TOOTMIS- JA VÄLJASTUSSÜSTEEM

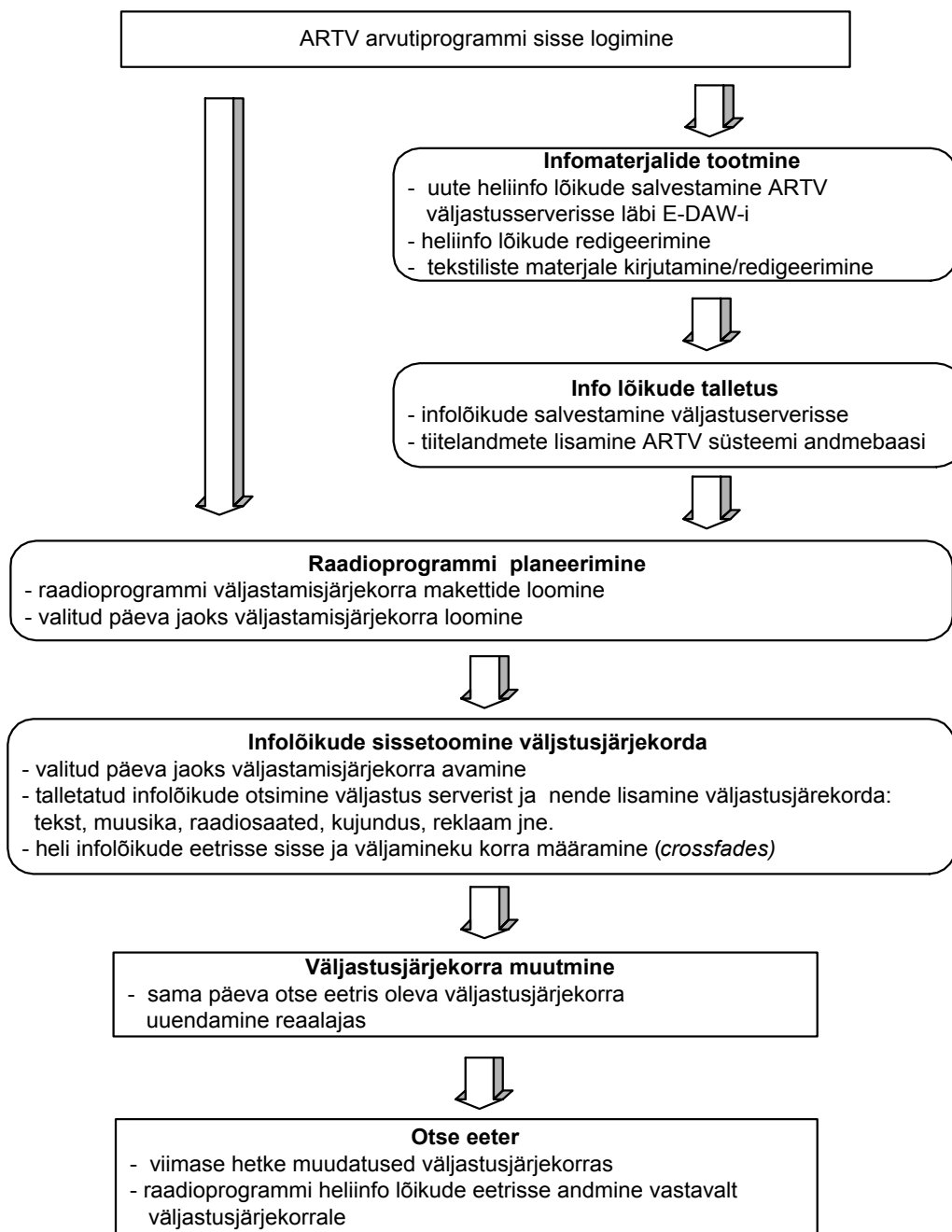
2.5.1 Arvutipõhine raadioprogrammi tootmis- ja väljastussüsteemi põhimõtted

Ühendades ühtsesse riist- ja tarkvara süsteemi helitööjaamu, mis võimaldavad heli redigeerimist raadiosaadete jaoks - nn. toimetaja helitööjaam (*E-DAW*) ja tööjaamu, mis hõlbustavad raadioprogrammi heliinfo lõikude väljastamist ning teevad osa eetriväljastaja

tööst (*O-DAW*), saame arvutipõhise raadioprogrammide tootmise- ja väljastussüsteemi. Mõned ARTV-de omadustest:

- Ühine andmebaasi struktuur, kus talletakse ARTV helifailide metaandmeid;
- Kasutusel olevaid helifaile ja andmebaasi talletatakse ühes serveris - nn. väljastusserveris (*broadcasting server*). Mõnikord kasutakse eraldi servereid andmebaasi ja helifailide jaoks, mis erinevad oma tarkvaralistelt omadustelt;
- ARTV-s põhiliseks heliallikaks on O-DAW, mille helikaardi väljund on saatepuldi sisendiks;
- Helisalvestiste redigeerimise toimub helisignaali kujutiste abil (vt. p. 2.3) - iga ARTV kasutaja poolt heliga tehtud muudatuste kirjeldused säilitakse erifailides.
- Osa väljastusjärjekorras olevate heliinfo lõikude metaandmetest, mis on talletatud ARTV andmebaasis, võib olla automaatselt kasutatud RDS (*Radio Data System*), DAB, RealAudio andmevoos või Interneti leheküljel.
- Osa ARTV-e võimaldavad teha muudatusi otse eetris olevas väljastusjärjekorras ka O-DAW-i väliselt, vastavalt toimetaja õigustest.

ARTV arvutiprogrammid on üldjuhul multifunktsionaalsed ja toimetaja võib nii redigeerida ja kokku panna oma raadiosaate kui ka osaleda väljastusjärjekorra koostamises (Joon. 4).



Joon. 4 Tööprotsessid, mis toimuvad arvutipõhistes raadioprogrammi tootmis- ja väljastussüsteemides (ARTV-es)

2.5.2 Arvutipõhiste raadioprogrammi tootmis- ja vaājastusüsteemide kasutus raadiomajas

Käesoleval ajal ainult Klassikaraadio toimetus ei kasuta ARTV-i. Kasutusel olevate süsteemide halvaks omaduseks on see, et nad võimaldavad ainult ühe kindla heliformaadi korraga kasutamist (kasutakse MPEG Layer II komprimeerimisalgoritmi).

- Vikerraadio toimetus. Radioman [36] v.3.2 (1997 aastast). Kasutatav heliformaat 16 bitti, 48 kHz, stereo, 256 kbitti/s (K=6). DAW-de arv on 16. SQL põhine andmebaasi tüüp (DB2 - IBM).
- Uudisetoimetus. Dalet [37] v. 4.3.0 (1994 aastast). Kasutatav heliformaat 16 bitti, 48 kHz, stereo, 128 kbitti/s (K=12). DAW-de arv on 9. Andmebaas ei ole SQL põhine (Paradox).
- Raadio 2 toimetus. Dalet v. 4.3.0 (1994 aastast). Kasutatav heliformaat 16 bitti, 48 kHz, stereo, 128 kbitti/s (K=12). DAW-de arv on 3. Andmebaas ei ole SQL põhine (Paradox).
- Raadio 4. ARTV - Dalet v. 4.3.1 (1995 aastast). Kasutatav heliformaat 16 bitti, 48 kHz, stereo, 128 kbitti/s (K=12). DAW-de arv on 10. Andmebaas ei ole SQL põhine (Paradox).

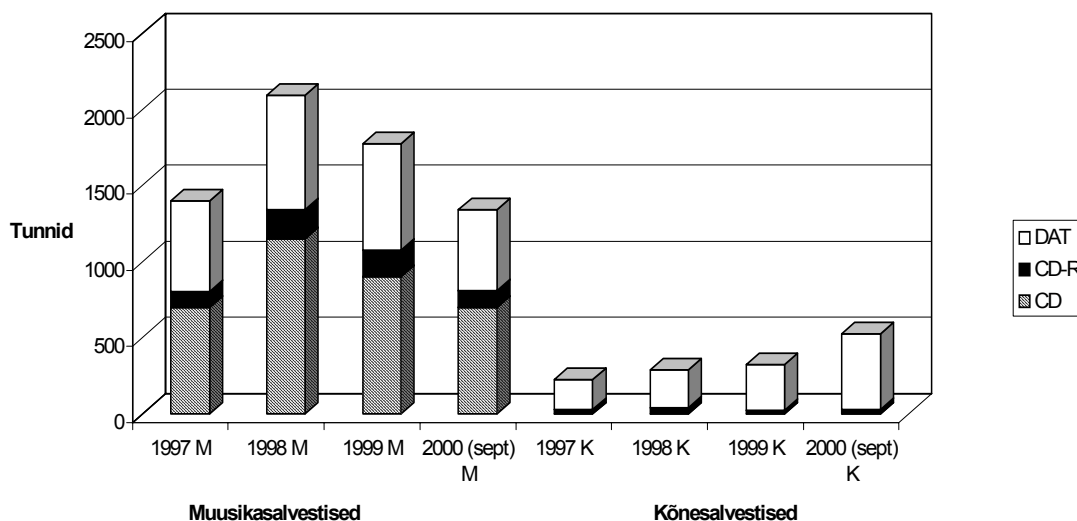
3 DIGITAALSE TALLETUSÜSTEEMI ANALÜÜS

Digitaalne talletussüsteem raadioringhäälingus koosneb kahest osast – need on digitaalne heliarhiiv ja digitaalne käibefonoteek, mis erinevad oma otstarbalt ja tehniliselt lahendustelt. Digitaalse talletussüsteemi rajamist võib jagada kaheks etapiks:

- I. Digitaalse heliarhiivi loomine. Originaalsete helisalvestiste ja nendega seotud metaandmete talletus, haldamine ning kasutus kõikide raadiomaja siseste üksikute ja ARTV-sse kuuluvate helitööjaamade poolt. On võimalik ka osa digitaalses heliarhiivis oleva informatsiooni pakkumine laiemale auditooriumile Interneti kaudu.
- II. Digitaalse käibefonoteegi loomine. Hanke helisalvestiste ja nendega seotud metaandmete üleviimine digitaalsesse talletussüsteemi ja nende kasutamine kõikide raadiomaja siseste, üksikute ja ARTV-sse, kuuluvate helitööjaamade poolt. Tuleviku suunaks võib olla käibefonoteegi kasutus kõikide toimetajate helitööjaamade poolt.

3.1 DIGITAALHELIKANDJATE AASTANE JUURDEKASV

Viimastel aastatel Eesti Raadio heliarhiivis ja käibefonoteegis olevate helisalvestiste juurdekasv toimus erinevate digitaalhelikandjate arvel. On näha, et helisalvestiste maht tundides varieerub iga aastaga (Joon. 5), kuid see sõltub rohkem Eesti Raadio aasta eelarve suurusest. Joonis jaguneb kaheks osaks, et näidata eraldi muusika- ja kõnesalvestiste juurdekasvu. Võib hästi näha kasutatavate helikandjate omavahelisi proportsioone.



Joon. 5 Erinevate digitaalhelikandjate juurdekasvu proportsioonid [3]

Arhiivi ja fonoteegi varamud (vt. p. 3.2.3) dubleerivad tihti teineteist. Analüüsides digitaalhelikandjatel olevaid muusika- ja kõnesalvestisi võib eristada originaalseid helisalvestisi, mis kuuluvad säilitamisele digitaalses heliarhiivis, ning dubleeritud ja hanke helisalvestisi, mis kuuluvad talletamisele digitaalses käibefonoteegis.

Digitaalhelikandjatel talletatud muusikasalvestised:

- ♦ CD. Praktiliselt kõik hanke helisalvestised, erandina ka Eesti Raadio poolt toodetud originaalsalvestite plaadid. Need moodustavad suurima ja enim kasutatavama osa käibefondis olevatest digitaalhelikandjatest. Muusikasalvestiste juurdekasv on keskmiselt 1000 tundi aastas.
- ♦ CD-R. Arhiivitöötajate poolt käibefonoteegi jaoks reprodutseeritud heliarhiivis olevad analoogkujulised originaalsalvestised. Selliste koopiate juurdekasv on keskmiselt 150 tundi aastas.
- ♦ DAT. Ühe osa moodustavad analoogkujulised originaalsalvestised, millised on arhiivi töötajate poolt DAT kassetidele üle viidud restaureerimise ja/või helikandja vahetuse otstarbeks. Nende koopiate juurdekasv on keskmiselt 300 tundi aastas.
- ♦ DAT. Teise osa DAT kassetidest moodustavad tänapäeva fondisalvestised (kontserdid, originaalsed esitused), mida kasutakse ka käibefondis. Nende dubleerimine heliarhiivi jaoks on vajalik, kuid seniajani pole seda tehtud. Fondisalvestiste juurdekasv on keskmiselt 350 tundi aastas.

Digitaalhelikandjatel talletatud kõnesalvestised:

- ♦ CD. Mõned üksikud hanke salvestised (kuuldemängud), mis kuuluvad käibefonoteeki.
- ♦ CD-R. Arhiivi töötajate poolt käibefonoteegi jaoks reprodutseeritud arhiivis olevad nii analoogkujulised kui ka digitaalkujulised originaalsalvestised. Erandiks on ka üksikud raadiosaated, mis kuuluvad arhiivi. Helisalvestiste juurdekasv on keskmiselt 30 tundi aastas.
- ♦ DAT. Raadiosaadete ja kuuldemängude originaalsalvestised. Helisalvestiste juurdekasv on olnud keskmiselt 300 tundi aastas, kuid viimasel aastal toimus juurdekasvu tõus. See on seletatav sellega, et osa toimetuste sisearhiivides (eriti Vikerraadio toimetuse) olevatest analoogkujulistest helisalvestistest (raadiosaated) viidi üle heliarhiivi.

Nagu on näha eespool toodud analüüsist, originaalsalvestiste talletamiseks eelistatakse DAT kassette. Heliarhiivi juurdekasvu allikateks on:

- DAW toodang (muusikasalvestised ja kuuldemängud);
- Toimetuste poolt toodetud raadiosaated;
- Arhiivi töötajate poolt digitaalhelikandjatele reprodutseeritud helisalvestised.

Käibefonoteegi juurdekasv toimub hanke helisalvestiste ja arhiivi originaalidest tehtud koopiate arvel. Digitaalse talletussüsteemi korral pole viimaste tegemine vajalik.

3.2 DIGITAALSE HELIARHIIVI SISENDID

3.2.1 Originaalsete helisalvestiste tootmine

Originaalhelisalvestiste allikateks on spetsialiseeritud helistuudiod ja foonikad (1.2.1.3), mis praegu on või lähitulevikus varustatakse P-DAW-idega (vt. p. 2.3). Originaalhelisalvestised on Eesti Raadio plaaniline toodang. Muusikasalvestiste maht on 350 tundi aastas, kõnesalvestite e. raadioteatri kuuldemängude maht on selle kõrval väike - 15 tundi. Olenevalt töö organiseerimisest võivad helisalvestised olla talletatud kas digitaalhelikandjatele (põhiliselt DAT kassettide) või DAW-de kõvaketastele failide kujul. Originaalsed helisalvestised kuuluvad talletamisele nende maksimaalses helikvaliteedis - kvaliteedis, millega neid toodeti (vt. Tabel 6).

3.2.2 Toimetuste toodang - raadisaated

Raadisaadete talletamise automatiseerimine tekitab toimetuste poolt toodetud kõnesalvestiste juurdekasvu, mida võib näha ka viimase aasta juurdekasvust (vt. Joon. 5). Allpool toodud andmed näitavad 24 tunni jooksul talletamisele kuuluvate raadisaadete mahte (Tabel 4). Analüüs oli tehtud käesoleva aasta septembri raadisaatekavade järgi koos Vikerraadio, Raadio 2, Klassikaraadio, Raadio 4 ja Uudistoimetuse peatoimetajatega. Olenevalt raadisaate tüübist (vt. p.1.2.1.1), võivad tema koosseisu kuuluda eelnevalt erinevatele helikandjatele talletatud heliinfo lõigud (v.a. otseetri raadisaated). Näiteks, Uudistoimetuse raadisaadetest kuuluvad arhiveerimisele ainult reportaažid, mis on juba eelnevalt salvestatud.

Tabel 4 - 24 tunni jooksul talletamisele kuuluvad raadisaated [3]

Toimetuse nimetus	Eelnevalt salvestatud raadisaated		Raadisaated, mis on eelnevalt täiesti või osaliselt salvestamata		Kõik raadisaated		
	tundi	Gbaiti ⁶	tundi	Gbaiti	tundi	Gbaiti	K ⁷ =6 Gbaiti
Vikerraadio	3,5	2,419	3,0	2,074	6,5	4,493	0,749
Raadio 2	0,5	0,346	-	-	0,5	0,346	0,058
Klassikaraadio	1,0	0,691	-	-	1	0,691	0,115
Raadio 4	1,5	1,037	1,0	0,691	2,5	1,728	0,288
Raadio 4 uudised	0,5	0,346	-	-	0,5	0,346	0,058
Uudistoimetuse	0,5	0,346	-	-	0,5	0,346	0,058
Kokku	7,5	5,185	4,0	2,765	11,5	7,950	1,325

⁶ Raadisaadete maht gigabaitides on antud lähtudes järgmisest heliformaadist 16 bitti, 48 kHz, stereo, lineaarne (vt. Tabel 1).

⁷ Komprimeerimise aste on võrdne 6-ga. Heli formaat on 16 bitti, 48 kHz, stereo, 256 kbitti/s (K=6).

Raadiosaadete talletamisel võib kasutada nõrka helikomprimeerimist (vt. p. 3.1.3). Komprimeerimise aste sõltub ka sellest, mis heliformaadis oli vastav heliinfo lõik talletatud ARTV väljastusserveris (vt. p. 2.5.2). Kui raadiosaate tootmisel ja väljastamisel kasutati teatud heli komprimeerimist, siis tuleb püüda vältida teistkordset komprimeerimist.

Toimetajad ei kasuta sageli terviklikult kõiki oma originaalseid kõnesalvestisi (reportaažid) raadiosaadetes. On loomulik, et sellised kultuurilist väärtust omavad helisalvestised kuuluvad talletamisele arhiivis. Sõltuvalt töö organiseerimisest, võib nende maht moodustada kuni 25 –30 % raadiosaadete mahust [3].

Suuremad toimetuste arhiivid, mis lähitulevikus kuuluvad üleviimisele heliarhiivi on momendil:

- Uudistoimetuse reportaažide heliarhiiv - 30 tundi helisalvestisi digitaalkujulise heli formaadis 16 bitti, 48 kHz, stereo, MPEG Layer II 192 kbitti/s (K=8) ehk kokku 2,6 Gbaiti.
- Raadio 4 (600 tundi DAT kassetidel).

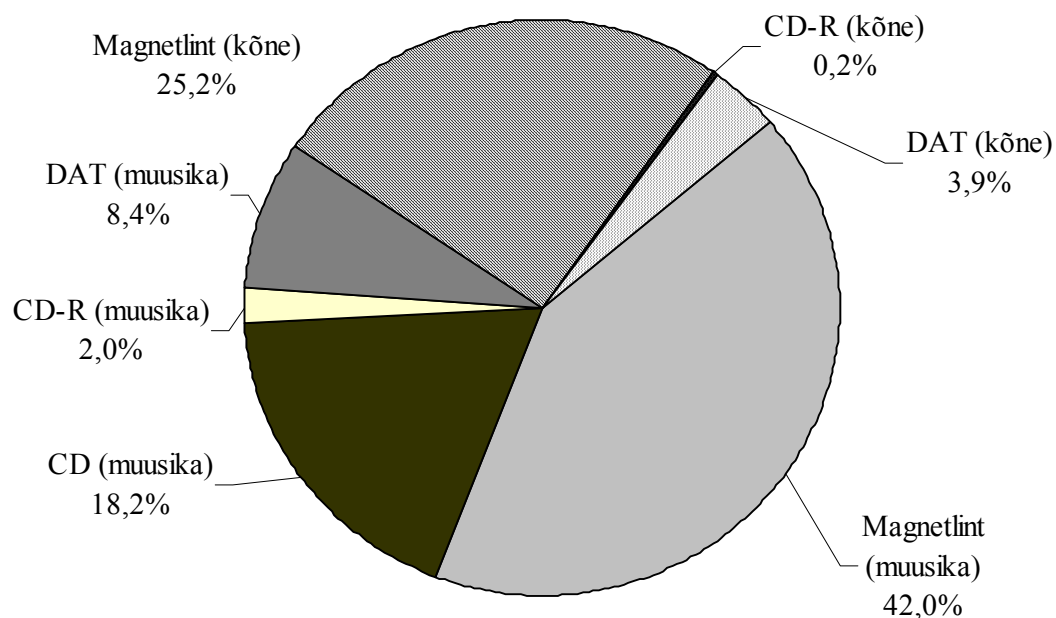
3.2.3 Arhiivi ja fonoteegi varamud kui talletussüsteemi allikas

Eesti Raadio arhiivis ja fonoteegis on talletatud üle 35000 tunni helimaterjale (Tabel 5 ja Joon. 6).

Tabel 5 - Heliarhiivis ja käibefonoteegis talletatud helisalvestiste mahud (seisuga september 2000), [3]

Helikandja tüüp	Muusikasalvestised			Kõnesalvestised		
	Tundi	Gbaiti	K=6 Gbaiti	Tundi	Gbaiti	K=6 Gbaiti
Analoogheli salvestised magnetlindil	15 000	10 368 ⁸	1 728	9 000	6 221	1 037
CD	6 500	4 128	688	-	-	-
CD-R	700	445	74	85	54	9
DAT	3 000	2 074	346	1 400	968	162
Kokku	25 200	17 015	2 836	10 485	7 243	1 207

⁸ Analoogkujulise heli mahu arvutamisel võtsin aluseks digitaalkujulise heliformaadi - 16 bitti, 48 kHz, stereo, lineaarne.



Joon. 6 Arhiivi ja fonoteegi varamud [3]

Senises heliarhiivis ja käibefondis talletatud helisalvestised dubleerivad tihti teineteist, seega digitaalsesse heliarhiivi sisestamisele kuuluvad [3]:

- 70 % magnetlindile talletatud analoogkujulisi muusikasalvestisi (ligikaudselt 10500 tundi ehk 7300 Gbaiti heliformaadis - 16 bitti, 48 kHz, stereo, lineaarne);
- 100 % magnetlindile talletatud analoogkujulisi kõnesalvestisi (ligikaudselt 9000 tundi ehk 6200 Gbaiti heliformaadis - 16 bitti, 48 kHz, stereo, lineaarne);
- 50 % DAT kassettidele talletatud digitaalkujulisi muusikasalvestisi (ligikaudselt 1500 tundi ehk 1000 Gbaiti heliformaadis - 16 bitti, 48 kHz, stereo, lineaarne);
- 100 % DAT kassettidele talletatud digitaalkujulisi kõnesalvestisi (ligikaudselt 1400 tundi ehk 1000 Gbaiti heliformaadis - 16 bitti, 48 kHz, stereo, lineaarne).

DAT kassettidele talletatud helisalvestisi võib sisestada digitaalsesse heliarhiivi kasutades lihtsamaid helitööjaamu, kus toimub helifailide formeerimine ja soovi korral ka heli komprimeerimine. Osa hiljuti (1990 aastast) magnetlintidele talletatud analoogkujulisi helisalvestisi võib kanda arhiivi ilma töötlemata teostades ainult A/D muundust. Oletades, et selliste töökohtade abil võib sisestada arhiivi kuni 4 tundi helisalvestisi päevas, aastane toodang ühe DAW jaoks 880 tundi⁹.

⁹ Kui helitööjaam töötab 220 päeva aastas

Suurem osa analoogkujulisi helisalvestisi vajavad aga restaureerimist ehk heli parameetrite parandamist, mis toimub spetsialiseeritud helitööjaamades - R-DAW-des (vt. p. 2.3). Oletades, et ühe R-DAW töövõimekus on 2 tundi restaureeritud helisalvesteid tööpäevas, moodustab ühe heli tööjaama poolt toodetud/restaureeritud helisalvestisi maht 440 tundi aastas.

Ülaltoodust on näha, et heliarhiiv ja käibefonoteek on peamised digitaalse talletussüsteemi helisalvestiste allikad, milliste tootlikus sõltub ainult sisestajate ja helitööjaamade arvust.

3.2.4 Digitaalse heliarhiivi oletatav juurdekasv aastas

Helisalvestiste sisestamisel digitaalsesse heliarhiivi võib lähtuda järgmistest seisukohtadest:

- Vähendada miinimumini originaalsete helisalvestiste talletamist DAT kassettidele.
- Valitult rakendada nõrka helikomprimeerimist (vt. p. 2.1.3) kõnesalvestistele.
- Restaureerimisel tuleb anda eelistus hävimisohus olevatele helisalvestistitele. Restaureeritud helisalvestisi ei komprimeerita. Samuti ei kuulu komprimeerimisele originaalsed muusikasalvestised.

Tabel 6 - Digitaalse heliarhiivi võimalik juurdekasv aastas

Helisalvestiste allikad	Tundi	Gbaiti	Arhiveerimisele kuuluv maht Gbaiti
Toimetused (ainult raadiosaated)	3105	2147	358 ¹⁰
Originaalsete helisalvestiste tootmine	365	252	256
Ühe arhiivi helitööjaama toodang (heli üleviimine restaureerimiseta)	880	609	102 ¹¹
Ühe arhiivi helitööjaama toodang (heli üleviimine restaureerimisega)	440	304	304
Kokku	4725	3312	1016

¹⁰ Komprimeerimise aste K=6.

¹¹ Komprimeerimise aste K=6.

3.3 DIGITAALSE HELIARHIIVI KASUTAJAD

3.3.1 Raadiomaja sisesed digitaalse heliarhiivi kasutajad

Raadiomaja sisesed digitaalsete heliarhiivi ja käibefonoteegi (vt. p. 3.4) kasutajaid võib rühmitada kolmeks:

- Töötajad, kes tahavad teostada otsinguid digitaalse talletussüsteemi andmebaasis ja eelkuulata talletatud helisalvestisi (toimetajad, helioperaatorid, helirežissöörid jne.). Arvestades tänast Eesti Raadio töömahtu, võib eeldada, et nende arv ei ületa 150 inimese piiri.
- Töötajad (helioperaatorid, helirežissöörid), kes tahavad kasutada talletatud materjale oma helitööjaamades. Võib eeldada, et üksikute spetsialiseeritud helitööjaamade (R-DAW ja P-DAW) arv ei ületa 10 ja viie toimetuste ARTV-ga seotud toimetajate helitööjaamade (E-DAW) arv on alla 100.
- Töötajad (eetriväljastajad, toimetajad), kes tahavad suunata talletatud helisalvestisi raadioprogrammi e. lisada neid raadioprogrammi väljastusjärjekorda (O-DAW).

3.3.2 Raadiomaja välised digitaalse heliarhiivi kasutajad

Raadiomaja väliseid digitaalse heliarhiivi kasutajaid e. raadiokuulajaid võib jagada kolme kategooriasse:

- Raadiosaadete sarjade ja kordussaadete kuulajad, kellel tekib võimalus kasutada heliarhiivis talletatud raadiosaadete eelkuulamiskoopiaid ja metaandmeid vastavas Interneti serveris.
- Kasutajad, kellel tekib võimalus otsida ja eelkuulata digitaalse heliarhiivi osaliselt avalikustatud helisalvestisi ja nende metaandmeid Interneti kaudu.
- Kasutajad, kes avaldavad soovi tellida vajalikke helisalvestisi teatud kujul (näiteks, EBU liikmesorganisatsioonid). Üheks võimaluseks selle teenuse teostamiseks on Internet.

On selgelt väljakujunenud seisukoht, et kõik Eesti Raadio heliarhiivis talletatavad helisalvestised ei kuulu avalikustamisele, sest mõnikord selleks pole vastavaid varalisi õigusi. Võib oletada, et selline praktika jätkub ka digitaalarhiivi suhtes, sest Interneti serveris helisalvestiste talletamine võrdub Autoriõiguse seaduse järgi teose avaliku esitamisega [2].

3.4 DIGITAALNE KÄIBEFONOTEEDIK

Digitaalsesse käibefonoteeki kuuluvad kõik hanke helisalvestised, mis on praegusel momendil talletatud optilistel digitaalhelikandjatel. Käibefonoteegi põhilisteks kasutajateks on toimetuste ARTV-d (vt. p. 3.3.1). CD halvaks küljeks ebastandardne diskreetimissagedus ringhäälingu jaoks. Otsustades kasutada käibefondis nõrka helikomprimeerimist, on mõtet minna üle teisele heliformaadile – 16 bitti, 48 kHz, stereo, MPEG Layer II (K=6) 256 kbitti/s (vt. Tabel 7).

Tabel 7 - Digitaalse käibefonoteegi suurus ja võimalik juurdekasv aastas

	Tundi	Gbaiti	Heliformaat 16 bitti, 44,1 kHz, K=6 Gbaiti	Heliformaat 16 bitti, 48 kHz, K=6 Gbaiti
Olemasolevad helisalvestised	6500	4128	688	749
Aastane juurdekasv	1000	635	106	115
Oletatav käibefonoteegi maht aastaks 2003, kui juurdekasv jääb samaks	9500	6033	1005	1094

Hanke helisalvestiste kasutamiseks digitaalses käibefonoteegis, neid on vaja üle viia optilistelt helikandjatelt faili kujule. See võib toimuda reaalaaja väliselt sõltuvalt kasutatava riist- ja tarkvara võimalustest, käesoleval ajal – kuni 20-ne kordse kiirusega lineaarsesse formaati ja 5-e kordse kiirusega komprimeeritud formaati [3]. Lähtudes sellest, et ühe töökoha abil sisestatakse nii helisalvestisi kui ka nende metaandmeid, võib ühe tööpäeva tootlikus olla:

- 80 tundi helisalvestisi lineaarses formaadis (arvestades, et on vaja sisestada ka metaandmeid),
- 20 tundi helisalvestisi komprimeeritud formaadis (arvestades, et on vaja sisestada ka metaandmeid).

Sellest on näha, et digitaalse käibefonoteegi moodustamine võib toimuda ühe aastaga.

3.5 TALLETUSSÜSTEEMI ANDMEBAASI KASUTAJATE ÕIGUSTE MÄÄRAMINE

Talletussüsteemi andmebaasi kasutajate õiguste liigitus kehtib nii digitaalse heliarhiivi kui ka käibefonoteegi jaoks:

- ♦ **Piiratud õigustega kasutaja.** Omab võimalusi otsida metaandmeid andmebaasis ja eelkuulata talletatud heliinfo lõike. Nende arv võib ulatuda kuni 150 inimeseni.
- ♦ **Täisõigustega kasutaja.** Lisaks eelnevalt loetletud õigustele tekivad temal võimalused kasutada talletatud helifaile kas eraldi ARTV-sse kuuluvas või iseseisvas helitööjaamas. Nende arv võib olla kuni 100 inimest.
- ♦ **Sisestaja.** Lisaks eelnevalt loetletud õigustele võib ta talletussüsteemi sisestada helifaile ja nendega seotud metaandmeid. Samuti on tal õigus muuta objekti serveris vahepealsel hoiul olevate helifailide metaandmeid. Nende arv ei ületa 20 inimest.
- ♦ **Haldur.** Lisaks eelnevalt loetletud õigustele on tal õigus muuta ning kustutada talletatud helifaile ja nende metaandmeid. Neid õigusi võivad omada ainult arhiivi toimetajad ja nende arv ei ületa 5 inimest. Halduri õigused on vahetult antud ka talletussüsteemi administraatorile, kuid see ei kuulu otseselt tema kompetentsi.

4 INFOVAHETUS DIGITAALSES TALLETUSSÜSTEEMIS

4.1 ANDMETE SALVESTAMINE DIGITAALSESSE HELIARHIIVI

Informatsiooni sisestamine digitaalsesse heliarhiivi võib toimuda kahel viisil:

- Aktiivne informatsiooni sisestamine. Selle korral arhiveerimine toimub nn. dialoogrežiimis - helifailide ja nende metaandmete siirdamine toimub teatud töötaja kontrolli all, ja ta saab sekkuda protsessi (näiteks, metaandmete redigeerimine sisestamisel tekkinud vea korral).
- Passiivne informatsiooni sisestamine. See protsess on ühesuunaline. Arhiveerimisele kuuluvad helifailid ja nendega seotud metaandmed on eelnevalt talletatud vastavates mäluseadmetes (näiteks, ARTV väljastusserveris). Selle informatsiooni arhiveerimine toimub automaatselt, eelnevalt kindlaks määratud tunnuste järgi:
 - andmebaasis oleva märkme alusel;
 - helifaili tüübi alusel (näiteks, BWF helifail);
 - heli- ja metaandmefailide asukoha alusel failikataloogis.

4.1.1 Tekstijoonistel kasutatavate nimetuste selgitused

Joonistel 7 -12 on kasutatud järgmisi nimetusi.

- **AJ - Arhiivi juhtimisprogramm.**
 - juhib automaatsalvestaja tööd oma andmebaasis olevate andmete alusel;
 - juhib helikomprimeerimiseadme tööd;
 - juhib helifailide siirdamist objekti serverist eelnevalt määratud helitööjaama või ARTV väljastusserverisse;
 - võib olla vahendajaks digitaalse arhiivi (edaspidi DA) andmebaaside ja teiste andmebaaside vahel.
- **AK - digitaalse arhiivi kasutusprogramm.** Vastavalt digitaalse talletussüsteemi kasutajatele omistatud õigustele, on selle programmi abil võimalik teostada:
 - metaandmete kuvamist, otsingut, sisestamist ja kustutamist;
 - talletatud helifailide eelkuulamist, kasutades eelkuulamiskoopiaid;
 - talletatud helifailide välja kutsumine kasutaja poolt määratud mäluseadmetesse;
 - määrata arhiveerimisele kuuluvate helifailide asukohta ja käivitada nende siirdamist digitaalse heliarhiivi.

AK programmi funktsioone võib jaotada mitme programmi vahel, kui ühe sellise programmi väljatöötamine on liiga keerukas ja vajab palju kasutaja arvuti ressursse. AK programmi osadeks võivad olla andmebaaside vahelised sidusseadmed-programmid.
- **Arhiivi toimetaja töökoht.** Arhiivitoimetaja tööjaam, mis ei võimalda heli redigeerimist.

- **ARTV väljastusserver.** Arvutipõhine helifailide talletamis- ja väljastamissüsteem, mida kasutavad nii O-DAW kui ka E-DAW - id.
- **Automaatsalvestaja.** Arvutipõhine riist- ja tarkvara süsteem, mille abil toimub otse eetris lõpliku kuju omandavate heliinfo lõikude salvestus ja helifailide formeerimine
- **DA andmebaas** - digitaalse heliarhiivi andmebaas, mis sisaldab helifailide metaandmeid. DA andmebaasi metaandmed ei pea kordama olemasoleva ER ja erinevate ARTV andmebaaside välju. Kui helisalvestise tiitelandmed on juba olemas mingis andmebaasis, tuleb tagada nende automaatne konverteerimine DA andmebaasi ja nende täiendamine vastavalt nõudmistele.
- **DA andmebaasi server.** Arvutipõhine riist- ja tarkvara süsteem, kus talletatakse helifailide metaandmeid.
- **E - DAW.** Helitööjaam, mida kasutavad toimetajad oma igapäevases töös (vt. p. 2.3).
- **Eelkuulamise server.** Võib olla ka objekti serveri osaks. Serveris talletatakse tugevalt komprimeeritud helifaile ehk eelkuulamiskoopiaid kõikidest digitaalses heliarhiivis talletatud heliinfo lõikudest.
- **ER andmebaasi server.** Selles serveris asub **ER andmebaas**, mille ühes osas on talletatud raadioprogrammi saatekavad (vt. p. 1.2.2.1).
- **Helikomprimeerimisseade.** Arvutipõhine riist- ja tarkvara süsteem, mille abil toimub helifailide tugev helikomprimeerimine (vt. p. 2.1.3) etteantud formaadis eelkuulamiskoopiate moodustamiseks.
- **Helisignaali allikad.** Heliseadmed või edastusliinid, mis väljastavad arvutisse helisignaale.
- **Helisignaali dünaamika töötlemisseadmed.** Seadmed mille abil toimub raadioprogrammi kõlavärvi seadistamine. Nende seadmete asukoht on tavaliselt tehnilises keskses (vt. p. 1.2.2.2)
- **Internet server(id).** Interneti servereid võib jagada kahte kategooriasse - helifaili server(id), ja server, kus on talletatud andmebaas ja Eesti Raadio kodulehekül.
- **Lindikassettsüsteem.** Suuremahuline digitaalandmete talletussüsteem.
- **Objekti server.** Põhifunktsiooniks on helifailide vahendamine ja talletatud helifailide hoidmine teatud aja jooksul (see aeg määratakse vastavalt objekti serveri mahule ja helifaili kasutamise otstarbele), mis tagab hõlpsa arhiveeritud helilõikude kasutamise. Tulevikus võib see koosneda mitmest serverist.
- **O - DAW.** Helitööjaam, mida kasutatakse raadioprogrammi väljastamiseks vastavalt eelnevalt loodud väljastusjärjekorrale (vt. p. 2.3).
- **P-DAW.** Helitööjaamad, mida kasutakse originaalsete helisalvestiste produtseerimiseks. Talletussüsteemi algoritmides P-DAW-d on võrdväärseid R-DAW-ga, sest tihti nendes endis talletatakse helifaile (vt. p. 2.3).
- **R-DAW.** Arhiivi toimetajate helitööjaamad, mis võimaldavad nii heli infolõikude restaureerimist kui ka teistelt helikandjatelt üks-üheselt sisestamist digitaalsesse heliarhiivi (vt. p. 2.3).

- **Toimetuse arhivaari WS.** Toimetuse arhivaari tööjaam, mis võib olla ka E-DAW-ks, kui ta on varustatud vastava arvuti riist- ja tarkvaraga. Tänapäeval Eesti Raadios ei ole sellist ametit, kuid igal juhul tulevikus tuleb rääkida inimestest, kelle töökohustuste hulka kuuluvad:
 - raadioprogrammi Interneti lehekülje haldamine (informatsiooni lisamine, kontroll jne.);
 - passiivse informatsiooni sisestamise kontroll (arhiveerimisele kuuluvate helisalvestiste ja metaandmete kontroll);
 - aktiivne informatsiooni sisestamine talletussüsteemi (näiteks, tervik intervjuude sisestamine arhiivi enne nende redigeerimist toimetajate poolt).

Toimetuse arhivaaril on DA andmebaasi sisestaja õigused.

- **Tulemüür.** Laseb läbi raadiomaja siseste kasutajate andmepakette (kontrollides võrgu aadresse) ja ei lase väliseid kasutajaid raadiomaja kohtvõrku - eranditeks on kasutajad lokaalstuudiotest.

4.1.2 A tüüpi heliinfo lõikude sisestamine digitaalsesse heliarhiivi

A tüüpi moodustavad otse eetrisse minevad raadioprogrammi heliinfo lõigud. A tüüpi heliinfo lõigud on varustatud teatud metaandmete hulgaga, mis võivad olla sisestatud toimetajate poolt kas ER andmebaasi raadioprogrammide saatekava ossa või ARTV väljastusjärjekorda.

A tüüpi heliinfo lõikude talletamine toimub passiivse sisestamise moodusel, sest nende esinemisest raadioprogrammis on ette teada. Erandjuhtudel, kui otse eetri raadioprogrammis tekivad muudatused, salvestatakse vajalik heliinfo lõik saatefoonikas oleva helisalvestusseadmega. Seejärel helisalvestis sisestatakse digitaalsesse heliarhiivi nagu teisi B1 tüüpi heliinfo lõike (vt. p. 4.1.3).

A tüüpi heliinfo lõikude talletamise kord (Joon. 7):

- ER andmebaasi saatekavas või ARTV väljastusjärjekorras toodud raadiosaadete arhiveerimisele kuuluvust märgitakse toimetajate poolt (tarkvaraliselt võib määrata minimaalsete metaandmete hulka, mille puudumisel selline märgistamine ei ole võimalik). Lõpliku otsuse lõikude kuulumisest arhiveerimisele ja raadioprogrammi saatekava kontrolli teeb vastutav sekretär (vt. p. 1.2.2.1) või toimetuse arhivaar.
- AJ programm tuvastab arhiveerimisele kuuluvate heliinfo lõikude metaandmed, talletab need ajutiselt oma andmebaasis ja selle alusel juhib automaatsalvestajat. Automaatsalvestajas toimub:
 - A/D muundus (kui raadioprogrammi helisignaali on analoogkujuline);
 - Digitaalkujulise helisignaali salvestamine ja helifaili formeerimine etteantud heliformaadis (lineaarselt või nõrgalt komprimeeritud kujul).
- Äsja formeeritud helifailid edastatakse AJ programmi juhtimisel objekti serverisse. AJ programmi andmebaasis ajutiselt talletatud metaandmeid edastatakse DA andmebaasi.
- Helikomprimeerimise seadme abil toimub objekti serveris talletatud helifailidest tugevalt komprimeeritud eelkuulamiskoopiate valmistamine ja nende siirdamine eelkuulamise serverisse.
- Objekti serveris talletatud A tüüpi heliinfo lõikude metaandmete redigeerimine ja täiendamine toimub halduri õigustega arhiivitoimetajate või sisestaja õigustega toimetuse arhivaari poolt kasutades AK programmi.
- Teatud aja järel viiakse helifail objekti serverist üle lindikassett robotsüsteemi. Lindikassetil talletatud helisalvestise metaandmeid saab muuta ainult haldaja õigustega arhiivi toimetaja.

+++++

Joon. 7 A ja C tüüpi heliinfolekude sisestus digitaalsesse heliarhiivi

+++++

4.1.3 B1 tüüpi heliinfo lõikude sisestamine digitaalsesse heliarhiivi

B1 tüüpi kuuluvad erinevatele helikandjatele eelnevalt salvestatud heliinfo lõigud. Nende metaandmed võivad olla ER andmebaasis, kui helisalvestis on juba talletatud heliarhiivis või käibefondis.

B1 tüüpi heliinfo lõikude aktiivne sisestus (Joon. 8):

- Kasutades vastavat riist- ja tarkvaralise võimalustega DAW-i, toimub:
 - Arhiveerimisele kuuluva helisalvestise A/D muundus (kui ta on analoogkujuline);
 - Digitaalkujulise helisignaali salvestamine ja helifaili formeerimine etteantud formaadis (kas lineaarsel või komprimeeritud kujul).
- AK kasutaja (sisestaja õigused) sisestab soovitud metaandmeid otse DA andmebaasi ja määrab talletamisele kuuluva helifaili asukoha (osa metaandmeid võib olla võetud ER andmebaasist kasutades teatud programmlahendusi, näiteks SQL (*Structured Query Language*) päringute abil). Vastavalt AK programmi käsule AJ programm juhib helifailide siirdamist objekti serverisse.
- Helikomprimeerimise seadme abil toimub objekti serveris talletatud helifailidest tugevalt komprimeeritud eelkuulamiskoopiate valmistamine ja nende siirdamine eelkuulamise serverisse.
- Objekti serveris talletatud B1 tüüpi heliinfo lõikude metaandmete redigeerimist ja juurdelisamist teeb nende sisestaja või arhiivitoimetaja vastavate kasutaja õigustega.
- Teatud aja tagant helifail viiakse objekti serverist üle lindikassett robotsüsteemi. Lindikassettidele talletatud helisalvestise metaandmeid võib muuta halduri õigustega arhiivi toimetaja.

B1 tüüpi heliinfo lõikude passiivse sisestamise moodus erineb selle poolest, et AJ programm tuvastab ise vastava DAW-i kõvakettalt arhiveerimisele kuuluva helifaili ja tema metaandmeid. Talletatud helisalvestise metaandmete muutmist teostavad vastavate õigustega kasutajad, näiteks arhiivi toimetajad.

B1 tüüpi heliinfo lõikude sisestamine digitaalsesse arhiivi võib toimuda analoogselt B2 tüüpi helisalvestise arhiveerimisega (vt. p. 4.1.4). Sellisel juhul kasutakse ühte selle jaoks varustatud ARTV E-DAW-idest.

+++++

Joon. 8 B1 tüüpi heliinfolekude sisestus digitaalsesse heliarhiivi

+++++

4.1.4 B2 tüüpi heliinfo lõikude sisestamine digitaalsesse heliarhiivi

B2 tüüpi kuuluvad erinevate ARTV-de väljastusserverites talletatud helifailid ja nende metaandmed.

B2 tüüpi heliinfo lõikude passiivse sisestusmooduse kord (vt. Joon. 9):

- Toimetuse arhivaar märgistab (või toimetajad märgivad ja arhivaar kontrollib) ARVT andmebaasis arhiveerimisele kuuluvaid helifaile. Vastavalt sellele ette antud aja jooksul (näiteks 20 päeva) AJ programm juhib helifailide ja metaandmete siirdamist digitaalsesse heliarhiivi
- Helikomprimeerimise seadme abil toimub objekti serveris talletatud helifailidest tugevalt komprimeeritud eelkuulamiskoopiate valmistamine ja nende siirdamine eelkuulamise serverisse.
- Objekti serveris talletatud B2 tüüpi heliinfo lõikude metaandmete redigeerimist ja juurdelisamist teostab toimetuse arhivaar või arhiivitoimetaja vastavate kasutaja õigustega.
- Teatud aja tagant helifail viiakse objekti serverist üle lindikassett robotsüsteemi. Lindikassettidele talletatud helisalvestise metaandmeid saab muuta halduri õigustega arhiivi toimetaja.

4.1.5 C - tüüpi heliinfo lõikude sisestamine digitaalsesse heliarhiivi

C tüüpi kuuluvad eetris A ja B tüüpi heliinfo lõikudest kokkumängitavad saated, millistes B tüüp võib varieeruda 50 - 90 % ulatuses. Osa metaandmeid võivad olla talletatud nii ARTV väljastusjärjekorras kui ka ER andmebaasi saatekavas. Olenevalt sellest, kas arhiveerimisele kuulub raadiosaade täies ulatuses või selle eelnevalt salvestatud lõigud (näiteks, reportaažid), võib rakendada nii A kui ka B2 tüüpide sisestusalgoritme (vt. Joon. 7 ja Joon. 9). Rakendatavate algoritmide valiku teeb toimetuse arhivaar koostöös raadiosaate toimetajaga.

+++++

Joon. 9 B2 tüüpi heliinfo lõikude sisestus digitaalsesse heliarhiivi

+++++

4.2 DIGITAALSE ARHIIVI KASUTAMINE

4.2.1 Raadiomaja sisene digitaalse heliarhiivi kasutamine

4.2.1.1 Digitaalse heliarhiivi kasutamine raadiomaja siseste üksikute helitööjaamade poolt

Iseseisvate tööjaamade poolt võib digitaalses arhiivis talletatud heliinfo lõike kasutada kahel viisil, vastavalt kasutaja õigustele (Joon. 10):

- Piiratud õigustega kasutaja teostab otsinguid DA andmebaasis ja kuulab talletatud heliinfo lõikude eelkuulamiskoopiaid. Helifaile ei koopeerita kasutaja tööjaama kõvakettale - kõik käib tööjaama RAM-i kaudu.
- Täisõigustega kasutaja saab tellida vajalikku helifaili soovitud DAW-i kõvakettale, eeldades, et vastuvõtu helitööjaam on varustatud vastava arvuti riist- ja tarkvaraga. Sellel juhul lindikassettide robotsüsteemist helifaile kopeeritakse esmalt objekti serverisse ning sealt juba vastavasse DAW-i. Tellija käivitab protsessi AK programmi abil, kusjuures pöördumiseks kasutatav tööjaam ei ole alati see DAW, kuhu kopeeritakse vastavaid helifaile (näiteks, arhiivi toimetaja käsul arhiivis talletatud helifail kopeeritakse helirezissööri DAW-i, kellel on ainult piiratud kasutaja õigused).

+++++

Joon. 10 Digitaalse heliarhiivi kasutamine raadiomaja siseste üksikute helitööjaamade poolt

+++++

4.2.1.2 Digitaalse arhiivi kasutamine raadiomaja siseste ARTV-dega seotud helitööjaamade poolt

ARTV kasutajad saavad teostada järgmisi operatsioone (Joon. 11).

- **Eelkuulamine.** Piiratud õigustega kasutaja teostab otsinguid DA andmebaasis ja eelkuulab talletatud heliinfo lõike AK programmi abil. Eelkuulamiskoopiaid ei koopeerita ARTV väljastusserverisse - kõik käib helitööjaama RAM-i kaudu.
- **Helifailide kasutamine toimetajate töös.** Täisõigustega kasutaja saab tellida soovitud helifaili ARTV väljastusserverisse. Protsess käivitatakse AK programmi abil. Lindikassettide robotsüsteemis talletatud helifaile koopeeritakse esmalt objekti serverisse ja sealt juba ARTV väljastusserverisse. Helifaili metaandmeid konverteeritakse DA andmebaasist ARTV andmebaasi (see võib olla teostatud AJ programmi abil).
- **Helifailide kasutus raadioprogrammi koostisosana.** Selleks, et heliarhiivis talletatud heliinfo lõiku lisada väljastusjärjekorda, peavad tema metaandmed olema konverteeritud ARTV andmebaasi (võib olla teostatud AJ programmi abil). Heliinfo lõigu asukohaks võib olla kas ARTV väljastusserver või objekti server, mis sellisel juhul toimib väljastusserverina.

+++++

Joon. 11 Digitaalse heliarhiivi kasutamine raadiomaja siseste ARTV-sse kuuluvate
helitööjaamade poolt

+++++

4.2.2 Digitaalse arhiivi raadiomaja välised kasutajad

Interneti kasutajate jaoks vajalikud helifailid võivad olla talletatud ühes kindlas serveris - digitaalse heliarhiivi Interneti serveris. Selles serveris võib kasutada talletatud heliinfo lõikude eelkuulamiskoopiaid. Üldjuhul nende helifailide üleviimine eelkuulamise serverist Interneti serverisse toimub automaatselt, metaandmetes oleva märgistuse kohaselt. Märkme, et vastavat heliinfo lõiku võib avalikustada Internetis, saab panna kas kohe arhiveerimise protsessi käigus (seda võib teha toimetuse arhivaar) või teatud aja pärast (märgistab arhiivitoimetaja).

Võib juhtuda, et keegi väljaspool raadiomaja avaldab soovi tellida omale vajalikke helisalvestisi Interneti kaudu, näiteks mõni EBU-liikmest ringhäälingu organisatsioon. Sellisel juhul arhiivitoimetaja või teine vastutav isik valmistab selle ette soovitud heliformaadis ja failitüübis, kasutades helikomprimeerimise seadet.

+++++

Joon. 12 Digitaalse heliarhiivi kasutamine raadiomaja väliselt

+++++

4.3 DIGITAALSE KÄIBEFONOTEEGI KASUTUS

Digitaalse käibefonoteegi ülesehitus on sarnane digitaalse heliarhiivile, kuid sellel puudub lindikassettide robotsüsteem. Talletussüsteemil saab olema ühine andmebaas ja eelkuulamise serverid, kuid võib oletada, et käibefonoteegi otstarbeks võetakse kasutusele uus objekti server - käibefonoteegi objekti server.

Helisalvestiste sisestamine digitaalsesse käibefonoteeki toimub sarnaselt tööalgoritmile, mida kasutakse B1 tüüpi heliinfo lõikude talletamisel (vt. p. 4.1.3). Selle tööga võivad tegeleda arhiivi töötajad. Digitaalse käibefonoteegi kasutus toimub ainult raadiomaja siseselt, sarnaselt digitaalse arhiivi kasutamisega (vt. p. 4.2.1).

5 TALLETUSSÜSTEEMI PARAMEETRITE MÄÄRAMINE

5.1 DIGITAALSE ARHIIVI SISENDID

5.1.1 A ja C tüüpi heliinfo lõikude sisestamine digitaalsesse heliarhiivi

Heliinfo lõikude salvestamine toimub väljastuspuldi väljundist enne tehnilisse keskusesse suunamist. Automaatsalvestaja täpsemaks tööks peab see olema sünkroniseeritud ARTV-i tööga.

Salvestamisele kuuluvad 4 (uudiste toimetuse saated on eestikeelsete raadioprogrammide sees) analoog- või digitaalkujulist (kui kasutakse digitaalset väljastuspulti) stereofoonilist raadioprogrammi. Arhiveerimisele kuuluvatest heliinfo lõikudest 80% annavad Vikerraadio ja Raadio 4 raadioprogrammid (vt. Tabel 4). Seega esimeses talletussüsteemi rajamise etapis võib piirduda kahe stereofoonilise helisignaali salvestamisega. Talletussüsteemi normaalseks tööks võib ette näha 5 stereofoonilise signaalide salvestamise võimalust, kus 1 on tagavaraks.

Automaatsalvestaja mälupuhvri maksimaalne koormus (kõigi nelja raadioprogrammi 1 tunni pikkuste heliinfo lõikude üheaegne salvestus) sõltub formeeritavast heliformaadist:

- 0,5 Gbaiti nõrgal helikomprimeerimisel. Heliформаat on 16 bitti, 48 kHz, stereo, MPEG Layer II 256 kbitti/s (K=6);
- 2,8 Gbaiti ilma komprimeerimiseta. Heliформаat on 16 bitti, 48 kHz, stereo, 1536 kbitti/s.

Helifailide formeerimisel on soovitatav kasutada BWF failitüübi

5.1.2 B1 tüüpi heliinfo lõikude sisestamine digitaalsesse heliarhiivi

B1 tüüpi heliinfo lõigud võivad olla:

- analoogkujulised – soovitatav maksimaalne digitaliseerimise heliформаat 16 bitti, 48 kHz, stereo, lineaarne;
- digitaalkujulised helisalvestised – maksimaalne heliформаat 24 bitti, 96 kHz, stereo, lineaarne.

Talletamisele kuuluvat helisalvestist säilitakse BWF helitüübis või tema originaalses helifaili tüübis (näiteks, AIFF).

5.1.3 B2 tüüpi heliinfo lõikude sisestamine digitaalsesse heliarhiivi

B2 tüüpi heliinfo lõigud on esitatud erinevate helifaili tüüpidega, mis sõltuvad ARTV-st (vt. p. 2.5.2): WAV, SND (Dalet), RA (Radioman). Tuleviku ARTV-e heliформаadiks võib kujuneda välja järgmine heliформаat - 16 bitti, 48 kHz, stereo, lineaarne. Tuleviku raadioringhäälingus kasutatavamaks faili tüübiks saab olema BWF, mis sobib hästi nii raadiomaja siseseks kui ka väliseks kasutamiseks [13].

5.2 DIGITAALSE TALLETUSSÜSTEEMI ANDMEMAHUD

5.2.1 Eelkuulamiskoopia heliформаadi määramine

Eelkuulamise koopia heliформаadi valimisel peab lähtuma järgmistest seisukohtadest:

- Eelkuulamine peab olema võimalik lihtsama tarkvara (näiteks, RealAudio Player) ja riistvara (sobilik kõikidele laiatarbe helikaartidele) abil;
- Eelkuulamiskoopiad võivad olla automaatselt üleviidud Interneti serveritesse kasutamiseks, ning seega on vaja võtta arvesse ka väliste kasutajate tehnilisi võimalusi (heliformaat 16 bitti, 48 kHz, stereo, 128 kbitti/s on liialt nõudlik).

Tänapäeval optimaalsemaks variandiks osutub järgmine heliformaat - 16 bitti, 22,05 kHz, mono, 32 kbitti/s ($K=48$ ühe kanali jaoks) (vt. p. 2.1.3).

5.2.2 Ernevate digitaalse heliarhiivi osade võimalikud mälumahud

□ Lindikassettide robotsüsteem

Lähtudes ülaltoodud analüüsist (Tabel 6), võib prognoosida heliarhiivi juurdekasvu, mis moodustab keskmiselt 1 Terabait aastas.

□ Meedia server

▪ Objekti serveri mälumahud

Vaadates objekti serverit kui sisestatud materjalide vahehoidlat, võib arvutada ligikaudse juurdekasvu 10 päeva jaoks – 38,5 Gbaiti (toimetused – 13,2 Gbaiti; originaalsalvestite tootmine 6,9 Gbaiti; restaureerimine 4,6 Gbaiti; üks ühele üleviimine 13,8 Gbaiti). Objekti serveri maht robotsüsteemi vahendajana võib varieeruda, kuid vähemalt 20 Gbaiti (30 tundi lineaarses heliformaadis) peab olema reserveeritud.

▪ Eelkuulamisserveri mälumahud ja aastane juurdekasv

Eelkuulamisfailide maht on proportsionaalne digitaalse arhiivis talletavatele heliinfo lõikude mahule, mis on keskmiselt 4750 tundi. Ülaltoodud eelkuulamise koopia heliformaadi korral, see moodustaks 45 Gbaiti aastas.

▪ Algetapil võib objekti ja eelkuulamise serverid riistvaraliselt lahendada ühe helifailiserveri abil. Tema mälumaht algetapis võiks olla 100 Gbaiti, mis võimaldaks vajaliku reservi eelkuulamisserveris olevate helisalvestiste juurdekasvuks.

□ Interneti serveri mälumahud

Interneti serveris talletamisele kuuluvad peamiselt kõnesalvestised, mille aastane juurdekasv on keskmiselt 3000 tundi. Ülaltoodud eelkuulamise heliformaadi korral see moodustab 20 Gbaiti aastas.

5.2.3 Käibefonoteegi mälumahud

Käibefonoteegi objekti serveri maht tänapäeval oleks 700 Gbaiti (vt. p. 3.4), mis suurendab eelkuulamise serveris talletatavate eelkuulamiskoopiate arvu ligikaudselt 50 Gbaidini. Käibefonoteegi objekti serveri keskmine juurdekasv (vt. Tabel 7) oleks 100 Gbaidi piirides ja seega eelkuulamiskoopiate mahu kasv – 7 Gbaiti aastas.

5.3 TALLETUSSÜSTEEMI ANDMESIDEVÕRK

Andesidevõrkude koormusi võib modelleerida kasutades erinevaid meetodeid. Üheks võimsamaks matemaatiliseks meetodiks on järjekordade teooria (*queueing theory*). Algselt rakendati seda telefonivõrkude koormuste prognoosimiseks, kuid see on

rakendatav ka andmevõrkude kohta. Järjekorra süsteeme kasutakse selliste protsesside modelleerimiseks, kus kliendid saavad teenindusjärjekorda, ootavad, saavad teenindatud ja seejärel lahkuvad.

Kirjanduses, kus käsitletakse järjekorra süsteeme, kasutakse laialdaselt A/B/m tähistust, kus A on klientide saabumiste tihedusfunktsioon, B on klientide teenindamise tihedusfunktsioon ja "m" on serverite arv. A ja B tihedusfunktsioonide valik on järgmine:

M – eksponentsiaalne jaotustihedus (M on Markovi järgi),

D – ühtlane jaotustihedus (D on sõnast *deterministic*),

G – suvaline jaotustihedus (G on sõnast *general* - üldine).

Kui M/M/1 süsteemis on kõik määratud, siis üldise G/G/m süsteemi analüütilisi lahendusi ei ole veel leitud. Kui järjekorra süsteemis on palju kasutajaid, siis eeldus eksponentsiaalsest jaotustihedusest on õigustatud [38]. Sellistel tingimustel tõenäosus, et ajaintervalli t satub täpselt n kasutajate arv on antud Poisson'i jaotuse järgi:

$$P_n = \frac{(\lambda \cdot t)^n}{n!} \cdot e^{-\lambda \cdot t}, \quad (1)$$

kus λ on keskmine kasutajate arv sekundis.

Et järjekorra süsteem oleks tasakaalus, selleks peab μ (keskmine teenindatud kasutajate arv sekundis) olema suurem, kui λ . Teisisõnu, teenindamise voo intensiivsus ρ , mida leitakse λ jagatud μ -ga, peab olema vähem kui 1. Kui ρ läheneb ühele, siis hakkab järjekord kiiresti kasvama. Seda näitab ka Little'i valem [38], mille abil saab määrata keskmise teenindusaja T, kui on eelnevalt teada järjekorras viibivate kasutajate arv:

$$T = \frac{1}{\mu - \lambda}, \quad (2)$$

Kui rakendada Little'i valemit andevõrgu mudelile, siis λ on keskmine edastamisele kuuluvate andmepakettide arv sekundis ja μ on keskmine edastatavate andmepakettide arv sekundis.

5.3.1 Eelkuulamisserveri kasutamine

Digitaalse talletussüsteemi võib käsitleda järjekorra süsteemi mudelina, kus üks helifailide server teenindab palju raadiomaja siseseid kasutajaid e. helitööjaamu. Eeldades, et paketi pikkus on fikseeritud, võib leida keskmise edastamisele kuuluvate andmepakettide arvu. Selleks korrutame tööpäeva jooksul tekkinud keskmise nõudluste arvu sekundis tellitud helifaili pikkusega väljendatuna andmepakettides:

$$\lambda = \frac{K \times N}{\text{tööpäev}} \times \frac{t \times F}{L} = \frac{K \times N \times t \times F}{\text{tööpäev} \times L}, \quad (3)$$

kus

K - keskmine kasutajate arv,

N - keskmine toimingute arv ühe kasutaja jaoks,

t - keskmine helilõigu kestvus (s),

F - helilõigu formaat e. vajalik edastuskiirus (bitti/s),

L - andmepaketis sisalduv kasulik infohulk (bitti),

tööpäev - kogu kasutamiskestvus tööpäevas (s).

Kui talletussüsteemi kasutajad eelkuulavad helisalvestisi, toimub andmevahetus tööjaamade ja eelkuulamisserveri vahel. Võib leida keskmise edastamiseks kuuluvate andmepakettide arvu λ , kasutades järgmisi lähteandmeid:

$K = 150$ töökohta,

$N = 100$ eelkuulamist ühe töökoha jaoks,

$t = 30$ s (eelkuulamise kestvus),

$F = 32$ kbitti/s (eelkuulamiskoopia heliformaat),

$L = 12 \times 10^3$ bitti (maksimaalne edastatavate andmete hulk ühes Etherneti pakettis (vt. Lisa C)),

tööpäev $= 18 \times 10^3$ s (keskmiselt 5 tundi).

Vastavalt valemile (3) leiame, et $\lambda = 67$ paketti/s. Seega andmekanal eelkuulamisserveri ja selle kasutajate vahel peab võimaldama vähemalt 70 Ethernet'i pakettide veatut edastamist sekundis. Maksimaalsel Ethernet'i kanali efektiivsusel (98%) eelkuulamiseks vajalik andmevoog moodustab 900 kbitti/s, 50 % efektiivsusel see oleks aga 1,5 Mbitti/s.

5.3.2 Talletatud helifailide kasutus raadioprogrammis

Talletatud helifailide kasutamisel raadioprogrammis objekti server töötab väljastusserverina, kui väljastusjärjekorras kasutatavad helifailid on eelnevalt kopeeritud lindikassetti robotsüsteemist. Sellisel juhul O-DAW-d toimub andmete puhverdamine helitööjaama muutmälus. Paljude käesoleva aja ARTV-de halvaks omaduseks on see, et andmepuhvri tühjenemisel O-DAW-i arvuti jookseb kinni [3]. Selliste olukordade vältimiseks mõnedes raadioorganisatsioonides kasutatakse sellist praktikat, kus raadioprogrammi heliinfo lõike teatud aja vältel enne väljastamist talletatakse O-DAW-i kõvakettal [6].

Otse eetri helitööjaama ja objekti serveri vaheline andmepakettide edastus peab olema küllaltki veakindel. Kuigi kasutatav heliformaat ei ole väga mahukas (1,5 Mbitti/s lineaarne või 256 kbitti/s komprimeeritud), on esiteks raske tagada kiiret katkestamata edastust läbi mitme võrgu segmendi ja teiseks objekti server paralleelselt teostab mitmeid teisi funktsioone. Seega objekti serveri kasutamine raadioprogrammi väljastamisel vajab erilahendusi (näiteks, virtuaalse kohtvõrgu tekitamine).

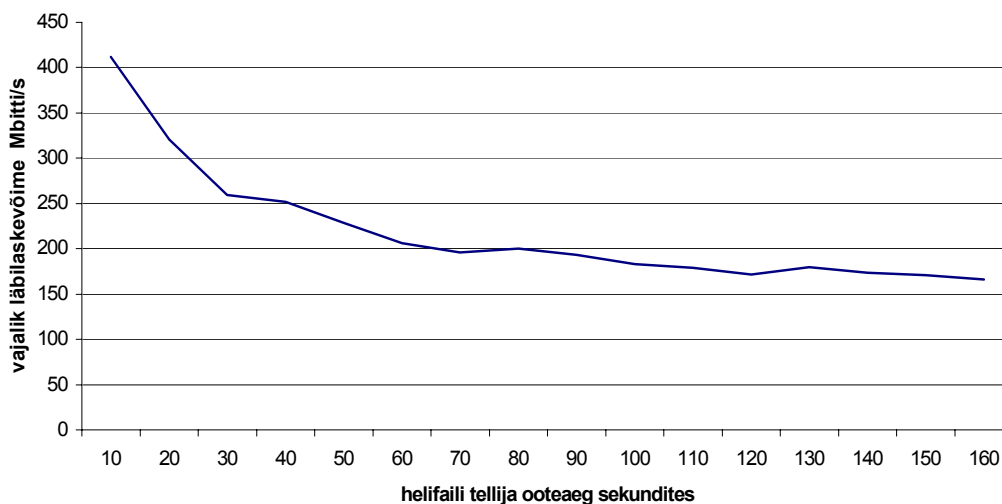
5.3.3 Talletatud helifailide kasutamine helitööjaamades

Suuremahuliste helifailide kopeerimisel kasutaja ja serveri vaheline andmeedastuskanal on hõivatud teatud aja vältel, mis sõltub andmete edastuskiirusest ja magnetkettale lugemise ja kirjutamise kiirusest. Käesoleval ajal viimane osutubki määravaks ja sõltub kasutaja tööjaama riist- ja tarkvarast - keskmiselt see on 10-30 Mbitti/s [3].

Andmekanali keskmine hõivamise aeg (helifaili tellija ooteaeg) teeb ülesande sarnaseks analoog telefoniliinide kasutamisega, kus on teada keskmise telefonikõne pikkus ja nende kõnede tihedus allub binoomjaotusele [39]. Sellisel juhul võib leida vajaliku telefoni liinide arvu lähtudes kasutajate hulgast ja lubatud liini blokeerimistõenäosusest. Andmeedastusel, blokeerimistõenäosus on seotud teenindusjärjekorra kasvuga.

Teades keskmise helifaili tellimiste arvu N ning tellija ooteaja (failide keskmise suurus jagatud nende edastuskiirusega), võib leida ühe kasutaja ja serveri vahelise edastuskanali

hõivamise tõenäosuse P_k . Teades kasutajate arvu K , kes sama sagedusega (P_k) kasutavad objekti serverit, võib leida ühise andmeedastuskanali läbilaskevõime, mis teenindaks vajalikku kasutajate arvu. Saadud tulemusi võib esitada graafikul, kus on näidatud seos ühe kasutaja teenidusaja ja ühise edastuskanali vajaliku läbilaskevõime vahel (Joon. 13). Graafikust on näha, et vajaliku andmeedastuskanali läbilaskevõime hakkab kasvama eksponentsiaalselt ühe kasutaja ooteaja vähenemisel.



Joon. 13 Ühise edastuskanali läbilaskevõime sõltuvalt ühe kasutaja ooteajast

5.3.3.1 Digitaalne käibefonoteek

Digitaalse käibefonoteegi objekti serveri kasutamise juhtumil on hea näidata ühise edastuskanali läbilaskevõime sõltuvust ühe kasutaja ooteajast (Joonis 13), sest kasutajate arv on maksimaalne. Lähteandmeteks on:

- $K = 150$ töökohta;
- Keskmise faili suurus on 60 Mbaiti (keskmise muusikalvestise pikkus on 5 minutit ja heliformaadiks on võetud $F=1536$ kbitt/s (16 bitti, 48 kHz, stereo, lineaarne);
- Kanali hõivamise tõenäosuse leidmiseks tööpäeva pikkuseks oli võetud 5 tundi (aeg, mille vältel inimene kasutab arvutit oma töös);
- $N = 30$ helifaili tellitakse ühest helitöökohast. Võib öelda, et see tellimiste arv on maksimaalne, sest ainult nende helisalvestiste kuulamiseks oleks vaja 2-3 tundi. Ühe raadiosaate valmistamisel kasutakse 10 – 15 muusikapala [3].

60 Mbaidi suurusega faili kopeerimiseks ühelt magnetkettalt teisele 10 sekundiga on vaja, et kogu süsteem toimiks 50 Mbitt/s kiirusega. Seega optimaalseks osutub kasutaja ooteaeg 40 kuni 60 sekundi vahel, mis antud lähteandmete kohaselt tähendab helifaili kopeerimise kiirust 10 Mbitt/s ehk 6 kordse kiirusega võrreldes reaaliajaga. Ühise kanali vajalik läbilaskevõime antud ooteajal moodustab 200 – 250 Mbitt/s. Kui tegemist on

komprimeeritud helisalvestistega, siis vajalik läbilaskevõime väheneb proportsionaalselt edastamisele kuuluvate helifailide mahuga (kui $K=6$, siis vajalik kiirus on 35 - 40 Mbitti/s)

5.3.3.2 Helifailide kasutamine üksikutes helitööjaamades

Kui talletussüsteemi kasutajad tahavad kasutada helifaile oma töös, toimub andmevahetus objekti serveri ja vastavate helitööjaamade vahel. Lähteandmeteks on:

- $K = 10$ töökohta,
- $N = 30$ tellimust töökoha jaoks,
- keskmine faili suurus 60 Mbaiti (lineaarne heliformaat),
- tööpäeva pikkuseks on 5 tundi.

Valides ooteaja 50 kuni 60 sekundi piires, saame vajaliku ühise edastuskanali läbilaskevõimeks 30 - 35 Mbitti/s. Helitööjaam peab võimaldama helifailide vastuvõttu vähemalt 10 Mbitti/s kiirusega.

5.3.3.3 Ühe arvutipõhise raadioprogrammi tootmis- ja väljastussüsteemiga ühendatud helitööjaamade tellimused

Talletatud helisalvestiste kasutamiseks ARTV-de helitööjaamades, helifaile kopeeritakse objekti serverist ARTV väljastusserverisse. Lähteandmed:

- $K = 25$ töökohta,
- $N = 30$ tellimust töökoha jaoks,
- keskmine faili suurus 60 Mbaiti (lineaarne heliformaat),
- tööpäeva pikkuseks on 5 tundi.

Ooteaja 50 kuni 60 sekundi piires saame vajaliku ühise edastuskanali läbilaskevõimeks 70 - 80 Mbitti/s. Seega ühe ARTV väljastusserveri ja objekti serveri vahel peab olema vähemalt 100 Mbitti/s Fast Etherneti ühendus täisdupleks režiimis.

5.3.4 Järeldused

Talletatud helisalvestiste eelkuulamiseks piisab 10 Mbitti/s edastuskanalist kasutaja tööjaama ja eelkuulamisserveri vahel. Helifailide tellimisel helitööjaamade riist- ja tarkvara peavad võimaldama võtta neid vastu vähemalt 10-20 Mbitti/s kiirusega.

Kuigi tänapäeva talletussüsteemi "pudelikaelaks" on rohkem failide ühelt kõvakettalt teisele kopeerimise aeg, on selge, et võrgu andmekiirust 100 Mbitti/s ulatuses on vähe. Talletussüsteemi aktiivse kasutamine nõuab andmeedastuskanalilt läbilaske võimet 300 – 400 Mbitti/s piirides. Selleks ühendused serverite ja kommutaatorite vahel peavad olema lahendatud Gigabit Ethernet võrgu baasil (vt. Lisa C). Peab arvestama, et Ethernet võrgu efektiivsus võib mõnikord langeda kuni 50 % -ni.

6 EELDATAVAD KULUTUSED TALLETUSSÜSTEEMI RIIST- JA TARKVARA HANKIMISEKS

Digitaalne talletussüsteemi loomine on rahaliselt kulukas ja aeganõudev protsess. Kulutuste hajutamiseks võib süsteemi loomist jagada mitmesse etappi. Digitaalse heliarhiivi loomise etapis on vaja hankida lindikassettide robotsüsteem, andmebaasi ja meedia servereid (vt. Lisa B), ning hakata looma vastavaid tarkvara lahendusi Interneti serveri ja sellega kaasneva tarkvara väljatöötamist saab nihutada ajaliselt edasi.

Digitaalse käibefonoteegi rakendamise etapp ei ole ajaliselt seotud digitaalse heliarhiivi loomisega. Käibefonoteegi loomine ja funktsioneerimine sõltub ka kasutatavate helitööjaamade riistvara võimalustest (protsessori võimsus, võrgukaardid, mälumahud), mis tähendab täiendavaid kulutusi töökohtade kaasajastamiseks.

Allpool toodud kalkulatsiooni koostamisel on kasutatud IBM riistvara turuhindu käesoleval ajal [40, 41]. Seda sellepärast, et IBM toodab kõiki vajaminevaid seadmeid ja Eesti Raadio kasutab mitu aastat edukalt selle firma toodangut. Allpool toodud kalkulatsioonis ei kajastu uute töökohtade loomise, töö- ja palgakorraldusega kaasnevaid kulutused. Samuti ei ole toodud kulutusi, mis on seotud andmevõrgu seadmete moderniseerimisega (kommutaatorid, võrgu kaardid) ja kaabeldusega (ca. 150 000 kroone).

I etapp – digitaalne heliarhiiv

Riistvara	Maksumus kroonides
Lindikassettide robotsüsteem	1 000 000
Andmebaasi server	200 000
Meedia server	100 000
(Meedia serveri RAID süsteem)	110 000
Interneti server	80 000
(Interneti serveri RAID süsteem)	50 000
	Kokku: 1 540 000
Tarkvara	
Uue tarkvara väljatöötamine	600 000
Serverite ja andmebaasi tarkvara (sõltub litsentside arvust)	800 000
	Kokku: 1 400 000
	I etapp kokku: 2 940 000

II teine etapp – digitaalne käibefonoteek

Riistvara	Maksumus kroonides
Käibefonoteegi objekti server	200 000
(Käibefonoteegi objekti serveri RAID süsteem)	650 000
Meedia serveri RAID süsteemi laiendus	100 000
II etapp kokku	950 000

I ja II etapid kokku: 3 960 000

Lisaks ülaltoodud ühekordsetele kulutustele, digitaalse talletussüsteemi eksploatatsiooni vältel lisanduvad täiendavad kulutused, seoses iga aastase säilitamisele kuuluvate helisalvestiste juurdekasvuga (vt. p. 5.2.2).

Iga aastased kulutused talletussüsteemile

Digitaalne heliarhiiv	Maksumus kroonides
Lindikassetid	200 000
Meedia serveri RAID süsteem	50 000
Interneti serveri RAID süsteem	25 000
Kokku:	275 000

Digitaalne käibefonoteek	Maksumus kroonides
Objekti serveri RAID süsteem	100 000
Kokku	100 000

Aastased kulutused talletussüsteemi juurdekasvule: 375 000

KOKKUVÕTTE

Arvutipõhise raadiotehnoloogia tuleviku areng on võimatu uue digitaalse talletussüsteemita, mis hakkab osalema raadioprogrammide tootmis- ja väljastusprotsessides. Helifailide hõlpsama kasutamise kõrval omavad suurt osatähtsust ka nende helisalvestiste metaandmed, mida kasutatakse digitaalse raadiotehnoloogia vahendites (DAB, Internet). Digitaalsete talletussüsteemide juurutamisega tegeldakse juba paljudes Euroopa ringhäälingu organisatsioonides - näiteks Hispaanias (RNE), Itaalias (RAI), Rootsi (SR), Soomes (YLE), Saksamaal (SWR).

Selles töös analüüsitakse Eesti Raadio talletussüsteemi loomise aspekte, lähtudes praegusest raadiotehnoloogia seisust. Töö aluseks sai süsteemi juurdekasvu allikate ja võimalike kasutajagruppide määramine ning talletussüsteemi jagamine kaheks osaks – digitaalseks heliarhiiviks ja digitaalseks käibefonoteegiks. Kuigi need mõlemad hakkavad kasutama ühist andmebaasi ja samu tööalgoritme, on heliarhiivi ja käibefonoteegi nõudmised riistvarale ja eriti andmevõrgule küllaltki erinevad. Töös on toodud ka talletussüsteemi majanduslik ülevaade.

Töö lõpptulemuseks on Eesti Raadio tehnoloogia arengusuundade määramine vastavuses uue talletussüsteemi ülesehitusega. Töö käigus selgus, et selle süsteemi juurutamisel on paratamatud ka muudatused. töökorralduses, mis omakorda tingib informatsiooni dubleerimise vähendamise ja raadiomaja tööprotsesside optimeerimise. Oluliseks probleemiks osutus ka vajalike metaandmete loetelu, sest Eesti Raadio helisalvestiste andmebaas vajab moderniseerimist vastavalt uue tehnoloogia tingimustele. Lähimal ajal on tulemas uus EBU metaandmete standard (töögrupp P/META), mis kindlasti aitab kaasa raadiomaja uue andmebaasi loomisele.

Talletussüsteemi tuleviku areng võib hõlmata ka teisi suuremahulisi audiovisuaalseid arhiive – nagu näiteks, Eesti filmiarhiiv, Eesti Televisiooni arhiiv jne. Eesti Vabariigi mastaapides võib kõne alla tulla ühine kultuurilist väärtust omavate heli- ja filmisalvestiste talletamine ühises süsteemis või vähemalt ühiste põhimõtete alusel. See hõlbustaks nende kasutamist ja valmistaks ette uusi multifunktsionaalseid teenuseid.

VIITELOETELU

- 1 Morozov, G., Raag, A., Ustav, H. Kui kaugused kaovad. Tln., Valgus, 1990, 168 lk.
- 2 Autoriõiguse seadus [terviktekst muudatustega kuni 22.02.99]. Riigikogu seadus nr 19.
Web <http://seadus.ibs.ee/seadus/aktid/rk.s.19921111.19.19990401.html>.
- 3 Eesti Raadio dokumentatsioon.
- 4 Harris, H. Audiovisual Archives: A Practical Reader, 1998,
Web <http://www.unesco.com/webworld/audiovis/reader/preface.htm>.
- 5 Xu, A. Metadata Conversion and the Library OPAC. Massachusetts Institute of Technology, 1998
Web <http://web.mit.edu/waynej/www/xu.htm>.
- 6 Lacken, C. On the Way to Working with Digital Archives. EBU Training Seminar, november 2000.
- 7 The semi-official MPEG-7 webpage, june 2000,
Web <http://www.darmstadt.gmd.de/mobile/MPEG7>.
- 8 Hopper, R. EBU Project Group P/META. Metadata Exchange Standards. EBU technical review. Geneva, Switzerland, 2000, 24 p.
- 9 Watkinson, J. The Art of Digital Audio, 2nd ed. Focal Press, 1999, 685 p.
- 10 Whittle, R. Lossless audio compression, 1998,
Web <http://www.firstpr.com.au/audiocomp/lossless>.
- 11 NLX 384 A Network Transceiver. Operations Manual. Audio Processing Tehnology Ltd., Northern Ireland, 1999,
Web <http://www.aptx.com>.
- 12 Telos Zephyr Digital Network Audio Transciever. User's Manual v. 2.91, USA, 1995.
- 13 Jonsson, L., Joandi J. Radio Workshop: Working with Audio Files. EBU Training Seminar, november 2000.
- 14 Audio Engineering Society Standarts Committee. Transparent cascading of compressed audio, 1999
Web <http://www.aes.org/standards/reports/AES106-SC-02-02-AES-X78.html>.
- 15 Comrex Engineering Notes. Coding Delay in Digital Audio Codecs, 1999,
Web <http://www.comrex.com/fod218.html>.
- 16 The World Forum for Digital Audio Broadcasting. Official Webpage.
Web <http://www.worlddab.org>
- 17 Digital Video Broadcasting. Official Webpage.
Web <http://www.dvb.org/standards/index.html>;
- 18 EBU Recommendation R85: Use of the Broadcast Wave Format for the exchange of audio data files.
Web http://www.ebu.ch/pmc_bwf.html

- 19 Collated Performance Evaluations of the Eureka 147 DAB System. Final Report of the EBU Project Group B/DAC (Digital Audio Characterisation), 1997
- 20 Sokol, M. Prepping Audio for Internet - Radio World, july 2000, lk. 36-37.
- 21 Cole, J. DVD-Audio - Studio Sound, september 2000, p. 59-64.
- 22 Starley, P. An Archive in the U.K. - Pro Sound News, march 2000, p. 26.
- 23 Discussion: Storage Life of Data Media, University of Florida, 1997
Web <http://www.biotech.ufl.edu/icbr/emcl/db/mediastr.html>.
- 24 EBU Standard N22 : The Broadcast Wave Format : A format for the interchange of audio data files in broadcasting Web http://www.ebu.ch/pmc_bwf.html
- 25 EBU Specification: Tech 3285: The Broadcast Wave Format : A format for the interchange of audio data files in broadcasting,
Web http://www.ebu.ch/pmc_bwf.html
- 26 EBU Specification: Tech 3285 Supplement 1: The Broadcast Wave Format : MPEG Audio,
Web http://www.ebu.ch/pmc_bwf.html.
- 27 Peterson, M. Network Storage Architecture, Strategic Research Corp., 1996,
<http://networkbuyersguide.com/search/105160.htm>.
- 28 Tanenbaum, A. Computer Networks, 3nd ed. Prentice-Hall, 1994, p. 658.
- 29 ASM Jukebox Systems, 2000,
Web <http://www.asm-jukebox.de/ehome5.htm>.
- 30 Barker, R. High-Capacity Tape Buyer's Guide. UNIX Review Labs, 1998,
Web <http://www.dlftape.com/technology/news/tradePub.asp?id=7>.
- 31 Попов, А. Цифровая система архивирования кинофильмов - хранение с качеством оригинала - Техника кино и телевидения, 11-1999, стр. 27 - 32.
- 32 Häfner, A. The Digital Mass Store in a Radio Sound Archive: First Steps into Practice, IASA (International Association of Sound and Audiovisual Archives) Jurnal, 10-1997.
- 33 James, R. Station to Station - Studio Sound, may 2000, p. 61-66.
- 34 Lahti, J. Being Digital Radio, Raadiomaania, 3 - 2000,
Web <http://www.radioman.fi>.
- 35 Huber, W. ATM in on the Airwaves - Studio Sound, october 1999, p. 76-78.
- 36 Radioman. Jutel OÜ.
Web <http://www.radioman.fi>
- 37 Dalet. Digital Media Systems.
Web <http://www.dalet.com>
- 38 Tanenbaum, A. Computer Networks, 2nd ed. Prentice-Hall, 1989, 702 p.
- 39 Заездный, А. Основы расчетов по статистической радиотехнике, Москва, 1969, 447 стр.

- 40 IBM. Storage Solutions, 2000,
Web <http://www.storage.ibm.com>.
- 41 Baltic Computer Systems. BCS valikhinnakirjad, 2000,
Web <http://www.bcs.ee/hk/index.htm>.
- 42 Eesti Standard EVS 736:1999 Raadioringhäälingu süsteem. Analoogsüsteemi
helitrakti näitajad.
- 43 Digigram. Sound Cards.
Web http://www.digigram.com/products/sound_cards.html.
- 44 Stallings, W. Data and Computer Communications, 5th ed. Prentice-Hall, 1997, 637
p.
- 45 Lounsbury, A. Gigabit Ethernet: The Differences Is In the Details. 1998,
Web <http://www.data.com/tutorials/gigabit.html>.
- 46 Gigabit Ethernet Alliance. Frequently Asked Questions about Gigabit Ethernet, 2000,
Web <http://www.gigabit-ethernet.org/technology/faq.html>.

LISA A. TERMINID

Raadioringhäälinguprogramm (lühendatult **raadioprogramm**) - teadlikult loodud ja järjestatud heliinfo lõikude kogum, mida edastatakse kindlaksmääratud raadiokanalil [42].

Raadiosaade - raadioprogrammi lõik, mis moodustab loominguliselt iseseisva teose.

Hanke helisalvestis - helisalvestis, mis ei ole toodetud Eesti Raadios.

Heliarhiiv - heliinfo lõikude (saadete ja muude originaal salvestuste) säilitamist, hooldamist ja uuesti esitamist korraldav süsteem.

Helisignaali komprimeerimine - digitaalkujulise helisignaali töötlemine informatsiooni mahu vähendamiseks.

Tiitelandmed - heliinfo lõiku iseloomustavad üldtarbimiseks vajalikud tekstilised andmed.

Metaandmed (*metadata, representation data*) - "andmed andmetest" - tiitel- ja kõik teised andmed, mis puudutavad heliinfo lõiku.

Originaalne helisalvestis - helisalvestis, mis on toodetud Eesti Raadios ja millele on kavastavad varalised õigused.

Raadioprogrammi saatekava (lühendatult **saatekava**) (*schedule*) - raadioprogrammis olevate heliinfo lõikude ajalise järjestuse kirjeldus, mis on mõeldud üldtarbimiseks.

Väljastusserver (*broadcasting server*) - arvutipõhiline heliinfo lõikude töötlemise ja väljastamise süsteem.

Raadioprogrammi väljastamisjärjekorra makett (lühidalt **väljastamisjärjekorra makett**) (*template*) - heliinfo lõikude ajaline šabloon, mis määrab raadioprogrammi väljastamisjärjekorra vormi.

Raadioprogrammi väljastamisjärjekord (lühidalt **väljastamisjärjekord**) (*playlist, running order, line up*) - heliinfo lõikude teadlikult organiseeritud väljastamise järjekord teatud ajapiirides.

Digitaalkujuliseheli formaat (lühidalt **heliformaat**) - parameetrite kogum, mis iseloomustab helikodeerimisviisi - diskreetimissagedus, arvsõna pikkus, helisignaali kanalite arv, edastamiseks vajalik andmevoog (kaudselt näitab komprimeerimise astet).

LISA B. TALLETUSSÜSTEEMI RIISTVARALISED NÕUDED

- Lindikassettide robotsüsteemi riistvara peab võimaldama andmete talletamist kuni 4 Terabaidi ilma selle täiendamist (lisatakse ainult kassette). Robotsüsteem peab olema ühildatav uute kassettide tüüpidele (palju oleneb tootja poliitikast) .
- Talletussüsteemi andmebaasi serveri riistvara peab vastama järgmistele tingimustele:
 - ühe või multiprotsessoriline,
 - minimaalselt 512 MB RAM,
 - 160 SCSI liides (2..4 kanalit) + RAID 5 (kasulik¹² mälumaht 30 Gbaiti),
 - võrgu kaart (näiteks, GbE),
 - UPS.
- Talletussüsteemi meedia serveri riistvara peab vastama järgmistele tingimustele:
 - üheprotsessoriline,
 - 256 MB RAM minimaalselt,
 - 160 SCSI liides (2..4 kanalit) + RAID 5 (kasulik mälumaht 100 Gbaiti),
 - võrgu kaart (näiteks, GbE),
 - UPS.
- Talletussüsteemi interneti serveri riistvara peab vastama järgmistele tingimustele:
 - üheprotsessoriline (700 MHz või võimsam)
 - 256 MB RAM minimaalselt
 - 160 SCSI liides (2..4 kanalit) + RAID 5 (kasulik mälumaht 30 Gbaiti),
 - võrgu kaart (näiteks, 10/100 Fast Ethernet),
 - UPS.
- Automaatsalvesti riistvara peab vastama järgmistele tingimustele:
 - protsessori kiirus 500 MHz või suurem,
 - 256 MB RAM minimaalselt,
 - Kõvaketta maht vähemalt 10 Gbaiti,
 - 10/100 Ethernet võrgu kaart,
 - Digigram [43] helikaart 4 sisendid (digitaalsed ja analoog, välise sünkronisatsiooni võimalus),
 - UPS.

¹² RAID 5 süsteemis ühe kolmandiku mälumahust kasutakse andmete paarsuskontrolli jaoks.

- Käibefonoteegis kasutatava objekti serveri riistvara peab vastama järgmistele tingimustele:
 - Ühe või multiprotsessoriline,
 - 512 MB RAM minimaalselt,
 - 160 SCSI liides (2..4 kanalit) + RAID 5 (kasulik mälu maht 700 Gbaiti), Kõvaketta maht vähemalt 10 Gbaiti,
 - võrgu kaart (GbE),
 - UPS.

LISA C. EDASTUSMEEDIA RIBALAIUSE JAGAMINE ETHERNETIS

C.1 KOHTVÕRGU PROTOKOLLID

Kohtvõrkude kolm põhitunnust on:

- Andmevõrgu läbimõõt ei ületa paari kilomeetrit;
- Andmeedastuskiirus alates mõnest Mbitt/s;
- Andmevõrgu omanikuks on sageli üks organisatsioon.

Põhiosa kohtvõrkude standarditest on välja töötanud IEEE komitee ja neid tuntakse IEEE 802.x nimede all: Ethernet (802.3), Token Bus (802.4), Token Ring (802.5), DQDB (802.6), FDDI (802.10). Neist enim kasutust on leidnud Etherneti edasiarendused - 802.3u (*Fast Ethernet*) ja 802.3z (*GbE - Gigabit Ethernet*). Üldjuhul opereerivad 802 seeria protokollid esimestel OSI (*Open System Interconnection*) referentsmudeli kahel tasemel, kusjuures eripäraks on lingitase jaotus kaheks alamkihiks.

OSI		IEEE 802
7	Rakendustase (<i>Application</i>)	
6	Esitlustase (<i>Presentation</i>)	
5	Seansitase (<i>Session</i>)	
4	Transporditase (<i>Transport</i>)	
3	Võrgutase (<i>Network</i>)	
2	Lingitase (<i>Data link</i>)	Logical Link Control (LLC)
		Medium Access Control (MAC)
1	Füüsiline tase (<i>Physical</i>)	Füüsiline tase (<i>Physical</i>)
Edastusmeedia (<i>Transmission Medium</i>)		

Joon. 14 OSI ja IEEE 802 baasmudelid [44]

Füüsiline tase

Hõlmab ühenduste füüsikalisi (linkide omavahelised pikkused, pesade kirjeldused) ja elektrilisi (pinged, voolud, sagedused, modulatsiooniskeemid) parameetreid. Ülekantavad andmed on vaadeldavad suvaliste andmevoogudena.

Lingitase

Hõlvab andmevoo juhtimise võrgu ja kasutaja vahel. Vastutab veatu ja efektiivse andmeülekande eest, kasutades selle jaoks erinevaid veeavastus- ja parandusalgoritme. Sellel tasemel andmed on vaadeldavad pakettidena, millelele on lisatud aadressid.

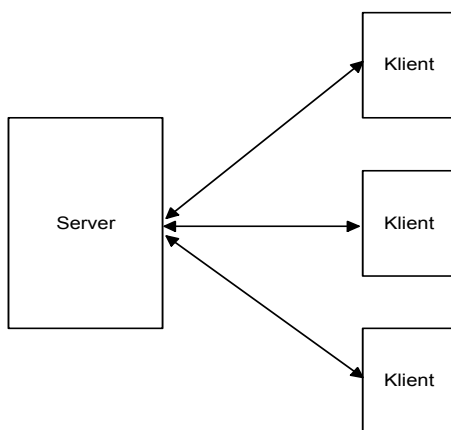
- MAC - moodustab paketi (aadress, vigade avastamise/parandamise väli) andmete saatmisel ja pakib selle lahti andmete saamisel; määrab edastusmeediumi ajutiselt valitsevate andmejaamade järjestuse.
- LLC - alamkiht kasutab MAC alamkihi teenuseid ning teenindab võrgukihti.

Võrgutase

Hõlmab andmevoogude suunamist nii võrgusiseselt, kui ka võrkude vaheliselt. On vastutav ühenduste loomise eest kommuteeritavates võrkudes; andmevoo tee määramise eest mittekommuteeritavates võrkudes; pakettide tükeldamise ja kokkupaneku eest.

C.2 RIBALAIUSE JAGAMINE EDASTUSMEEDIAS

Väga tüüpiline on LAN jaoks juhtum, kus ühe serveriga on ühendatud mitu kasutajat. Iga kasutaja saadab serverile (päringu-) paketi, millele see vastab (vastuse-) paketiga.

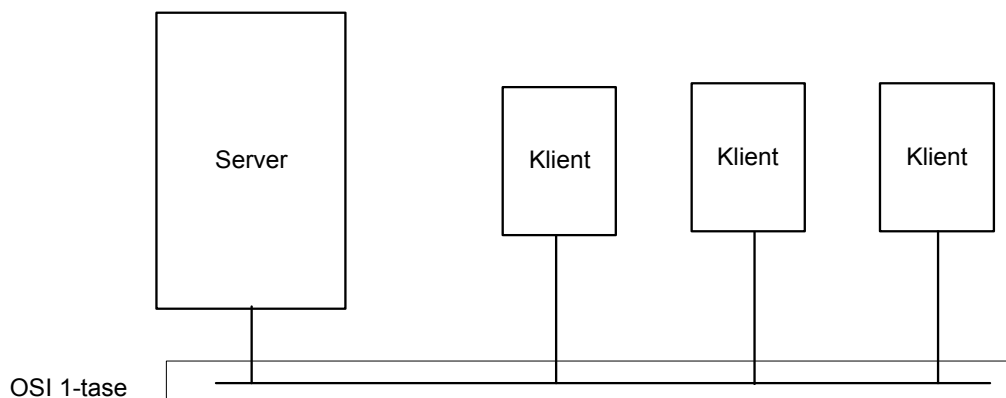


Joon. 15 Andmevahetus klient - server tüüpi rakendustes

Tegemist on juhupöördumise võrguga, kus andmevahetus leiab aset juhuslikel momentidel. Olenevalt sellest, kuidas jagatakse võrgu ressursse klientide vahel, on tegemist kas jagatud või kommuteeritud edastusmeediaga.

C.2.1 Jagatud edastusmeediaga kohtvõrk

Kõik kasutajad jagavad võrdselt neid ühendavat edastusmeediat. Näiteks, kui on tegemist 10 Mbitt/s ressursiga, siis 10 kasutaja puhul jääb aktiivse kasutamise korral igale ligikaudu 1 Mbitt/s. Sellist kasutamist nimetakse jagatud meediaks.



Joon. 16 Jagatud edastusmeedia kasutus klient-server tüüpi rakendustes

Jagatud edastusmeedia korral iga väljasaadetud pakett võib põrgata kokku (*collision*) teise paketiga ja saatmistsüklil seejärel kordub. Teisisõnu tähendab see, et edastusmeediumi saab kasutada üks klient korraga. Ethernetis kasutakse suvalise juurdepääsu algoritmi - CSMA/CD (*Carrier - Sense Multiple Access/Collision Detection*), mis reguleerib andmevahetust jagatud edastusmeedias ja on teostatav MAC alamkihis.

Algoritm koosneb kahest osast:

- CS (*Carrier sensing*) kontrollib enne andmepaketi väljastamist kanalit, kas seal on "vaikus",
- CD (*Collision Detect*) rakendub tööle, kui kaks seadet hakkavad saatma pakette samaaegselt ja peatab neid spetsiaalse signaali abil (*jam signal*); seadmed proovivad saatmist spetsiaalselt genereeritud juhusliku aja järgi.

Ethernet kasutab muutuva pikkusega pakette (Joon. 17), mille minimaalne pikkus on 64 baiti. See suurus on vahetult seotud CSMA/CD algoritmimiga.

7 bait	1	2/6	2/6	2	38..1500	(0..)	4
Preamble	SFD	Destination	Source	Len	Data	Pad	FCS

Joon. 17 Etherneti paketi struktuur [44]

Preamble - paketi algus, mis tagab saate ja vastuvõttu seadmete sünkroniseerimise,

SFD (*Start Frame Delimiter*) - "kasulikku" informatsiooni alguse tuvastamiseks,

Destination - vastuvõtja aadress,

Source - saatja aadress,

Len - paketi edastatavate andmete osa (*data*) pikkus baitides,

Data - edastatavate andmete osa,

Pad - lisaväli minimaalse paketi pikkuse täitmiseks,

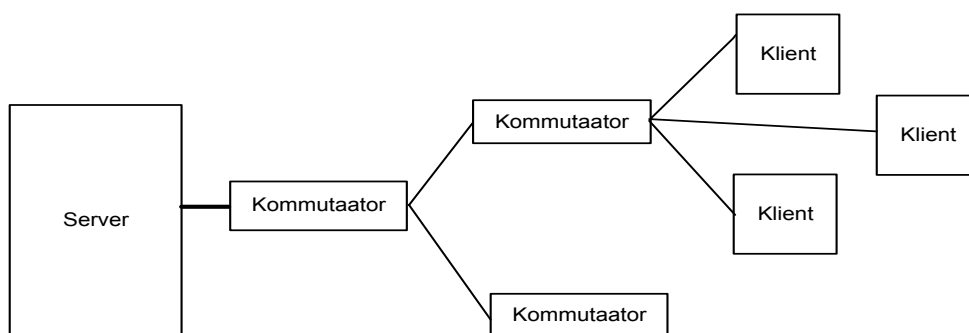
FCS (*Frame Check Sequence*) - vea kontrolli eesmärgi täitev 32 bitine CRC, mis kontrollib kõiki välju alates "Destination" kuni "Pad" väljani.

Etherneti loomisel arvestati, et üksteisest kahe kilomeetri kaugusel olevad seadmed saavad aru kahe paketi vahel tekkinud kokkupõrkest. See piir on seotud minimaalse paketi edastamise ajaga (*roundtrip propagation delay*) ja CD algoritmi tööga. Fast Etherneti tekkimisel 100 Mbitti/s kiirused piirasid võrgu maksimaalset ulatust kuni kaheksaja meetrini.

Selleks, et vältida võimaliku kahekümne meetrist piirangut 1000 Mbps kasutamisel GbE-s, IEEE määras uue minimaalse paketi pikkuse GbE jaoks - 512 baiti (loogiliselt olema see pidi 640 baiti, aga see oleks veelgi ebaefektiivsem). Samuti vähendati lubatud OSI 1 taseme seadmete - kordajate (*repeater*) arvu kahest Fast Ethernetis üheni. Kui GbE-s edastatakse pakette ka vähema kui 512 baiti pikkusega (kuni 64 baiti), siis MAC väljastab spetsiaalse signaali (*carrier extension*). Paketi ja signaali edastamise aeg summeerub ja on võrdne minimaalse 512 baitise paketi edastamisajaga. Tarbija seisukohalt tähendab see ressursi raiskamist. Kui enamik GbE-s kasutatavatest pakettidest on 64 baitised siis reaalne andmeedastuskiirus võib langeda kuni 120 Mbitti/s-ni [45].

C.2.2 Kommuteeritud edastusmeediaga kohtvõrk

Rakendades uue lahendust tehnoloogilist - kommutaatorit, sai võimalikuks mitme samaaegse protsessi olemasolu serveri ja kliendi vahel. Kommutaator on OSI 2- või 3-taseme seade, mis üldjuhul koosneb portidest (füüsilised ühendused), mälupuhvritest (pakettide ajutine säilitus), aadressitabelitest (portide ja aadresside vahelised seosed) ja kommutatsioonimaatriksist (pakettide toimetamine).



Joon. 18 Kommuteeritud edastusmeedia

Kommutaatoritud võrgu näol on tegemist rohkem punkt-punkt ühendustega, sest kommutaator ei korda paketti kõikides suundades, nagu kordaja, vaid suunab selle aadressaatidele (*adress-filtering device*). Kommutaatorid võimaldavad tööd nii pool- kui ka täisdupleks režiimis.

Andmeedastus täisdupleks (*full-duplex*) režiimis tähendab seda, et saatja ja vastuvõtja võivad edastada andmeid üheaegselt. Täisdupleks režiim on lubatud ainult kahe seadme vahel samadel edastuskiirustel, näiteks kahe Fast Etherneti kommutaatori või Fast Etherneti kommutaatori ja Fast Etherneti võrgukaardiga arvuti vahel. Selles režiimis saate ja vastuvõtu seadmed lepivad eelnevalt kokku selles, kui palju võib järjest pakette saata ilma kinnitust saamata, et edastus läks veatult. Kui vastuvõtu seade ei võimalda kõikide

pakettide töötlemist, genereerib ta katkestuskaadri (*pause frame*), mis määrab ära saate seadme "vaikimise" aja (IEEE 802.3x *Flow Control*) [46]. Oluline on see, et täisdupleks režiimis ei rakendata CSMA/CD algoritmi ja seega puudub vajadus täitesignaalis (*carrier extension*) GbE pakettide puhul.