
64-BITTISEN DIGITAALISEN AUDIOTYÖASEMAN KOMONENTTIEN VALINTAKRITEERIT



Opinnäytetyö

Mediatekniikan koulutusohjelma

Riihimäki 31.7.2006

Juha Lehtonen



Mediatekniikka
Kaartokatu 2
11100 Riihimäki

Työn nimi 64-bittisen digitaalisen audiotyöaseman komponenttien
valintakriteerit

Tekijä Juha Lehtonen

Ohjaaja Kauko Ojanen

Hyväksytty _____._____.20____ arvosanalla _____

Hyväksyjä

Arvosana-asteikko 5 = kiitettävä, 4-3 = hyvä, 2-1 = tyydyttävä

Mediatekniikan koulutusohjelma

Tekijä	Juha Lehtonen	Vuosi 2006
Työn nimi	64-bittisen digitaalisen audiotyöaseman komponenttien valintakriteerit	
Työn säilytyspaikka	HAMK, Riihimäki	

TIIVISTELMÄ

Digitaalinen audiotyöasema on audion äänittämiseen, editointiin ja toistoon suunniteltu järjestelmä, joka koostuu tietokoneen, moniraitaisen audio-ohjelmiston ja korkealaatuisen äänikortin yhdistelmästä. Tietokone voi olla joko PC tai Mac. Työ keskittyy 64-bittisellä Windows XP Professional x64 –käyttöjärjestelmällä varustettuun PC-laitteistoon.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää 64-bittisen digitaalisen audiotyöaseman komponenttien valintakriteerejä sekä uusien teknologioiden merkitystä audiotyöasemissa. Idea työhön kehittyi rakentaessani Carillon-audiotyöasemia Soitin Laine Software eXperience:n palveluksessa vuosina 2004 – 2005.

Korkeat tekniset ja toiminnalliset vaatimukset erottavat digitaalisen audiotyöaseman olennaisesti tavallisesta PC-tietokoneesta. Alhainen latenssi, korkealaatuinen ääni ja hiljainen toiminta ovat tärkeitä audiotyöaseman kriteerejä. Lisäksi työssä käydään läpi monia teknisiä yksityiskohtia, jotka vaikuttavat audiotyöaseman toimivuuteen. Esimerkkikokoonpano sisältyy työhön.

Merkittävimmät tekniset uudistukset audiokäytön kannalta ovat 64-bittinen liukulukulaskenta, kasvanut rekisterien määrä ja tuplaydinten käyttöönotto prosessoreissa. Todellista hyötyä saavutetaan myös sekvensserien täysin 64-bittisellä signaalitiellä, joka varmistaa audion resoluution säilymisen 32-bittistä signaalitietä paremmin editoinnin ja miksaamisen aikana.

Audiotyöaseman komponenttien valinnan tärkeyttä ei voi korostaa liikaa. Huomioimalla työssä selvitettyt yleiset periaatteet ja tekniset yksityiskohdat on mahdollista suunnitella ja rakentaa tehokkaita, luotettavia ja yhteensopivia 64-bittisiä digitaalisia audiotyöasemia.

Asiasanat Digitaalinen audiotyöasema, DAW, PC, laitteisto, komponentit, 64-bittisyys, Windows XP Professional x64, Cakewalk SONAR 5

Degree Programme in Media Technology

Author	Juha Lehtonen	Year 2006
Subject of thesis	Selection Criteria for 64-bit Digital Audio Workstation Hardware Configuration	
Archives	HAMK University of Applied Sciences, Riihimäki	

ABSTRACT

A Digital Audio Workstation (DAW) is a system designed to record, edit and play back digital audio. It is a combination of a computer, audio multitrack software, and high-quality audio hardware. The computer can either be a PC or a Mac. This thesis focuses on PC hardware compatible with 64-bit Windows XP Professional x64 Edition operating system.

The purpose of this study was to find out the selection criteria for a 64-bit DAW hardware configuration. The aim was also to discover the importance of new technologies in DAWs. An example of a hardware configuration is included in the study. The idea for this thesis was developed while I was working with Carillon DAWs in Soitin Laine Software eXperience in 2004 - 2005.

The high technical and functional demands of DAWs differ substantially from those of standard PCs. Low latency, high audio quality and quiet operation are important requirements for DAWs. In addition there are many technical details that affect the functionality of DAWs.

The most important new technologies for DAWs are 64-bit floating point arithmetic, increase of registers, and dual-core implementation in processors. A real benefit is also gained from the use of a fully 64-bit signal path in sequencers, which ensures that the audio resolution will not degrade as much as in 32-bit signal path during editing and mixing.

The importance of hardware configuration in audio workstations cannot be overemphasized. Taking into consideration the general principles and technical details described in this work, it is possible to design and build efficient, reliable, and compatible 64-bit digital audio workstations.

Keywords **Digital Audio Workstation, DAW, PC, Hardware, Components, 64-bit Computing, Windows XP Professional x64, Cakewalk SONAR 5**

Pages 96

Lyhenteet

AD-DA	Analogia-digitaali – digitaali-analogia
AGP	Accelerated Graphics Port = AGP-väylä
ALU	Arithmetic Logic Unit = Aritmeettis-looginen yksikkö
ASIO	Audio Stream Input/Output = Audiosuoratoisto I/O
CMP	Chip-Level Multiprocessing = Siirutason moniprosessointi
DDR	Double Data Rate = Kaksinkertainen tiedonsiirtotaajuus
DMA	Direct Memory Access = Oikosiirto
DMI	Direct Media Interface = Suora medialiitäntä
DSP	Digital Signal Processing = Digitaalinen signaalinkäsittely
ECC	Error-Correcting Code = Virheenkorjauskoodi
FPU	Floating Point Unit = Liukulukulaskentayksikkö
FPR	Floating Point Register = Liukulukurekisteri
GPR	General Purpose Register = Yleiskäyttöinen rekisteri
HT	Hyper-Threading = Hypersäikeistys
IRQ	Interrupt Request = Keskeytyspyyntö
LSB	Least Significant Bit = Vähiten merkitsevä bitti
MIDI	Musical Instrument Digital Interface = MIDI-liitäntä
PATA	Parallel AT Attachment = Rinnakkainen ATA-väylä
PCI	Peripheral Component Interconnect = PCI-väylä
PCM	Pulse Code Modulation = Pulssikoodimodulaatio
RAID	Redundant Array of Independent Disks = Vikasietoinen levyjärjestelmä
SATA	Serial AT Attachment = Sarja-ATA-väylä
SCSI	Small Computer System Interface = SCSI-väylä
SDRAM	Synchronous Dynamic Random Access Memory = Tahdistettu nopea dynaaminen käyttömuisti
SIMD	Single Instruction, Multiple Data = Tietorinnakkainen
TLP	Thread-Level Parallelism = Säietason rinnakkaisuus
UAA	Universal Audio Architecture = Universaali audioarkkitehtuuri
VST	Virtual Studio Technology = Virtuaalinen studioteknologia
WLR	Word Length Reduction = Sananpituuden vähentäminen

Kuvaluettelo

- Kuva 1 *Muistihierarkiasta ilmenee tietokoneen muistin eri tasot ja se, kuinka muistin nopeus hidastuu kapasiteetin kasvaessa /39/.*
- Kuva 2 *Windows XP Pro x64 mahdollistaa 32-bittisten ohjelmien käytön WOW64-alijärjestelmän avulla. Arkkitehtuurin pohjalla oleva ”läpinäkyvä” laitteistoemulaatiokerros ei huononna 32-bittisten ohjelmien suorituskykyä juuri lainkaan. /39/.*
- Kuva 3 *Kvantisointi tarkoittaa prosessia, jossa tietyllä näytteenottotaajuudella äänitetystä digitaalisesta signaalista muodostetaan tarkempi arvio alkuperäisen audiosignaalin aallonmuodosta. Digitaalisesti muunnettu kvantisoimaton signaali (punainen) vasemmalla ja kvantisoitu signaali oikealla. Alkuperäinen audiosignaali näkyy kuvassa harmaana. X-akseli kuvaa aikaa ja Y-akseli signaalin voimakkuutta. /55/.*
- Kuva 4 *Hypersäikeistys–teknologian toimintaperiaate kuvaa, kuinka säikeet voidaan jakaa loogisille prosessoreille jolloin säikeiden suoritus tehostuu fyysisen prosessorin tehokkaamman resurssien käytön myötä. /37/.*
- Kuva 5 *Kellopiirin epätarkkuus aiheuttaa ajoitusvirheitä, eli jitteriä, joka voidaan havaita DA-muuntimen uudelleengeneroimassa audiosignaaleissa alla. Yllä teoreettinen näytteenottotilanne, jossa kellopiiri ei aiheuta jitteriä. /6/.*
- Kuva 6 *Intel 975X Express -piirisarjan kaaviokuvasta selviää mm. piirisarjan rakenne, väylänopeudet ja liitäntöjen määrät. Piirisarja tukee mm. kahden PCI Express-näytönohjaimen käyttöä, mistä ei ole audiokäytössä hyötyä. /54/.*
- Kuva 7 *Intel P965 Express -piirisarjan kaaviokuvasta selviää mm. piirisarjan rakenne, väylänopeudet ja liitäntöjen määrät. Paranneltu muistiohjain mahdollistaa 975X-piirisarjaa suuremman tiedonsiirtokapasiteetin muistiohjaimen ja keskusmuistin välillä. ICH8 ei tue PATA-liitäntöjä lainkaan, vaan ne on otettu käyttöön Jmicron JMB363-ohjaimella. /54/.*
- Kuva 8 *Prossessorien käyttöasteen vertailu Thonex-testillä Steinberg Nuendo 3 –ohjelmassa. Eri puskuriasetukset vaikuttavat latenssiin ja prosessorin kuormitukseen. Pienimmällä latenssilla ja puskurin koolla tuplaytimellä varustettu Intel Xeon (Woodcrest) -prosessori päihittää Intel Core 2 Duo (Conroe) –prosessorin niukasti. Seuraavilla puskurin asetuksilla kyseisten prosessorien erot jäävät hyvin pieniksi Core 2 Duon ollessa hieman tehokkaampi. AMD:n tehokkain*

tuplaytimellä ja tuplaprosessorilla varustettu Opteron-kokoonpano ei jää suorituskyyssä paljoa Core 2 Duolle ja tuplaytimellä varustetulle Xeonille. Intel Xeon testattiin RME Multiface-äänikortilla ja AMD Opteron RME Madi-äänikortilla. Muut prosessorit testattiin M-Audio Firefire 410 -äänikortin kanssa. /71/.

Taulukkoluetelo

- Taulukko 1 *Cakewalk Sonar 5:n 32- ja 64-bittisten versioiden väliset suorituskyyerot yksöis- ja kaksoistarkkuuksisessa liukulukulaskennassa sekä 32- että 64-bittisellä Windows XP:llä /32/.*
- Taulukko 2 *AMD-prosessorien suorituskyyvertailu yleisillä testiohjelmilla alla mainitun tuplaydinkokoonpanon ja tuplaprosessorikokoonpanon välillä. /29/.*
- Taulukko 3 *Intel-prosessorien suorituskyyvertailu yleisillä testiohjelmilla alla mainitun tuplaydinkokoonpanon ja tuplaprosessorikokoonpanon välillä. /29/.*
- Taulukko 4 *Esimerkkejä eri prosessoriväylien kellotaajuuksista (MHz), väylätyypeistä ja kaistanleveyksien eroista /70/.*
- Taulukko 5 *Muistihierarkian periaatteelliset nopeuserot ja tyypilliset koot /33/.*

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Digitaalinen audiotyöasema.....	2
1.2	Työn rajaus.....	3
2	AUDIOTYÖASEMAN ERITYISET VAATIMUKSET.....	4
2.1	Latenssittomuus.....	4
2.2	Suorituskyky.....	5
2.3	Äänenlaadun säilyttäminen.....	5
2.4	Hiljaisuus ja alhainen toimintalämpötila.....	5
2.5	Luotettavuus.....	6
2.6	Palautettavuus ja varmuuskopiointi.....	6
2.7	Yhteensopivuus audiolaitteiden ja -ohjelmistojen kanssa.....	6
3	UUDET TEKNOLOGIAT AUDIOTYÖASEMISSA.....	8
3.1	64-bittisyys yleisesti.....	8
3.2	64-bittiset rekisterit.....	10
3.3	64-bittisyyden yhteensopivuus 32-bittisyyden kanssa.....	10
3.4	Rinnakkainen prosessointi.....	12
3.5	64-bittiset sekvensserit.....	12
3.6	64-bittisyyden myötä kasvanut dynamiikka-alue ja lisätarkkuus audion prosessoinnissa.....	14
3.7	Suorituskyvyn kasvu 64-bittisyyden myötä.....	16
3.8	Tuplaytimet vs. tuplaprosessorit.....	17
3.9	Liukulukulaskennan merkitys audion prosessoinnissa.....	21
3.9.1	64-bittinen kaksoistarkkuus liukulukulaskennassa.....	22
3.9.2	Liukulukulaskennan etu ditheröinnissä.....	23
3.10	Windows Vistan uusittu audioarkkitehtuuri.....	24
4	YDINKOMPONENTTIEN VALINTAKRITEERIT.....	26
4.1	Emolevyt.....	27
4.1.1	Piirisarjat.....	28
4.1.2	Järjestelmäohjainpiiri.....	31
4.1.3	Oheislaiteohjainpiiri.....	32
4.1.4	Väylät.....	33
4.1.5	Valintakriteerit.....	36
4.2	Prossessorit.....	38
4.2.1	Väylät.....	39
4.2.2	Rekisterit.....	41
4.2.3	Välimuistit.....	41
4.2.4	Kellotaajuus.....	44
4.2.5	Tuplaytimet.....	44
4.2.6	Hypersäikeistys.....	45
4.2.7	HyperTransport.....	46
4.2.8	Valintakriteerit.....	47
4.3	Muistit.....	48
4.3.1	Väylätyypit.....	49
4.3.2	Kaksoiskanava.....	49

4.3.3	Latensi.....	50
4.3.4	Valintakriteerit.....	50
4.4	Kiintolevyt.....	52
4.4.1	Liitännävyylät.....	52
4.4.2	Kierrosnopeudet.....	53
4.4.3	Välimuistit.....	54
4.4.4	Valintakriteerit.....	54
4.5	Äänikortit.....	56
4.5.1	Liitännävyylät.....	56
4.5.2	Ajurit.....	57
4.5.3	Resoluutio.....	58
4.5.4	Näytteenottotaajuus.....	58
4.5.5	Jitteri.....	59
4.5.6	Valintakriteerit.....	61
5	MUIDEN KOMPONENTTIEN VALINTAKRITEERIT.....	64
5.1	Virtalähteet.....	64
5.2	Prossessorijäähdyttimet.....	66
5.3	Näytönohjaimet.....	68
5.4	Optiset asemat.....	70
5.5	Kotelot.....	72
6	ESIMERKKIKOKOONPANON VALINTAPERUSTEET.....	74
6.1	Emolevynä ASUS P5B Deluxe.....	76
6.2	Prossessorina Intel Core 2 Duo E6600.....	80
6.3	Muisteina Kingston KVR667D2N5K2/2G.....	83
6.4	Kiintolevyinä Western Digital Caviar SE16 WD3200KS.....	83
6.5	Äänikorttina RME Fireface 400.....	85
6.6	Virtalähteenä Seasonic S12-430.....	86
6.7	Prossessorijäähdyttimenä Scythe Ninja PLUS SCNJ-1000-P.....	87
6.8	Näytönohjaimena XFX GeForce 7600GS 256.....	88
6.9	Optisena asemana Plextor PX-760A 18x.....	89
6.10	Kotelona Antec P180.....	89
6.11	Käyttöjärjestelmänä Windows XP Professional x64 Edition.....	91
6.12	Sekvensserinä Cakewalk Sonar 5 x64.....	92
7	YHTEENVETO.....	93
7.1	Suorituskykytestien luotettavuus.....	94
7.2	Audiotyöasemien tulevaisuus.....	95

1 JOHDANTO

Musiikin tietokonepohjainen äänittäminen ja editointi on lisääntynyt erityisesti koti- ja projektistudioissa räjähdysmäisesti viimeisten 5 vuoden aikana. Tietokoneiden huomattava tehon kasvu, komponenttien hintojen lasku sekä audio-ohjelmistojen ja -laitteiden nopea kehitys on selvästi vaikuttanut suuntaukseen. Tietämys musiikin äänittämiseen ja editoimiseen soveltuvista tietokonekokoonpanoista ja komponenteista ei kuitenkaan näytä kasvaneen aivan samassa mittakaavassa.

Digitaalisten audiotyöasemien suunnittelua ja komponenttien valintaa käsittelevää englanninkielistä kirjallisuutta ei lukuisista etsinnöistä huolimatta löytynyt. Aihetta käsitteleviä englanninkielisiä Internet-sivujakin on vain muutamia. Digitaalisia audiotyöasemia yksityiskohtaisesti käsittelevää suomenkielistä kirjallisuutta tai Internet-sivuja ei ole. Yksi tämän työn tarkoituksista on paikata suomenkielisen materiaalin puutteellisuutta ja kasvattaa tietoisuutta audiotyöaseman komponenttien valinnasta. Työ on tarkoitettu erityisesti opastyypiksi tutkielmaksi kaikille musiikin tietokonepohjaisesta äänittämisestä ja audiotyöasemien rakentamisesta kiinnostuneille.

Tutkimuksessa selvitetään digitaalisen audiotyöaseman komponenttien valintakriteerejä ja komponenttien merkitystä audiokäytön kannalta. Audiotyöaseman erityiset vaatimukset -luvussa käydään läpi yleisluontoisia vaatimuksia, kuten hiljaisuus ja latenssittomuus, jotka asettavat tiettyjä kriteerejä komponenttien valinnalle. Kolmannessa luvussa perehdytään uusien teknologioiden, kuten prosessorien 64-bittisyyden ja tuplaytimien, tuomiin etuihin audiokäytössä. Ydinkomponenttien ja muiden komponenttien valintakriteerit -luvuissa syvennytään tarkemmin teknisiin yksityiskohtiin ja valintakriteereihin, joilla on eniten merkitystä audiokäytön kannalta. Komponenttityypeille pyritään löytämään yksityiskohtaiset, mutta yleispätevät valintakriteerit, jotka eivät vanhene yhtä nopeasti kuin itse komponentit. Kuudennessa luvussa kerrotaan mm. teorian tiedon, käytännön testien ja valintakriteerien perusteella valitun esimerkkikokoonpanon komponenttien valintaperusteista. Valintaperusteiden tarkoituksena on auttaa soveltamaan aiemmissa luvuissa käsiteltyjä asioita käytännössä, eikä niinkään esitellä vain yhden mahdollisen audiotyöaseman komponentteja.

Tutkimuksen lähtökohtana toimi kiinnostukseni musiikin äänittämiseen ja tietokoneiden rakentamiseen. Aihe osoittautui erittäin tärkeäksi työskennellessäni musiikkiteknologia-alalla digitaalisten audiotyöasemien suunnittelu-, valmistus- ja huoltotehtävissä. Ammattikäyttöön suunnitelluissa PC-audiotyöasemissa esiintyneet ongelmat vahvistivat käsitystäni komponenttien valinnan merkityksestä. Aiempia tutkimuksia audiokäyttöön parhaiten soveltuvista komponenttityypeistä ei lukuisista etsinnöistä huolimatta löytynyt. Tämän tyyppiselle tutkimukselle oli selvä tarve ja tilaus niin harrastajien kuin audiotyöasemavalmistajien keskuudessa.

1.1 Digitaalinen audiotyöasema

Digitaalisella audiotyöasemalla (Digital Audio Workstation, DAW) tarkoitetaan yleensä musiikin äänittämiseen, editointiin, masterointiin, säveltämiseen tai esittämiseen tarkoitettua tietokonetta. Usein digitaalinen audiotyöasema on suunniteltu useampaan kuin yhteen edellämainituista käyttötarkoituksista, mutta myös yhtä käyttötarkoitusta varten optimoituja audiotyöasemia valmistetaan.

Digitaalista audiotyöasemaa saatetaan kutsua suomenkielessä myös äänityöasemaksi, vaikka nimitys ei olekaan yleistynyt. Termin merkitys ei ole täysin vakiintunut tarkoittamaan erityisesti audiokäyttöön valmistettua tietokonetta. Digitaalisiksi audiotyöasemiksi saatetaan kutsua digitaalisia kiintolevytallentimia sekä erilaisia ulkoisia DSP-laitteita, joita kuitenkin käytetään usein tietokoneen kanssa. Myös pelkkää sekvensseriohjelmistoa saatetaan kutsua digitaalisiksi audiotyöasemaksi.

Digitaalinen audiotyöasema sisältää vähintään audiokäyttöön tarkoitettua äänikortin, joka voi vaihdella edullisesta kaksikanavaisesta äänikortista aina tuhansia euroja maksavaan monikanavaiseseen äänitysjärjestelmään, sekä käyttötarkoituksesta riippuen erityyppisiä audio-ohjelmistoja. Ohjelmistotyyppisiä ovat mm. audioeditorit, sekvensserit, sämplerit, nuotinnusohjelmat, masterointiohjelmat sekä virtuaaliset instrumentit ja efektit.

Digitaalisen audiotyöaseman yleisiä määritelmiä

”Digitaalinen audiotyöasema on laite, jota käytetään moniraitaisen tai monikanavaisen digitaalisen audion äänittämiseen ja miksaamiseen. Digitaalisen audiotyöaseman toiminnallisuuden saavuttamiseksi tarvitaan vähintään PC-tietokone ja laadukas äänikortti.” /17/.

“Digitaalinen audiotyöasema on järjestelmä, joka on suunniteltu äänittämiseen, editointiin ja digitaalisen audion toistoon. Digitaalisten audiotyöasemien tärkeimpiin ominaisuuksiin kuuluu mahdollisuus vapaasti editoida ja manipuloida ääntä.” /18/.

“Vaikka lähes jokainen kotitietokone voi toimia sekvensseri- ja editointiohjelmilla varustettuna lähes kuin digitaalinen audiotyöasema, termi viittaa yleisesti tehokkaampiin järjestelmiin ja kokoonpanoihin, joissa on vähintään laadukkaat ulkoiset AD-DA-muuntimet ja käyttökelpoinen audio-ohjelmisto, kuten Apple Logic Pro, Digidesign Pro Tools, Cakewalk Sonar, Digital Performer tai ilmaisiohjelmisto, kuten Audacity tai Ardour.” /18/.

“Digitaalinen audiotyöasema on tietokone, joka on erityisesti varustettu huippulaadukkaalla äänikortilla ja ohjelmistolla audion äänittämistä ja editointia varten. Digitaaliset audiotyöasemat voivat vaihdella yksinkertaisesta kaksikanavaisesta järjestelmästä aina täydelliseen digitaaliseen äänitysstudioon.” /19/.

”Digitaaliset audiotyöasemat jaetaan yleisesti kahteen luokkaan:

- Tietokonepohjaisiin audiotyöasemiin, jotka muodostuvat tietokoneesta, AD-DA-muuntimesta ja audio-ohjelmasta. Tietokone toimii alustana äänikortille ja audio-ohjelmistolle ja tarjoaa prosessointitehon audioeditoinnissa. Äänikortti tarjoaa tarvittavat liitännät ja suorittaa AD-DA-muunnoksen. Audio-ohjelmisto tarjoaa käyttöliittymän äänittämiseen ja editointiin ja ohjaa myös äänikortin toimintaa. /18/.
- Integroituihin audiotyöasemiin, joissa on miksauskonsoli, ohjauspöytä ja audioliitännät yhdessä laitteessa. Integroidut audiotyöasemat olivat suosituimpia aiemmin kun PC-tietokoneet eivät vielä olleet riittävän tehokkaita moniraitaiseen äänittämiseen. Tietokoneiden tehon kasvun myötä integroitujen audiotyöasemien suosio on laskenut.” /18/. Integroituja audiotyöasemia kutsutaan nykyisin kiintolevytallentimiksi.

1.2 Työn rajaus

Tässä tutkimuksessa digitaalisella audiotyöasemalla tarkoitetaan erityisesti audiokäyttöön suunniteltua PC-tietokonetta. Tutkimuksessa keskitytään 64-bittistä arkkitehtuuria tukevien komponenttityyppien ja teknologioiden selvittämiseen, sekä uusien teknologioiden hyötyihin ja haittoihin audiokäytössä. Audiokäytöllä tarkoitetaan tässä työssä lähinnä audio- ja MIDI-signaalin äänittämistä äänikortin ja sekvensseri-ohjelman avulla kiintolevylle, sekä näin tallennettujen raitojen editointia ja miksaamista.

Työssä keskitytään audiotyöasemakokoonpanoihin, jotka soveltuvat niin harrastus- kuin ammattikäyttöön. Tutkimuksessa ei keskitytä audion masterointiin tarkoitettuihin audiotyöasemiin. Digitaalisella PC-audiotyöasemalla voi myös masteroida äänitteitä, mutta masterointityöasemat ovat yleensä kyseiseen alaan erikoistuneiden valmistajien erityisiä malleja ainakin ammattikäytössä.

Digitaalinen audiotyöasema voi olla yhtä hyvin kannettava tietokone kuin torni- tai räkkimallikin. Työssä ei käsitellä komponenttien valintaa kannettaviin tietokoneisiin, koska ne ovat oma erikoisalueensa. Työssä selvitettyt yleiset periaatteet pätevät kuitenkin myös kannettaviin audiotyöasemiin. Applen Mac-tietokoneita ei käsitellä, koska niiden komponentteihin pystyy vaikuttamaan lähinnä muistin määrän ja äänikortin valinnan suhteen.

Käyttöjärjestelmien osalta keskitytään pääasiassa 64-bittiseen Windows XP Professional x64 –käyttöjärjestelmään. Lisäksi tutustutaan Windows Vistan uusittuun audioarkkitehtuuriin. Audiokäyttöön tarkoitettuihin Linuxin jakeluversioihin perehtyminen on tämän työn ulottumattomissa. Linuxeihin pätevät periaatteissa samat komponenttien valintakriteerit kuin Windows XP x64:ään komponenttien erilaista ajuritukea lukuunottamatta.

2 AUDIOTYÖASEMAN ERITYISET VAATIMUKSET

Digitaalinen audiotyöasema eroaa merkittävästi muihin käyttötarkoituksiin valmistetuista PC-tietokoneista. Toisin kuin useimmat muut PC-tietokoneiden sovelluskohteet, musiikki vaatii lähes reaaliaikaisuutta tietokoneelta. Audiosignaalin katkeaminen etenkin äänitystilanteessa ei ole hyväksyttävää. Liian suuri latenssi aiheuttaa puolestaan ongelmia sisäänmenevän signaalin kuuluessa viiveellä monitoreista tai kuulokkeista.

Digitaalisen audiosignaalin prosessointi vaatii suorituskykyä sekä komponenteilta että ohjelmistoilta. Audion äänittäminen itsessään ei ole erityisen vaativaa prosessorille verrattuna esim. useamman virtuaalisen instrumentin ja efektin samanaikaiseen käyttöön. Virtuaaliset instrumentit vaativat äänittämistä enemmän prosessointitehoa, koska ne usein muodostavat äänensä laskentatehoa vaativilla monimutkaisilla algoritmeilla. Raitamäärien ja näytteenottotaajuuksien kasvaessa prosessorin kuormitus lisääntyy myös audiota äänitettäessä. Audiosignaalin käsittely virtuaalisilla efekteillä vaatii paljon laskentatehoa ja vie myös huomattavasti aikaa. Virtuaaliset instrumentit ja -efektit ovat ohjelmallisia mallinnoksia joko olemassaolevista audiolaitteista tai soittimista, tai sitten ne ovat täysin uusia instrumentteja tai efektejä.

Tehokkaampi tietokone mahdollistaa useampien audioraitojen äänittämisen ja käsittelyn yhtäaikaaisesti. Lisäksi suorituskyky mahdollistaa useampien VST-efektien ja -instrumenttien käytön yhtäaikaan pienemmällä viiveellä. Prosessointitehon tarve riippuu paljon audiotyöaseman käyttötarkoituksesta. Nuotinnus ei vaadi samanlaista suorituskykyä kuin audiosignaalin käsittely.

2.1 Latenssittomuus

Digitaalisen audiotyöaseman komponentteihin kohdistuvat kriteerit johtuvat mm. latenssittoman ja katkeamattoman äänittämisen tarpeesta. Latenssi on se aika, joka kuluu kun audiosignaali kulkee äänikortin sisäänmenoista emolevyn väylien kautta prosessorille ja takaisin äänikortin ulostuloihin, jolloin palaava signaali vasta kuullaan kaiuttimista. Latenssi koskee niin audio- kuin midisignaaliakin.

Steinberg kehitti ASIO-rajapinnan ohjelmien ja äänikorttien väliseen suoraan kommunikointiin. Nykyisin lähes kaikki äänikortti- ja ohjelmistovalmistajat tukevat ASIO-rajapintaa. Ilman ns. Low Latency -ajureita audiosignaali kiertää käyttöjärjestelmän ytimen kautta, mistä aiheutuu väistämättä suuri viive. Joidenkin äänikorttien tukema suoramonitorointi (Direct Monitoring) auttaa soittajaa äänitystilanteessa palauttamalla soitetun signaalin välittömästi takaisin soittajan kuulokkeisiin ilman viivettä. Koska signaali reititetään äänikortissa kahteen osaan, voidaan se myös äänittää samaan aikaan. Toisinaan monitoroitavaa signaalia joudutaan käsittelemään ohjelmallisilla efekteillä

jolloin suoramonitorointia ei pysty käyttämään. Tällöin äänikortin ajurit ja tietokoneen suorituskyky pitkälti määrittelevät latenssin suuruuden.

Mikäli audiotyöasemalla halutaan äänitystilanteessa lisätä esim. laulajan kuulokkeisiin monitoroitavaan lauluun kaikua, pitää signaalin kiertää koko systeemin läpi. Tästä syntyy väistämättä viivettä signaaliin. Viiveen häiritsevyys riippuu sen määrästä. Kokonaislatenssi muodostuu sisäänmeno- ja ulostuloviiveen yhteenlasketusta määrästä. Liian suuri latenssi vaikeuttaa tai tekee jopa mahdottomaksi rytmisoittimien tarkan soittamisen. Latenssista ei luultavasti päästä koskaan täysin eroon, mutta parhaimmillaan latenssin havaitseminen on erittäin vaikeaa. Latenssin häiritsevyys riippuu sen määrästä ja on hyvin yksilöllistä. Nykyisillä äänikorteilla ja tehokkailla audiotyöasemilla on mahdollista päästä jopa alle 3 ms latenssiin. Yli 20 ms latenssi koetaan usein häiritsevänä.

2.2 Suorituskyky

Audiotyöasemalta voidaan vaatia mm. kykyä äänittää ja toistaa suurta määrää audioraitoja yhtäaikaan, tai kykyä soittaa kymmenien VST-instrumenttien ääniä yhtäaikaan. Audiotyöaseman käyttötarkoituksesta riippumatta audion katkeilua ei saa esiintyä lukuunottamatta äärimmäistä kuormitustilannetta, jossa tietokoneen suorituskyky yksinkertaisesti loppuu kesken. Audiotyöaseman suorituskyky vaikuttaa huomattavasti myös siihen, kuinka paljon aikaa audion prosessointi vie. Tuplaydinprosessorit mahdollistavat työskentelyn jatkamisen audion prosessoinnin aikana, kun taas yksiytiminen prosessori käyttää koko suoritintehonsa prosessointiin.

2.3 Äänenlaadun säilyttäminen

Audiotyöasema ei saisi huonontaa äänenlaatua missään äänittämisen, editoinnin tai miksaamisen vaiheessa. Tämä ei ole toistaiseksi toteutunut sekvenssien sisäisellä 32 bitin signaalinkäsittelytarkkuudella. Vasta sekvenssien 64-bittinen sisäinen laskentatarkkuus auttaa säilyttämään audion resoluution riittävänä editoinnin ja miksaamisen määrästä riippumatta. Äänenlaatu riippuu äänikortin AD- ja DA-muuntimien laadun lisäksi myös prosessorin liukulukulaskentarekistereiden leveydestä ja määrästä. Äänikortin bittisyys ja näytteenottotaajuus eivät ole yhtä tärkeitä asioita äänenlaadun kannalta.

2.4 Hiljaisuus ja alhainen toimintalämpötila

Audiotyöaseman tuottaman äänentason kriteerit ovat tiukemmat kuin muiden PC-tietokoneiden kohdalla. Audiotyöasema on usein sijoitettu studiotarkkaamoon tai kuunteluhuoneeseen, jolloin komponenttien hiljaisuuden merkitys korostuu. Audiotyöasemaa on hyvin vaikea saada täysin äänettömäksi, koska yleensä vähintään virtalähteessä on tuuletin,

joka pitää ääntä. Kotelon rakenne ja äänieristys vaikuttavat äänentason merkittävästi jäähdytysmenetelmien ohella.

Kotelon sisäinen lämpötila puolestaan vaikuttaa merkittävästi komponenttien kestävyys- ja tietokoneen vakauteen. Tämä tekee riittävästä jäähdytyksestä ja ilmanvaihdosta tärkeää. Vähemmän lämpöä tuottaville komponenteille riittää kevyempi jäähdytys, mikä kuuluu audiotyöaseman hiljaisempaan toimintaan.

2.5 Luotettavuus

Luotettavuus on yksi audiotyöaseman tärkeimmistä kriteereistä. Luotettavuudella tarkoitetaan komponenttien kestävyys- ja tietokoneen vakauteen lisäksi sitä, että audiotyöasema suoriutuu kaikista sille tyypillisistä tehtävistä ongelmitta. Tyypillinen tehtävä on esim. useiden kymmenien raitojen toisto yhtäaikaan. Luotettavuus on myös yksi vaikeimmista asioista varmistaa pelkästään teoreettisesti. Luotettavuuden varmistamiseen tarvitaan pitkää ja monipuolista käytännön kokemusta audiotyöasemien valmistuksesta, testaamisesta ja huollosta. Isoimmilla ja alalla pidempään olleilla audiotyöasemilla valmistavilla yrityksillä on etulyöntiasema käytännön kokemuksen ja resurssien myötä.

2.6 Palautettavuus ja varmuuskopiointi

Lähes kaikki audiotyöasemia valmistavat yritykset käyttävät systeemin palautusjärjestelmää, jolla käyttöjärjestelmän saa palautettua aiemmin luodun varmuuskopion tilaan mahdollisissa ongelmatilanteissa. Tällaisia ohjelmia ovat mm. Symantec Norton Ghost ja Acronis True Image. Palautettavuudesta on hyötyä, koska sen avulla käyttöjärjestelmän saa nopeasti toimintakuntoon mahdollisessa ongelmatilanteessa. Myös audiokiintolevyjen sisällön varmuuskopiointi toiselle kiintolevyille RAID (Redundant Array of Independent Disks) -levyjärjestelmien avulla on yleistä. RAID-levyjärjestelmät parantavat tietyillä useamman kiintolevyn yhdistelmällä myös suorituskykyä varmuuskopioinnin lisäksi, ja siten järjestelmä soveltuu erittäin hyvin audiokäyttöön.

2.7 Yhteensopivuus audiolaitteiden ja -ohjelmistojen kanssa

Tietokonekomponenttien yhteensopivuus aiheuttaa usein ongelmia. Läheskään kaikki komponentit eivät ole yhteensopivia kaikkien audio-ohjelmistojen ja toisten komponenttien kanssa. Komponentit eivät saisi olla rajoitteena ohjelmien tai audiolaitteiden käytölle, mikä asettaa lisävaatimuksia yhteensopivuudelle.

Intelin piirisarjoja ja prosessoreja pidetään kaikkein yhteensopivimpina audiokäytössä, koska audiolaitteet ja -ohjelmistot testataan vieläkin ensisijaisesti Intelin tuotteilla. Yhteensopivuusongelmia esiintyy tosin

myös Intelin piirisarjojen ja äänikorttien välillä. Esim. Digidesign Mbox- ja Mbox2-äänikortit eivät toimi Intelin 915P- ja 925X-piirisarjojen kanssa.

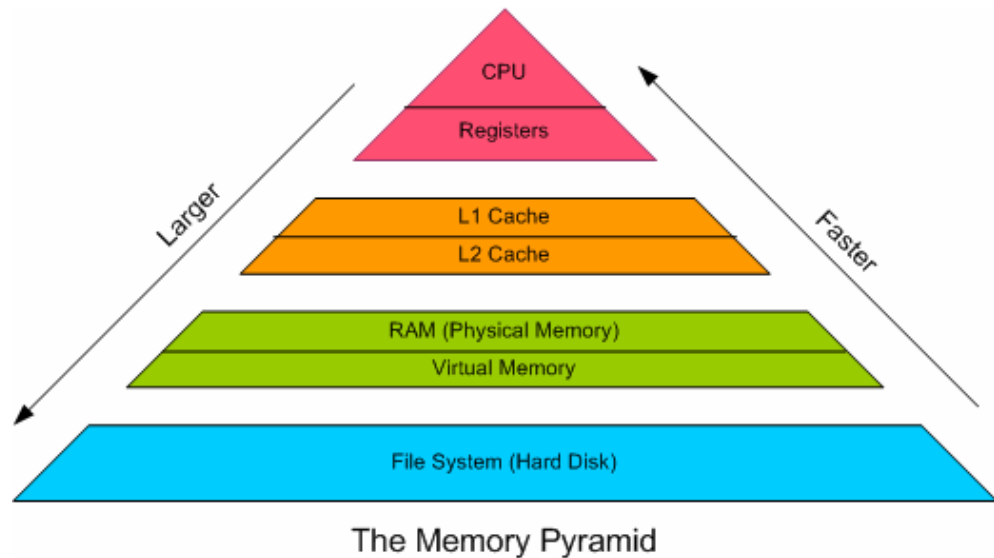
Tietokoneen komponenttien yhteensopivuus Windows XP – käyttöjärjestelmän kanssa on lähes varmaa uusissa komponenteissa käytettäessä. Käytettäessä Windows XP Pro x64 Edition -versiota tilanne on kuitenkin toinen. Komponenttien yhteensopivuudesta pitää varmistua aina erikseen tarkistamalla 64-bittisten ajurien saatavuus kyseisen komponentin valmistajalta.

3 UUDET TEKNOLOGIAT AUDIOTYÖASEMISSA

Digitaaliset audiotyöasemat ovat kokemassa suuren muutoksen 64-bittisyyden ja tuplaydinprosessorien myötä. Jo ensimmäiset audiokäyttötestit täysin 64-bittisessä ympäristössä vuoden 2005 aikana kertoivat uusien teknologioiden potentiaalista. 64-bittisyyden myötä prosessorin rekisterien leveys ja määrä kasvavat mahdollistaen mm. liukulukulaskennan suuremman tarkkuuden, mikä on audiokäytössä merkittävä muutos. Tarkempi liukulukulaskenta mahdollistaa audioresoluution säilymisen aiempaa paremmin editoinnin ja prosessoinnin aikana. Tuplaydinprosessorien edut puolestaan tuntuvat selvimmin juuri audion prosessoinnissa. Prosessointi vie tyypillisesti yksitytimisen prosessorin kaiken tehon, mutta kahdella ytimellä työskentelyn jatkaminen onnistuu myös paljon laskentaa vaativien ja pitkien prosessointien aikana. 64-bittisillä tuplaydinprosessoreilla pystyy työskentelemään tehokkaammin ja säilyttämään äänenlaadun parempana.

3.1 64-bittisyys yleisesti

Tietokoneen prosessori pystyy osoittamaan ja kommunikoimaan usean erityyppisen muistin kanssa. Näistä rekisterit sijaitsevat prosessoriytimen sisällä ja L1- ja L2-välimuistit samalla sirulla prosessorin kanssa. Suurin osa muistista sijaitsee kuitenkin prosessorin ulkopuolella. Ulkopuolinen keskusmuisti on RAM-tyyppistä. Sitä voidaan jatkaa virtuaalisella muistilla, mikä tarkoittaa kiintolevytilan käyttöä keskusmuistin lisänä. Prosessori käsittelee dataa tietyn mittaisina sanoina kommunikoidessaan muistin kanssa joko sisäisesti tai ulkoisesti. 64-bittinen prosessori suorittaa datan käsittelyn 64 bittiä pitkinä sanoina kerrallaan. /39/. Tämä mahdollistaa suuremman tietomäärän käsittelyn kellojaksoa kohti, mikä auttaa järjestelmää toimimaan nopeammin ja tehokkaammin. Tämä ilmenee kokonaisvaltaisesti parempana suorituskyynä. 64-bittisyys tarkoittaa bittisyvyyttä, jolla käyttöjärjestelmä ja audio-ohjelmat toimivat sisäisesti. 64-bittisyys ei liity audiotiedostojen bittisyvyyteen. 64-bittisyys ei tässä yhteydessä tarkoita siirtymistä esim. 32-bittisistä audiotiedostoista 64-bittisiin, vaan mm. audiotyöaseman dynaamisen yliohjauksen (headroom) kasvua. /16/. Cakewalk SONAR 5 x64 –sekvensseri tosin mahdollistaa audiotiedostojen tallentamisen myös 64-bittisessä liukulukuformaattissa.



KUVA 1 Muistihierarkiasta ilmenee tietokoneen muistin eri tasot ja se, kuinka muistin nopeus hidastuu kapasiteetin kasvaessa /39/.

Suurin ero 32- ja 64-bittisen prosessorin välillä on se, että 64-bittisellä prosessorilla on laajempi osoiteavaruus. Se tarkoittaa käytännössä sitä, että prosessori pystyy kommunikoimaan suuremman muistimäärän kanssa. 32-bittinen prosessori pystyy hyödyntämään teoriassa maksimissaan 4 gigatavun verran muistia. Käytännössä 32-bittinen Windows XP tukee maksimissaan noin kolmen gigatavun keskusmuistia /16/. 64-bittinen prosessori pystyy hyödyntämään Windows XP64 -käyttöjärjestelmällä käytännössä maksimissaan 128 gigatavua fyysistä muistia ja 16 teratavua virtuaalista muistia. /39/. 64-bittinen arkkitehtuuri laajentaa muistin teoreettisen maksimimäärän kuitenkin 1024 gigatavuun, eli yhteen teratavuun /16/.

Suurempi määrä muistia auttaa ohjelmia toimimaan nopeammin käsiteltäessä suuria määriä dataa, koska data voidaan ladata suoraan keskusmuistista sen sijaan, että se ladattaisiin kiintolevyiltä. /16/. Kun otetaan huomioon muistimodulien nykyiset kapasiteetit ja hinnat sekä emolevyjen rajoitukset, harvoissa 64-bittisissä audiotyöasemissa on yli 4 gigatavua keskusmuistia. 64-bittiset ohjelmat on kuitenkin suunniteltu hyödyntämään mahdollisuutta suurien muistimäärien käyttöön, eikä teratavun kokoinen keskusmuisti ole mahdottomuus tulevaisuudessa ohjelmien vaatimusten jatkuvasti kasvaessa. /16/.

Todellisuudessa kaikki nykyiset ohjelmat eivät toimisi nopeammin vaikka ne käännettäisiin tai kirjoitettaisiin alusta alkaen 64-bittisiksi. 64-bittisyydellä on muitakin etuja kuin suurempi muistiavaruus. 64-bittiset prosessorit pystyvät käsittelemään yhtäaikaisia tehtäviä aiempaa tehokkaammin, koska ne suorittavat enemmän käskyjä kellojakson aikana ja niillä on kyky prosessoida käskyjä rinnakkain. Lisäksi kasvaneet väylänopeudet ja kaistanleveydet mahdollistavat nopeamman tiedonsiirron. /11/.

3.2 64-bittiset rekisterit

64-bittinen prosessoriarkkitehtuuri tarjoaa syvemmät ja leveämmät rekisterit kuin 32-bittinen arkkitehtuuri, mikä mahdollistaa datan prosessoinnin puolet pidemmissä osissa kuin 32-bittisessä järjestelmässä. Erilaisista tiedon taltiointipaikoista rekisterit ovat lähinnä prosessoria ja ne ovat prosessorin kannalta myös nopeimpia tiedon saantipaikkoja, kun taas välimuistit, keskusmuisti ja virtuaalimuisti ovat huomattavasti hitaampia. /16/. Pentium 4 –prosessorissa on kahdeksan 32-bittistä yleiskäyttöistä rekisteriä ja kahdeksan liukulukurekisteriä. x64-arkkitehtuurin myötä yleiskäyttöisten rekisterien määrä kaksinkertaistuu 16:een ja jokaisen rekisterin leveys on kasvanut 64 bittiin. /16/. x64-prosessoreilla on myös kaksinkertainen määrä liukulukurekistereitä /32/.

Lisääntyneet yleiskäyttöiset rekisterit antavat prosessorin kääntäjälle enemmän joustavuutta luoda tehokasta koodia /45/. Useimmille ohjelmille prosessorin lisääntynyt rekisterien määrä merkitsee parempaa suorituskykyä /39/. Lisääntyneet liukulukurekisterit puolestaan mahdollistavat ylimääräisten muuttujien pitämisen rekistereissä vähentäen siten datan keskusmuistista noutamisen tarvetta merkittävästi. /45/. Rekistereissä oleva data on välittömästi saatavilla ilman viivettä. Tällöin prosessorin tarvitsee aiempaa harvemmin hakea koodia keskusmuistista, mikä lisää suorituskykyä. Tätä tukevat myös Cakewalk SONAR 5:llä tehdyt suorituskykytestit, jotka osoittavat 64-bittisen version käyttävän saman verran tai vähemmän prosessoritehoa kuin 32-bittinen versio. /32/. Selvimmin vaikutus näkyy ohjelmilla, joilla 32-bittisyyden rajat tulevat jo vastaan. Näitä ovat mm. digitaalisen median sovellukset, CAD-ohjelmat ja uusimmat tietokonepelit, joiden käyttöä kasvanut suorituskyky ja laajempi muistiavaruus hyödyttävät eniten. /39/.

3.3 64-bittisyyden yhteensopivuus 32-bittisyyden kanssa

x64 oli alunperin AMD:n termi prosessoreille, jotka tukevat AMD64-arkkitehtuuria. Termin merkitys on sittemmin muotoutunut tarkoittamaan yleisesti 64-bittisiä prosessoriarkkitehtuureja. AMD64-arkkitehtuuri on laajennos x86-arkkitehtuuriin, joka on ollut käytössä jo ensimmäisissä IBM PC-tietokoneissa. Koska arkkitehtuurin perusta on pysynyt samana, ohjelmat ja käyttöjärjestelmät käyttävät samaa peruskieltä ja käskyjä. Myös Intel valmistaa x64-arkkitehtuuria tukevia prosessoreja. Intel kutsuu prosessoriansa 64-bittistä laajennusta EM64T-nimellä. EM64T:n käskykannat on kloonattu suoraan AMD64-arkkitehtuurista ja näin ollen ne ovat täysin toisiaan vastaavia. Samat ohjelmat toimivat käytännössä kummankin valmistajan prosessoreilla. Useimmat 32-bittiset ohjelmat toimivat myös täydellä nopeudella 64-bittisessä Windows XP:ssä ja jotkut jopa nopeammin kuin 32-bittisessä versiossa. Myös 32-bittinen Windows XP toimii ilman ongelmia 64-bittisellä PC-laitteistolla. /39/.

Jotta 32-bittisiä ohjelmia pystyisi suorittamaan 64-bittisessä käyttöjärjestelmässä, täytyy 64-bittisellä käyttöjärjestelmällä olla jokin

menetelmä 32-bittisten käskyjen kääntämiseksi 64-bittisen käyttöjärjestelmän ymmärtämään muotoon. Windows XP Pro x64:ssä tällaista menetelmää kutsutaan nimellä WOW64 (Windows on Windows 64-bit). WOW64 tarjoaa jokaiselle 32-bittiselle sovellusohjelmalle oman suojatun ympäristön joka tukee täysin 32-bittisiä ohjelmia. Ohjelmat toimivat täydellä nopeudella arkkitehtuurin pohjalla olevan laitteistoemulaation myötä. /39/.



KUVA 2 Windows XP Pro x64 mahdollistaa 32-bittisten ohjelmien käytön WOW64-alijärjestelmän avulla. Arkkitehtuurin pohjalla oleva "läpinäkyvä" laitteistoemulaatiokerros ei huononna 32-bittisten ohjelmien suoritukykyä juuri lainkaan. /39/.

Jokainen laite tarvitsee 64-bittiset ajurit toimiakseen 64-bittisessä Windows XP:ssä. Koska ajurit toimivat kernel-moodissa, ei niitä voida ajaa WOW64-alijärjestelmän sisällä. Ongelmia syntyy lähinnä silloin, kun ohjelma on riippuvainen kernel-moodin ajureistaan. Koska ajurit suoritetaan suoraan kernelissä, eikä WOW64-alijärjestelmässä, niiden pitää olla täysin 64-bittisiä. Ohjelmat itse voivat olla silti 32-bittisiä. 64-bittisten ajurien ohjelmoiminen on laitevalmistajan tehtävä. /39/.

Yksi ongelma-alue etenkin audiokäytön kannalta ovat kiintolevyjen partitiointi- ja varmuuskopiointiohjelmat, jotka tarvitsevat 64-bittisiä ajureita. Vasta muutamat alan yritykset tarjoavat 64-bittisiä versioita ohjelmistaan. /39/. Audiolaitteiden 64-bittinen ajuritilanne paranee luultavasti vasta Windows Vistan julkaisun jälkeen, koska monet audio-alan tuotteita valmistavat yritykset eivät aio tukea Windows XP64:ää.

3.4 Rinnakkainen prosessointi

Rinnakkaisuus on yksi ohjelmiston tapa saavuttaa parempi suorituskyky, erityisesti kun monisäikeistettyä ohjelmaa suoritetaan tuplaydin- tai moniprosessorityöasemalla. Toinen tapa, joka voi johtaa ohjelman suorituskyvyn huomattavaan paranemiseen, on tehokas rekisterien ja lisääntyneen rekisterikapasiteetin käyttö. /45/.

Moniraitainen musiikin prosessointi on paljon matematiikkaa käyttävä tehtävä, johon säikeistys soveltuu hyvin. Audioraidat voivat tulla monista eri lähteistä ja monissa tapauksissa yksittäisille raidoille tehdyt muutokset ovat erillisiä operaatioita ilman riippuvuuksia. Näin ollen näitä operaatioita voidaan suorittaa rinnakkain. Sekvensserikäytössä esiintyy myös riippuvuuksia raitojen välillä. Esim. kun miksauskanavia summataan yhteen kahdeksi kanavaksi, ovat vasen ja oikea kanava riippuvuussuhteessa toisiinsa nähden. /45/.

64-bittisillä prosessoreilla audio-ohjelmien liukulukulaskenta suoritetaan useimmiten käyttäen SSE-käskykantojen uusimpia versioita, mikä tarkoittaa sitä, että digitaalinen signaalinkäsittely hyötyy käsiteltävän datan rinnakkaisuudesta, esim. prosessoitaessa stereokanavan dataa rinnakkain. /48/.

Audion prosessointi on myös hyvin paljon prosessoritehoa ja muistia käyttävä operaatio. Mitä enemmän käytössä on keskusmuistia, sitä vähemmän tarvitaan käyttöjärjestelmän sivutustiedostojen käyttöä. Kun useita raitoja käsitellään yhtäaikaan useissa säikeissä, suurempi keskusmuistin määrä auttaa pitämään enemmän dataa muistissa vähentäen prosessorin tarvetta noutaa dataa kiintolevyiltä. /45/.

3.5 64-bittiset sekvensserit

Sekvensseri on joko audion tai MIDI:n tai molempien äänittämiseen, editointiin ja toistamiseen tarkoitettu ohjelma. Sekvensserillä tarkoitetaan lähes aina tietokoneella käytettävää ohjelmaa, vaikka useat syntetisaattorit ja musiikkityöasemat sisältävätkin sisäänrakennetun MIDI-sekvensserin.

Sekvensseriohjelmistot ovat ansainneet paikkansa digitaalisen musiikin tekemisessä niin koti- kuin äänitysstudioissakin. Graafisessa käyttöliittymässä tapahtuva epälineaarinen editointi mahdollistaa aiempaa

monipuolisemmat työskentelytavat ja alkuperäisen audiomateriaalin säilymisen muuttumattomana editoinnin määrästä tai tavoista riippumatta.

Suosittuja sekvensseriohjelmistoja ovat mm. Digidesign Pro Tools, Steinberg Cubase ja Nuendo, Apple Logic, Cakewalk SONAR ja Propellerhead Reason. Ohjelmien ensisijaiset käyttötarkoitukset ja ominaisuudet kuitenkin vaihtelevat hieman toisistaan.

Ainoa täysin 64-bittinen sekvensseri Cakewalk SONAR 5 on ollut markkinoilla lokakuusta 2005 lähtien. Myös muutamat muut suosituimmat sekvensserit tukevat 64-bittisiä prosessoreja ja käyttöjärjestelmiä, mutta ne eivät vielä käytä audion 64-bittistä sisäistä prosessointia äänenlaadun säilyttämisessä. Vielä tällä hetkellä ainoa sisäisesti 64-bittinen sekvensseriohjelma, Cakewalk SONAR 5, osaa hyödyntää sekä tuplaytimiä, että lisääntynyttä yleisrekisterien ja liukulukulaskentarekisterien määrää. SONAR 5 hyödyntää myös ensimmäisenä sekvensserinä 64-bittistä kaksoistarkkuuksista liukulukulaskentaa sisäisessä prosessoinnissaan. /45/. Muut sekvensserit, kuten Pro Tools LE 7.1 ja Cubase SX 3.1 prosessoivat dataa edelleen 32-bittisellä liukulukulaskennalla vaikka ovatkin yhteensopivia 64-bittisen Windows XP:n kanssa.

Audio-ohjelmistot tarvitsevat sekä nopeutta että tarkkuutta. Kaikki miksaaminen ja audion prosessointi suoritetaan SONAR 5:ssä käyttämällä kaksoistarkkuuksista liukulukulaskentaa. Aiemmissa versioissa laskutoimitukset suoritettiin pääasiassa käyttämällä 32-bittistä signaalitietä. Uuden version täysin 64-bittinen kaksoistarkkuuksinen signaalitie takaa audiosignaalin tarkkuuden säilymisen prosessoinnin aikana. /45/. Sama ominaisuus sisältyy myös 32-bittiseen SONAR 5:n versioon. Toisin sanoen 64-bittistä sisäistä prosessointia pystyy hyödyntämään myös 32-bittisessä käyttöjärjestelmässä 64-bittisellä prosessorilla. Audioresoluutio säilyy tällöin myös 32-bittistä SONAR 5:n versiota käytettäessä. /21/. 32-bittisen prosessorin rekisterien määrä ja leveys eivät kuitenkaan riitä 64-bittisen liukulukulaskennan vaatimaan tarkkuuteen.

64-bittinen SONAR 5 saavutti 20 - 30 %:n hyödyn suorituskyvyssä verrattuna ohjelman 32-bittiseen versioon. Hyöty saavutettiin tuplaydinprosessoreista saadun hyödyn lisäksi. /45/. Suorituskyvyn kasvu mahdollistaa tuntuvasti enemmän raitoja, efektejä ja instrumentteja /8/. 64-bittinen kaksoistarkkuuksinen liukulukulaskenta kasvattaa myös dynamiikka-aluetta ja tarjoaa paremman äänenlaadun 32-bittiseen liukulukulaskentaan ja 48-bittiseen kokonaislukulaskentaan verrattuna. /16/. Koska digitaalinen signaali esitetään numeroina, siitä seuraa, että lukuesitys määrittelee luvun, jota pienempää ja suurempaa arvoa ei voida esittää. Toisin sanoen digitaalisignaalin dynamiikka-alueen määrittelee käytettävissä oleva lukualue. Näin määritellyn lukualueen ulkopuolisia arvoja ei voida esittää, mikä määrittelee käytössä olevien signaaliarvojen alueen, eli dynamiikka-alueen. /64/

SONAR 5 käyttää 64-bittistä kaksoistarkkuuksista liukulukulaskentaa koko signaalitiellään ja tarjoaa myös mahdollisuuden tallentaa audiotiedostot 64-bittisinä liukulukulaskentatiedoina WAV-formaatissa. /16/. Tämä merkitsee käytännössä sitä, että audiotiedostojen tarkkuuden voi säilyttää masterointivaiheeseen saakka, mikä johtaa paremman kuuloisiin lopputuloksiin.

Sekvensserien 64-bittinen sisäinen signaalinkäsittely on sikäli hyödyllinen ominaisuus että se mahdollistaa mm. audion laadun säilymisen aiempaa paremmin editoinnin ja miksaamisen aikana, sekä aiempaa realistisemman matalien taajuuksien toiston. /11/.

SONAR 5 muodostaa erillisistä ohjelmasäikeistä kimppuja, joiden lukumäärä perustuu käytössä olevien prosessoriytimien määrään. Ohjelma kohdistaa kunkin raidan käsittelyn jollekin etukäteen varaamansa säiekimppun vapaana olevalle säikeelle. Cakewalkin mukaan kyseinen arkkitehtuuri tuottaa 30 - 50 %:n lisäyksen suorituskykyyn siirryttäessä yksiytimisestä kaksiytimiseen prosessoriin. /45/.

Säikeiden aikataulututtajan tehtävänä on pitää säikeiden aikataulutuksen lisäksi huolta siitä, ettei säikeiden käsittely huononna työaseman suorituskykyä. Käytännössä järjestelmä varmistaa käyttöjärjestelmän palvelujen ja SONAR 5:n graafisen käyttöliittymän sulavan toiminnan riippumatta yhtäaikaan käsiteltävien säikeiden määrästä. Koska aikatauluttaja ei aiheuta suurta rasitetta prosessorille, arkkitehtuuri toimii hyvin myös yksiytimisellä prosessorilla. /45/.

SONAR 5 hyötyy merkittävästi 64-bittisten prosessorien suuremmasta yleiskäyttöisten rekisterien määrästä ja parantuneesta liukulukulaskentatehosta. Suoritettaessa 32-bittisiä ohjelmia 64-bittisellä prosessorilla, käytössä on vain kahdeksan 32-bittistä yleiskäyttöistä rekisteriä ja kahdeksan liukulukurekisteriä. 64-bittisessä tilassa rekisterien määrät ja bittisyys kaksinkertaistuvat. /45/.

SONAR 5:ssä on BitBridge-ominaisuus, joka mahdollistaa ainakin 32-bittisten natiivien efektien ja instrumenttien käyttämisen 64-bittisessä tilassa. Ilman BitBridge-tyyppistä ominaisuutta 32-bittisten instrumenttien ja efektien käyttö 64-bittisen sekvensserin kanssa ei onnistu. /22/.

3.6 64-bittisyyden myötä kasvanut dynamiikka-alue ja lisätarkkuus audion prosessoinnissa

Digitaalisen audiosignaalin dynamiikka-alue riippuu käytetystä bittisyvyydestä. Dynamiikka-alue on verrannollinen sananpituuteen ja taajuusvaste puolestaan näyttönottaajuuteen. Digitaalisessa audiossa sananpituus muuntuu dynamiikka-alueeksi seuraavasti:

16 bittiä = 96 dB

24 bittiä = 144 dB

32 bittiä = 192 dB
64 bittiä = 384 dB /11/.

Näin ollen 24-bittisen audion dynamiikka-alue on teoriassa 144 dB, mutta käytännössä siihen ei nykyisillä AD-muuntimilla päästä /16/. Digitaalinen audiosignaali voi saada sekä positiivisia että negatiivisia arvoja, mistä johtuen 24-bittisen audiosignaalin esittämiseen jää käytännössä vain 23-bittiä. 23 bitin avulla on mahdollista esittää 8388608 arvoa, joka vastaa 138 dB:n dynamiikkaa. /64/

Digitaalista audiota prosessoitaessa monimutkaiset matemaattiset operaatiot tuottavat usein äärimmäisen suuria lukuja. Ongelmana on bittien ylivuoto, lukujen pyöristäminen ja rekistereissä kierrättämisestä aiheutuvat toistuvat virheet, jotka tulevat mukaan jo laskujen välivaiheissa kun tallennettavat luvut ovat suurempia kuin rekisterien kapasiteetti. /11/. Kun ottaa huomioon sadat tai jopa tuhannet mahdolliset äänenvoimakkuuden muutokset joita miksaamisen aikana tehdään, on selvää, että bittejä häviää runsaasti mikä taas vaikuttaa huomattavasti audiosignaalin tarkkuuteen. Lisäksi monet virtuaaliset efektit huonontavat audiosignaalin laatua synnyttämällä valtavan määrän laskennallisia arvoja prosessoinnin aikana. Kun arvot ylittävät selvästi prosessorin rekisterien koon, joudutaan niitä kierrättämään, kunnes rekistereissä on tilaa, tai pudottamaan arvojen tarkkuudesta desimaaleja kokonaan pois. /16/

Yksi suurimmista 64-bittisen sisäisen prosessoinnin eduista on, että audion tarkkuus pystytään säilyttämään. Audion tarkkuus pystytään säilyttämään jopa huolimatta editointiprosessien määrästä, koska laskeminen tarkoilla arvoilla on mahdollista 64-bittisen prosessoinnin myötä. /11/. Syy siihen miksi korkeampi bittisyvyys on tärkeää digitaalisen audion käsittelyssä, johtuu audiotyöaseman sisäisen dynamiikan kasvattamisen tarpeesta ja kanavien summauksen helpottamisesta ilman, että audio säröytyy tai että menetetään audion resoluutiota. /16/.

Ditheröimättömässä audiosignaalin signaali-kohina-suhde on desibeleissä lähes sama kuin bittisyvyys kerrottuna kuudella. Eli yksi bitti vastaa kuutta desibeliä. Joka kerralla kun raitamäärän tai sisääntulojen määrän kaksinkertaistaa, master-kanavan ulostulotaso kasvaa 3 dB:llä. 64 kanavan kanssa tämä tarkoittaa 18 dB:n kasvua äänen ulostulotasaan, mikä pakottaa laskemaan jokaisen miksauskanavan äänenvoimakkuutta yhteensä 18 dB:n verran ettei ulostulotaso säröydy. /16/. Koska äänentason laskeminen tai nostaminen 6 dB:n verran vastaa suunnilleen yhtä bittiä, seuraa tästä audiosignaalin bittisyyden, eli resoluution, lasku 21 bittiin. Käänteisesti sama tarkoittaisi bittisyyden lisäämistä, jotta kanavien äänenvoimakkuutta voisi nostaa aiheuttamatta audion säröytymistä tai ylioheisuusvaran menetystä. /16/. Ylioheisuusvara kuvaa digitaalisen signaalin prosessoinnin yhteydessä nollatason ja korkeimman ennen kompressiota tai säröytymistä saavutettavan signaalitason välistä aluetta /5/.

3.7 Suorituskyvyn kasvu 64-bittisyyden myötä

Windows XP Professional x64 –version suorituskyvyn kasvu ei ole rajoittunut pelkästään suuremman muistimäärän tukemiseen. 64-bittinen prosessoriarkkitehtuuri laajentaa rekisterien määrää ja kasvattaa myös laajennusväylien suorituskykyä. /39/.

Osittain suorituskyvyn kasvu johtuu siitä, että 64-bittisessä prosessorissa on puolet enemmän rekistereitä kuin 32-bittisessä. 64-bittisen prosessorin rekisterit ovat myös leveämpiä kuin 32-bittisessä. Lisäksi prosessorien arkkitehtuuria on muutettu niin, että liukulukulaskentayksikkö on paremmin sijoitettu, mikä auttaa prosessorin sisäisiä kääntäjiä tuottamaan parempaa koodia. /20/.

Suora hyöty suuremmasta muistimäärästä on audiotyöasemille selvä. Mitä enemmän käsiteltävästä datasta, kuten näytteistä tai virtuaalisten instrumenttien äänistä, voidaan sijoittaa suoraan keskusmuistiin, sitä nopeammin ohjelmat toimivat. /16/. Esimerkiksi laajojen näytekirjastojen lataaminen suoraan muistiin vähentää tarvetta lukea näytteitä hitaammalta kiintolevyltä /16/. Kun softanäytteiden tarve oikosiirtää dataa kiintolevyltä poistuu, niiden reagointi käyttäjän syötteisiin myös nopeutuu /32/.

Arkkitehtuurin parannukset näkyvät kokonaissuorituskyvyn kasvuna etenkin PCI-Express-laajennusväylää käyttävien laitteiden kohdalla. /39/. Yllättävää on, etteivät PCI Express -väylää käyttävät äänikortit ole yleistyneet, vaikka markkinoilla on jo muita PCI Express –audiolaitteita, kuten DSP-kortteja.

Hyvä esimerkki suorituskyvyn kasvusta on Cakewalk-yhtiön SONAR 5 –sekvensseriohjelma. Cakewalk porttasi ohjelman 64-bittiseksi ilman suurempia odotuksia suorituskyvyn lisääntymisestä, koska ohjelma ei ollut erityisen paljon muistia kuluttava. Suorituskyvyn lisäys oli kuitenkin 20 - 30 %:a. Lisäys johtui 64-bittisen prosessorin paremmasta suorituskyvystä ja erityisesti rekisterien kasvaneesta määrästä, mikä mahdollisti monien laskutoimitusten toteuttamisen nopeissa rekistereissä. /39/

Cakewalk suoritti mittaustestejä SONAR 5:llä vertaillakseen x86- ja x64-arkkitehtuurien suorituskykyeroja. Testikokoonpanona oli Intel Pentium 4 3,6 GHz EM64T-tuella ja 2 gigatavun keskusmuistilla. Äänikorttina käytettiin USB 2.0 -väyläistä Edirol UA-1000:tta. Jotta ajurista prosessorille aiheutuva kuormitus saatiin minimoitua, käytettiin testissä suhteellisen korkeaa puskurin kokoa, joka näkyi 98 ms:n latenssina. Kokoonpanoon oli asennettu sekä Windows XP Professional x64 Edition, että Windows XP Professional (32-bittinen versio). Kummallakin käyttöjärjestelmällä käytettiin samaa Edirol UA-1000 –äänikorttia. /32/.

Testit suoritettiin käyttämällä SONAR 5:n sekä 32-bittistä yhden tarkkuuden liukulukulaskentaa, että 64-bittistä kaksoistarkkuuksista liukulukulaskentaa. Tulokset löytyvät taulukosta 3. /32/.

TAULUKKO 1 *Cakewalk Sonar 5:n 32- ja 64-bittisten versioiden väliset suorituskykyerot yksöis- ja kaksoistarkkuuksisessa liukulukulaskennassa sekä 32- että 64-bittisellä Windows XP:llä /32/.*

Single precision floating point engine

	SONAR 5 x86 WinXP x86	SONAR 5 x86 WinXP x64	SONAR 5 x64 WinXP x64	Approx. Speedup
Project-1	24%	24%	18%	30%
Project-2	25%	25%	22%	14%
Project-3	32%	33%	30%	10%

Double precision floating point engine

	SONAR 5 x86 WinXP x86	SONAR 5 x86 WinXP x64	SONAR 5 x64 WinXP x64	Approx. Speedup
Project-1	26%	26%	20%	30%
Project-2	30%	31%	26%	19%
Project-3	35%	36%	31%	16%

Tulokset osoittavat selvän lisäyksen SONAR 5 x64:n suorituskyvyssä. 64-bittinen versio toimii jopa tehokkaammin käyttäen kaksoistarkkuuksista liukulukulaskentaa, kuin 32-bittinen x86-versio käyttäen yhden tarkkuuden liukulukulaskentaa. /32/.

Merkittävää on myös se, että 32-bittinen SONAR 5 toimi vain hyvin vähäisellä tai olemattomalla suorituskyvyn huononemisella 64-bittisessä Windowsissa. Tämä kertoo WOW64-emulaatiokerroksen olevan lähes läpinäkyvä. /32/.

Digitaalinen audiotyöasema on monimutkainen järjestelmä hyvin korkeilla prosessorivaatimuksilla. Cakewalk SONAR 5 x64 osoittaa kuinka monisäikeistetty ohjelmistoarkkitehtuuri ja 64-bittisten resurssien hyödyntäminen tuottavat merkittävästi parantuneen suorituskyvyn verrattuna 32-bittiseen x86-arkkitehtuuriin. /32/.

3.8 Tuplaytimet vs. tuplaprosessorit

Tuplaydinprosessorissa yhdistyy kaksi prosessoriydintä yhteen koteloon. Tuplaprosessori puolestaan tarkoittaa kahta fyysisesti erillistä prosessoria emolevyllä. Tuplaydinprosessori mahdollistaa tietynlaisen säietason rinnakkaisuuden (Thread-Level Parallelism, TLP) ilman kahta erillistä prosessoria. Tämänlaista rinnakkaisuutta kutsutaan sirutason moniprosessoinniksi (Chip-Level Multiprocessing, CMP). /28/. Tuplaytimistä ei saada täyttä hyötyä irti, mikäli käyttöjärjestelmä ja sovellusohjelmat eivät tue monisäikeistystä. Täysi käyttöjärjestelmätuki monisäikeistykselle on vasta Windows Vistassa.

Tuplaytimien hyödyt:

- Suoritinytimien pieni etäisyys toisistaan mahdollistaa välimuistin mikropiiristön toimimisen korkeammilla kellotaajuuksilla kuin jos signaali joutuu kiertämään ulkokautta mikrosirulta toiselle. Yhdistämällä kaksi ydintä samalle mikrosirulle saavutetaan siis merkittävä suorituskyvyn parannus välimuistia paljon tarvitsevilla ohjelmilla. /28/.
- Tuplaydinprosessori käyttää hieman vähemmän virtaa kuin kaksi erillistä prosessoria, koska prosessorin tarvitsee lähettää signaalia aiempaa vähemmän prosessorisirun ulkopuolelle. Prosessorien tarkempi valmistustekniikka mahdollistaa ytimien toiminnan alemmilla jännitteillä. Lisäksi ytimet jakavat joitain piirejä keskenään, esim. L2-tason välimuistit ja systeemiväylän (FSB) liitännän. /28/.

Tuplaytimien haitat:

- Tuplaytimien hyödyntäminen tarvitsee käyttöjärjestelmätuen lisäksi yhteensopivuuden myös sovellusohjelmien kanssa suorituskyvyn maksimoimiseksi /28/.
- Tuplaydinten lämmöntuotto keskittyy pienemmälle pinta-alalle ja on siten vaikeampi hallita kuin yksiytimisten prosessorien /28/.

Tuplaydinten käyttöönotto

AMD on ottanut huomioon tuplaydinten käyttöönoton prosessoriarkkitehtuureissaan jo Athlon 64- ja Opteron-prosessoreiden suunnitteluvaiheessa. Tämä näkyy mm. siinä, että prosessoriytimet pystyvät kommunikoimaan suoraan keskenään. Intel puolestaan yhdisti kaksi Pentium-ydintä samalle sirulle. Ytimet kommunikoivat emolevyn piirisarjan kautta keskenään. Ratkaisu ei ole yhtä tehokas kuin AMD:n, mutta täyttää tehtävänsä ja mahdollisti Intelin pääsyn tuplaydinmarkkinoille nopeammin kuin kehittämällä täysin uuden arkkitehtuurin ydinten väliseen kommunikointiin. Intel aikoo luultavasti tulevaisuudessa siirtyä kehittyneempään malliin ydinten välisessä kommunikoinnissa. /29/.

Intel ei alunperin kasvattanut systeemiväylän nopeutta prosessorin ja järjestelmäohjainpiirin välillä yhdistäessään prosessoreita. Tämä tarkoittaa sitä, että väylän kaistanleveys ei kasvanut, vaikka prosessoriteho lähes kaksinkertaistui. Ratkaisu kuormitti systeemiväylää ja asetti myös rajoituksia järjestelmän suorituskyvylle. Intel on sittemmin kasvattanut keskusmuistin ja systeemiväylän väylänopeuksia parantaakseen suorituskykyä. /29/.

AMD:n prosessorit käyttävät prosessoriväylän (Front Side Bus, FSB) sijasta HyperTransport-väylää kommunikoidessaan piirisarjan ja keskusmuistin kanssa. AMD on myös siirtänyt muistiohjaimen piirisarjasta prosessorin kanssa samalle sirulle. Tästä on ollut selvä etu mm. muistiohjaimen latenssin pienentymisenä. Vaikka AMD:n uusimmat prosessorit osaavat hyödyntää yksi- ja kaksikanavaista muistia, ei kaksoiskanavan käyttö kuitenkaan tuplaa muistin suorituskykyä yksityimisillä prosessoreilla, vaikka kaksoiskanava tuplaakin muistin nopeuden. Kaksoiskanavan käyttö tarjoaa hieman enemmän kaistanleveyttä kuin mitä yksityiminen prosessori pystyy käyttämään tehokkaasti. Tuplaydinprosessoreilla kaikki ylimääräinen kaistanleveys pystytään hyödyntämään. AMD:n rakenneratkaisu sallii yksityimisten prosessorien rakenteen säilyttämisen siirryttäessä tuplaydinten käyttöön. AMD ei kärsi samanlaisesta ”pullonkaulaongelmasta” kuin Intel. /29/.

AMD-prosessorien suorituskykyvertailu

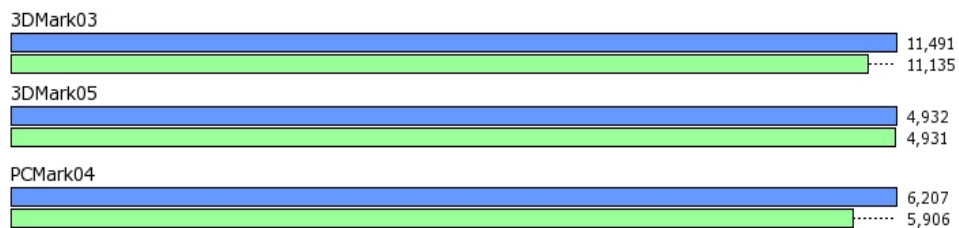
Vertailu tehtiin virtuaalisesti identtisellä laitteistolla. Molemmissa kokoonpanoissa näytönohjain ja kiintolevy olivat samat ja myös keskusmuistin määrä ja tyyppi olivat samat (2 x 1 Gt PC3200). Ainoa ero oli että Opteron-kokoonpanon muistit käyttivät ECC-virheenkorjausta (Error-Correcting Code = Virheenkorjauskoodi). Todellinen ero tuli emolevyistä ja prosessoreista. Opteron-prosessorien välimuisti oli kooltaan 1 Mt molemmille suorittimille. Tuplaytiminen Athlon 64 X2 4400+ käytti 1 Mt:n välimuistia molemmille ytimille. /29/.

TAULUKKO 2 *AMD-prosessorien suorituskykyvertailu yleisillä testiohjelmilla alla mainitun tuplaydinkokoonpanon ja tuplaprosessorikokoonpanon välillä.* /29/.

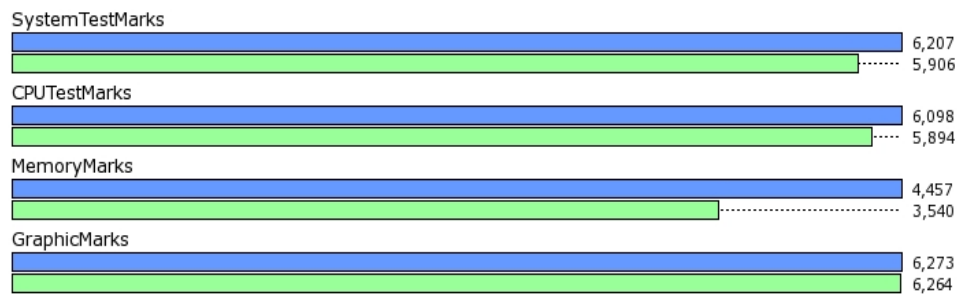
System Benchmark Comparison

<p>■ AMD Dual Core System Asus A8N-SLI Premium AMD Athlon 64 x2 4400+ x 1 OCZ PC3200 Perf. DC - 2x 1024mb x 1 EVGA GeForce 6800GT 256MB PCI-E x 1 Samsung SpinPoint P SP2004C 200GB SATA II x 1</p>	<p>■ AMD Dual Processor System Tyan Thunder K8WE AMD Opteron (940) 248 2.2GHz 64-bit x 2 OCZ PC3200 DDR REG ECC - 1024mb x 2 EVGA GeForce 6800GT 256MB PCI-E x 1 Samsung SpinPoint P SP2004C 200GB SATA II x 1</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Overall Scores



PCMark04 Scores



Taulukoista voidaan nähdä, että graafinen suorituskyky (3Dmark03 ja -05, sekä GraphicMarks) on hyvin samanlainen molemmilla kokoonpanoilla. Suurin ero näkyy tuplaprosessorijärjestelmän muistien ECC-virheenkorjauksen aiheuttamassa suorituskyvyn alenemisessa Opteron-pohjaisessa kokoonpanossa. Tuplaprosessorikokoonpanon suorituskyvyn suhteelliseen huonontumiseen vaikutti myös se, ettei testissä käytetty muistien kaksoiskanavaa. Kokonaisuutena tuplaydin- ja tuplaprosessorijärjestelmien erot eivät olleet suuria. /29/.

Intel-prosessorien suorituskykyvertailu

Intelin prosessoreista vertailuun valittiin kaksi 3 GHz:n Xeon-prosessoria kumpikin 1 Mt:n välimuistilla ja yksi 3 GHz:n Pentium D 830-prosessori tuplaytimellä ja 1 Mt:n välimuistilla ydintä kohti. Molemmat kokoonpanot käyttivät 800 MHz:n systeemiväylää kommunikoidessaan piirisarjan kanssa. Emolevyt ja prosessorit eroavat toisistaan, mutta muistin määrä ja tyyppi, sekä näytönohjain olivat jälleen samat molemmissa kokoonpanoissa. Xeon-kokoonpanossa käytettiin kahta 1 Gt:n muistikampaa, mutta Pentium D –kokoonpanossa käytettiin neljää 512 Mt:n PC2 5400 –muistikampaa. Tämä antoi Pentium D –kokoonpanolle selvän edun muistin kaistanleveydessä. Pitää kuitenkin muistaa että tässäkin testissä Xeon-kokoonpanossa ei käytetty muistien kaksoiskanavaa. /29/.

TAULUKKO 3 *Intel-prosessorien suorituskykyvertailu yleisillä testiohjelmilla alla mainitun tuplaydinkokoonpanon ja tuplaprosessorikokoonpanon välillä.* /29/.

System Benchmark Comparison

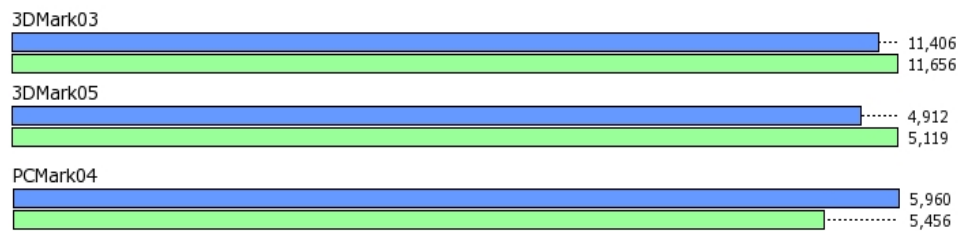
■ Intel Dual Core System

Asus P5WD2 Premium
Intel Pentium D 830 Dual-Core 3.0GHz x 1
OCZ PC2-5400 Performance DC - 2x 512mb x 2
EVGA GeForce 6800GT 256MB PCI-E x 1
Western Digital SATA 250.0GB WD2500JD x 1

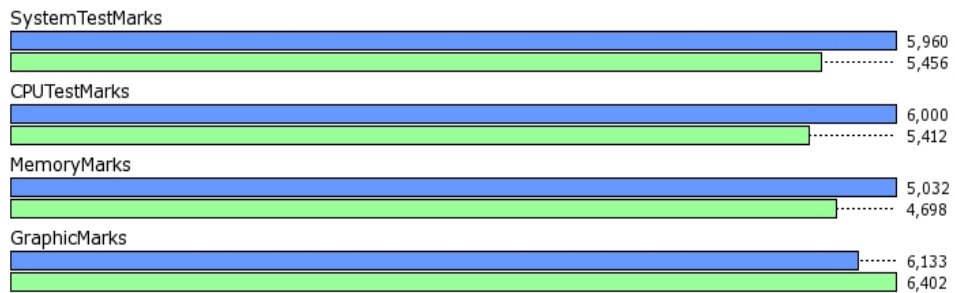
■ Intel Dual Processor System

Asus NCCH-DL
Intel Pentium4 Xeon 800 FSB 3.0 GHz 1M x 2
OCZ PC3200 Perf. DC - 2x 1024mb x 1
MSI GeForceFX 6800 GT 256MB x 1
Hitachi OA31619 SATAII 7200RPM 500GB x 1

Overall Scores



PCMark04 Scores



Graafinen suorituskyky on molemmissa Intelin kokoonpanoissa hyvin lähellä toisiaan. Suorituskykytestit osoittavat tuplaytimellä varustetun Pentium D –kokoonpanon olevan hieman tehokkaampi, mutta ero johtuu siitä, että Xeon-tuplaprosessorikokoonpanossa ei käytetty muistien kaksoiskanavaa hyödyksi. Xeon-kokoonpanon suorituskyky olisi luultavasti hieman Pentium D -kokoonpanoa parempi jokaisella testien osa-alueella kaksoiskanavaa käytettäessä. /29/.

Vertailuista voidaan päätellä, että tuplaytimet ovat voitto kuluttajien kannalta. Tuplaytimet tarjoavat lähes saman suorituskyvyn kuin tuplaprosessorijärjestelmät, mutta huomattavasti edullisempaan hintaan. Tuplaytimet tulevat yleistymään merkittävästi, eikä mikään rajoita tuplaydinten käyttöä tuplaprosessorikokoonpanoissakaan. /29/.

3.9 Liukulukulaskennan merkitys audion prosessoinnissa

Matematiikka on olennaisesti vastuussa digitaalisen audiotyöaseman äänenlaadusta. Vaikka sisäisen prosessoinnin kasvanut bittisyvyys on merkittävä edistysaskel, on alusta loppuun asti 64-bittinen liukulukulaskenta sitäkin tärkeämpää audiokäytössä. Liukulukulaskenta on huomattavasti tärkeämpää audion tarkkuuden säilymiselle kuin bittisyys. Liukulukulaskenta saa audion kuulostamaan paremmalta kuin kokonaislukulaskenta johtuen laskennan paremmasta tarkkuudesta. Esim. Applen OS X –käyttöjärjestelmän Core Audio-ohjelmointirajapinta hyödyntää liukulukulaskentaa koko signaalitien matkalla. Tällä varmistetaan audion laadun säilyminen korkeimmalla mahdollisella tarkkuudella kaikissa prosessoinnin vaiheissa. /16/.

Liukulukulaskennalla ja kiintopilkkuaritmetiikalla on lähes sama resoluutio bittejä laskettaessa, mutta liukuluvut sallivat merkitsevien bittien sijoittamisen tilanteesta riippuen sinne missä niitä eniten tarvitaan. Kiintopilkkuaritmetiikan ylivuodon vaara taas pakottaa käyttämään osaa audion resoluutiosta eräänlaisina suojabitteinä. Liukulukulaskennalla nämä bitit saadaan käyttöön lisätarkkuutena. /47/. Liukulukulaskenta esittää luvun tietyllä tarkkuudella, mikä riippuu liukulukulaskentarekisterien bittisyydestä. Kiintopilkkuaritmetiikka taas esittää luvusta tietyn määrän numeroita ennen ja jälkeen desimaalipilkun. /49/. Intelin prosessoriarkkitehtuureissa bitit tallennetaan rekistereihin yleensä käänteisessä järjestyksessä lopusta alkuun päin, eli tavun ensimmäinen bitti tulee viimeisenä ja viimeinen ensimmäisenä.

Äänenlaadun subjektiivisen paranemisen lisäksi 64-bittisen liukulukulaskennan käyttö kaikissa prosessoinnin vaiheissa tarkoittaa käytännössä sitä, ettei äänen säröytymistä tarvitse varoa enää missään miksauksen vaiheessa. Liukulukulaskennan etuna on virtuaalisesti lähes rajaton yliohjausvara, noin 1500 dB, kun taas kiintopilkkuaritmetiikan etuna on mm. tasainen kohinataso. 64-bittinen liukulukulaskenta hyödyttää myös digitaalisia miksereitä ja ulkoisia efektejä, koska se mahdollistaa esim. ulkoisilla efekteillä masteroinnin säilyttäen audion täyden sisäisen tarkkuuden kaikissa prosessoinnin vaiheissa. /16/.

Parhaiden AD-muuntimien kohinataso on noin 120 dB, mikä on hieman vähemmän kuin 24-bittisen audion 144 dB:n dynamiikka-alue. Toisin sanoen parhaatkaan AD-muuntimet eivät pysty täysin käyttämään hyödyksi 24-bittisen audion täyttä tarkkuutta. Tämä rajoittaa hieman 64-bittisestä liukulukulaskennasta saatavaa etua. /16/.

3.9.1 64-bittinen kaksoistarkkuus liukulukulaskennassa

Liukulukulaskenta soveltuu hyvin tietokonepohjaiseen editointiin, eikä se edellytä erillisiä DSP-prosessoreja. Eri prosessorimallien liukulukulaskentakyvyissä on tosin eroja. /22/.

Kun 32-bittinen sekvensseri toistaa audioraitoja, se noutaa ensin audiodataa kiintolevyiltä ja sijoittaa datan ohjelman puskureihin. Audiotyöaseman sisäinen moottori miksaa puskureiden sisällön joko yhteen, tai johtaa datan esim. efektiohjelmalle 32-bittisessä liukulukumuodossa, joka käsittelee dataa ja tuottaa ulostulona uuden 32-bittisen puskurin sisällön. Merkittävää on, että kaikki prosessointi tapahtuu 32-bittisenä liukulukulaskentana niin miksauksessa kuin sekvensserin ja efektien välisissä sisäisissä yhteyksissäkin. 32-bittisellä liukulukulaskennalla saavutetaan vain tietty määrä yliohjausvaraa (headroom) ja tietty määrä aliohjausvaraa (footroom). Yliohjausvara tarkoittaa digitaalisessa audiossa aluetta tai tilaa signaalin nollatason ja säröytymisen tai kompression välillä. /22/. Aliohjausvara puolestaan tarkoittaa tilaa tai aluetta kohinan ja pienimmän havaittavissa olevan signaalin välillä /53/. Aliohjausvara tuo signaaliin huomattavasti

tarkkuutta etenkin hiljaisiin kohtiin, bassotoistoon ja esim. kaikujen häntiin /22/.

SONAR 5 eroaa muista sekvenssereistä siinä, että se hyödyntää puskureissaan 32-bittisen liukulukulaskennan sijaan 64-bittistä kaksoistarkkuuksista liukulukulaskentaa. Tämä kuluttaa enemmän muistia, mutta on myös tarkempaa ja tarjoaa huomattavasti enemmän yliohjausvaraa. 64-bittinen tarkkuus ja yliohjausvara koskevat SONAR 5:n koko sisäistä signaalitietä. Toisin sanoen heti, kun audiosignaali noudetaan kiintolevyltä, se muunnetaan kahdeksi erilliseksi signaaliksi. Kaikki miksaaminen tehdään näin ”tuplana” ja myös signaalin siirto efekteille ja takaisin sekvensseriin tapahtuu kaksoistarkkuudella mikäli efekti vain tukee sitä. Näin sekvensserissä saavutetaan sisäisesti suurempi dynamiikka-alue. /22/.

64-bittisellä liukuluvulla on 52-bittinen mantissa (logaritmin desimaaliosa) ja yksi merkkibitti, mikä antaa yhteensä 53 bitin tarkkuuden laskutoimituksiin. Laskentatarkkuus merkitsee audion tarkkuuden ja laadun säilymistä suuremmissakin äänenvoimakkuuden muutoksissa. Kaksoistarkkuuden käyttö on tärkeätä prosessoitaessa 24-bittistä PCM-audiodataa. /32/.

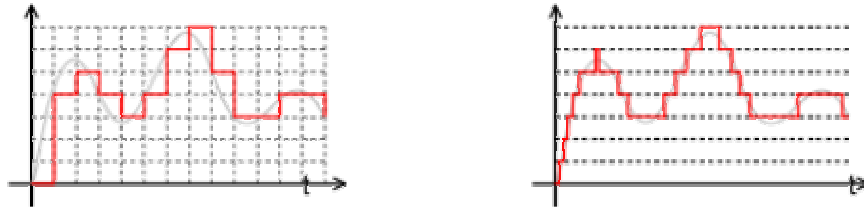
64-bittisestä kaksoistarkkuuksisesta prosessoinnista saavutetun edun kuuleminen riippuu muun laitteiston laadusta. Etenkin äänikortin tai erillisen muuntimen AD-DA-muunnoksen laatu ja kuuntelumonitorien laatu vaikuttaa äänenlaadullisten erojen kuulemiseen. /22/.

3.9.2 Liukulukulaskennan etu ditheröinnissä

Alunperin digitaalisen audion laatu suunniteltiin 16-bittiselle resoluutiolle 44,1 kHz:n näytteenottotaajuudella. Laadun uskottiin olevan riittävä. Kun ensimmäiset CD-levyt julkaistiin, huomattiin ettei kaikki ollut kohdallaan etenkaan äänitteiden hiljaisissa kohdissa. Jopa musiikin äänekkäämissä kohdissa oli kuultavissa kiusaava terävyys. Digitaaliselle audiosignaalille piti tehdä muutakin kuin vain pelkkä DA-muunnos, jotta tätä häiritsevää säröytymistä saatiin vähennettyä. Ratkaisuksi vakiintui ditheröinti, eli tietynlainen kohina, joka pitää DA-muunnimet aktiivisina hiljaisimmassakin kohdissa signaalin toistoa. /24/. Ditheröinnin ideana on, että sitä käytetään vain mahdollisimman pieni määrä estämään säröytymistä. Ditheröinnin tarkoitus ei ole peittää mitään. Se vain määrittää, miltä bittien vähennys kuulostaa. /47/. Ditheröinti paransi tilannetta, mutta ongelma ei silti täysin ratkennut /24/.

Ditheröinti pitää lisätä ennen kvantisointia tai uudelleenkvantisointia, jotta välttyään epälineaariselta säröltä /26/. Kvantisointi tarkoittaa prosessia, jossa tietyllä näytteenottotaajuudella äänitetystä digitaalisesta signaalista muodostetaan tarkempi arvio alkuperäisen audiosignaalin aallonmuodosta (kuva 3). Uudelleenkvantisoinnissa tätä arviota käytetään parantamaan audiosignaalin tarkkuutta ja yksityiskohtia, kun audiosignaalin

resoluutiota vähennetään esim. 24-bittisestä 16-bittiseksi. /55/. Mitä pienempi audiotiedoston bittisyys on, sitä enemmän ditheröintiä tarvitaan peittämään säröytymistä. Prosessoinnin lopputulos sisältää silti säröä, mutta särö naamioituu huomattavasti paremmin kohinaan. Jokaisessa bittien vähennysprosessissa pitäisi lisätä ditheröintiä signaaliin ennen kuin vähennys tehdään. /26/.



KUVA 3 *Kvantisointi tarkoittaa prosessia, jossa tietyllä näytteenottotaajuudella äänitetystä digitaalisesta signaalista muodostetaan tarkempi arvio alkuperäisen audiosignaalin aallonmuodosta. Digitaalisesti muunnettu kvantisoimaton signaali (punainen) vasemmalla ja kvantisoitu signaali oikealla. Alkuperäinen audiosignaali näkyy kuvassa harmaana. X-akseli kuvaa aikaa ja Y-akseli signaalin voimakkuutta. /55/.*

Ditheröinti ei lisää bittejä audiosignaaliin, vaan ainoastaan tietyn tyyppistä huomaamatonta kohinaa, jotta vähiten merkitsevät bitit (Least Significant Bit, LSB) saadaan käyttöön DA-muuntimien kynnyksen alapuolelta /65/.

Ditheröity signaali ei kuulosta läheskään yhtä pahalta kuin saman signaalin säröytyminen ilman ditheröintiä. Kun audiosignaalin bittisyyttä vähennetään korkeammasta tarkkuudesta 24-bittiseksi, pitää ditheröinti lisätä signaaliin. Muuten seuraavat prosessointivaiheet paljastavat bittisyyden vähentymisestä johtuvan säröytymisen selvemmin. Kokemus on osoittanut, että etenkin 16-bittinen signaali kuulostaa säröytyneeltä huomattavasti helpommin, jos sitä ei ole ditheröity aiemmissä vaiheissa. /47/.

Sananpituuden vähentäminen (WLR, Word Length Reduction) on entistä tärkeämpää 24-bittistä audioresoluutiota käytettäessä, koska se muutetaan usein 16-bittiseksi CD-levylle /46/. Sananpituuden eli resolution muuttaminen tarkoittaa audiotiedoston bittisyyden muuttamista. Sitä kutsutaan myös uudelleenkvantisoinniksi. Yleensä uudelleenkvantisointi tehdään muunnettaessa 24-bittinen signaali CD-levylle sopivaan 16-bittiseen tarkkuuteen.

3.10 Windows Vistan uusittu audioarkkitehtuuri

Vaikka Windowsin audioarkkitehtuuri on kokenut monia muutoksia vuosien varrella, on sen ydin pysynyt muuttumattomana. Windowsin ytimen, eli kernelin, sisällä ajettavan koodin määrä on johtanut siihen, että audioarkkitehtuurista on tullut yksi pahimmista luotettavuusongelmien aiheuttajista. Myös väärin ohjelmoidut äänikorttien laiteajurit aiheuttavat

ongelmia. Windows Vistan audioarkkitehtuuri on suunniteltu korjaamaan Windowsia aiemmin vaivanneet ongelmat. /14/.

Vistan sisäistä audiolaatua on parannettu, mutta merkittävämpää on, että audioarkkitehtuuri tukee ammattikäytössä yleisiä audio-ohjelmia tarjoamalla ohjelmille mahdollisuuden kytkeä Vistan oma audiojärjestelmä kokonaan pois päältä. Vistassa on myös paremmin otettu huomioon audio-ongelmien paikantaminen ja ratkaiseminen työkaluohjelmien avulla. /14/.

Windows Vistan koko audiojärjestelmä siirrettiin Windowsin ytimen ulkopuolelle. Vistassa ainoat kernel-moodissa ajettavat ajurit ovat varsinaiset audio-ajurit ja korkean tason audioliitännän ajurit. Toinen suuri muutos on audiotointojen uusi graafinen käyttöliittymä, joka ohjelmoitiin täysin uudestaan alusta alkaen. Sen suunnittelussa on otettu huomioon käyttäjien yleisimmät tehtävät audion parissa, mutta yksinkertaisen käyttöliittymän alta löytyy kuitenkin kaikki toiminnallisuus, jonka avulla asetuksia pystyy muokkaamaan. /14/.

Universaali audioarkkitehtuuri (Universal Audio Architecture, UAA) on Microsoftin alulle laittama yritys standardisoida audiolaitteiden ajurirajapinta uusissa Windows-käyttöjärjestelmissä. Uuden rajapinnan avulla laitteet voivat kuvailla ominaisuutensa käyttöjärjestelmälle. UAA tukee oletuksena USB-, IEEE1394-, PCI- ja PCI Express-väyläisiä audiolaitteita. /14/.

UAA:n tavoitteena on ratkaista nykyisten Windows-versioiden hyvin vaihteleva tuki audiolaitteille. Yhteisen audiorajapinnan puutteesta johtuen audiolaitteiden valmistajat ovat joutuneet kehittämään erilaisia hallintaohjelmia, joilla käyttäjä on voinut kontrolloida laitteita. Tämä taas on edellyttänyt kernel-moodissa ajettavia ajureita, jotta käyttäjän tekemät asetusten muutokset voivat välittyä suoraan audiolaitteille. Huonosti ohjelmoidut audiolaitteiden ajurit ovat olleet yleinen syy Windowsin vakausongelmiin. UAA pyrkii ratkaisemaan tämän ongelman tarjoamalla standardoidun käyttöliittymän jota audiolaitteet ymmärtävät, varmistaen samalla että Windows tunnistaa laitteiden ominaisuudet ja hyödyntää niitä tehokkaasti ilman erillisiä ajureita tai ohjauspaneeleita. Audiolaitteiden pitäisi toimia myös tulevaisuudessa Windows-versioissa ilman uusien ajureiden kirjoittamista. /14/.

UAA:n on tarkoitus korvata WDM-ajureiden kehitys kokonaan. Silti joissain harvoissa tilanteissa saatetaan edelleen tarvita UAA-yhteensopivalle laitteelle WDM-ajureita, jos kaikkia ominaisuuksia ei pystytä muuten hyödyntämään. Windows tukee jatkossakin suoraan kernel-moodissa toimivia audioajureita. /15/. Windows Vistassa kaikkien 64-bittisten kernel-ajurien täytyy kuitenkin olla Microsoftin hyväksymiä. Tällä halutaan varmistaa ja parantaa käyttöjärjestelmän turvallisuutta ja luotettavuutta. /39/.

4 YDINKOMPONENTTIEN VALINTAKRITEERIT

Tässä luvussa keskitytään audiotyöaseman tärkeimpiin osiin ja niiden teknisiin yksityiskohtiin. Luvussa esitetyn teorian tiedon ja valintakriteerien perusteella voidaan perustellusti valita soveltuvimmat ydinkomponentit käytännön testeihin. Koska tietokonekomponentit ja teknologiat uudistuvat hyvin nopeasti, pyritään tässä työssä löytämään yleisesti pätevät, mutta yksityiskohtaiset valintaperusteet kaikille komponenttityypeille.

Audiotyöaseman komponenttien valintaan vaikuttavat eniten latenssittoman äänittämisen, suorituskyvyn ja hiljaisuuden tarve. Myös yhteensopivuus käytettävien audiolaitteiden ja -ohjelmistojen kanssa on yksi valintakriteeri. Audiolaitteita ja -ohjelmistoja valmistavat yritykset eivät aina kerro tiedetyistä yhteensopivuusongelmista, vaikka ongelmat eivät johtuisikaan heidän omista tuotteistaan.

Audiokäytössä suorituskyky on hyvin merkittävä asia, koska monet audiokäytössä yleiset tehtävät vaativat paljon laskentatehoa. Yleisesti tietokoneen suorituskykyyn vaikuttaa eniten prosessorin rakenne, prosessorin kellotaajuus, muistin nopeus ja määrä sekä kiintolevyn ja näytönohjaimen nopeus /3, s. 52/. Audiokäytössä suorituskykyyn vaikuttaa erityisesti prosessorin bittisyys, prosessoriytimien määrä, rekisterien leveys ja määrä, sekä välimuistien koko ja nopeus. Välimuistit vaikuttavat siihen, kuinka paljon ja nopeasti prosessorille saadaan toimitettua käskyjä. Myös keskusmuistin määrä ja nopeus sekä kiintolevyjen välimuisti ja pyörimisnopeus ovat erittäin tärkeitä audiokäytön kannalta.

Komponentteja ei voi kuitenkaan valita pelkästään teoreettisin perustein. Käytäntö on osoittanut etteivät kaikki teoreettisesti sopivat komponentit välttämättä toimi parhaalla mahdollisella tavalla audiokäytössä. Tästä syystä komponenttien ja kokoonpanojen testaus audiokäytössä käytettävillä ohjelmilla ja äänikorteilla on aina tarpeen etenkin yhteensopivuuksien varmistamiseksi.

Komponentit eivät ole ainoita asioita, jotka vaikuttavat audiotyöaseman toimivuuteen. Käyttöjärjestelmällä on myös merkittävä osuus audiokäytössä, minkä takia lähes kaikki audiotyöasemia valmistavat yritykset optimoivat käyttöjärjestelmiä. Osa audiotyöasemia valmistavista yrityksistä on valmistanut Windows XP- ja Windows XP64 Embedded-versiosta ”oman” audiokäyttöjärjestelmänsä, jossa ei ole mitään ylimääräistä audiokäyttöä ajatellen. Useimmat valmistajat eivät ole kuitenkaan lähteneet rajoittamaan käyttöjärjestelmien ominaisuuksia vaan tarjoavat kaikki Windowsiin normaalisti sisältyvät ominaisuudet.

Erittäin suuri merkitys audiokäytön kannalta on äänikorttien ajureilla, jotka saattavat huonosti ohjelmoituina aiheuttaa monenlaisia ongelmia audion katkeilusta aina käyttöjärjestelmän ”kaatumiseen” saakka. Myös BIOS:n versiolla ja emolevyn ajureilla on usein merkitystä

käyttöjärjestelmän vakauden kannalta. Tämän takia kannattaa yleensä suosia valmistajia, jotka julkaisevat säännöllisesti BIOS- ja ajuripäivityksiä emolevyilleen. Hyvin harvoin BIOS ja emolevyn ajurit ovat täysin valmiita emolevyn tullessa markkinoille. BIOS tarvitsee yleensä päivityksiä uusien prosessoreiden yhteensopivuuden takaamiseksi mutta myös ilmenneiden yhteensopivuusongelmien korjaamiseksi.

Audiotyöaseman rakentaminen suurten tietokonevalmistajien valmismalleista on riskialtista, koska valmistajat vaihtavat komponentteja niiden saatavuuden ja hinnan mukaan eivätkä aina ilmoita muutoksista. Kaikkia komponentteja ei usein ilmoiteta teknisissä tiedoissa. Komponenttien vaihto saattaa vaikuttaa hyvin paljon audiotyöasemakäytössä. Jopa yksittäinen komponentti saattaa aiheuttaa monenlaisia ongelmia. Digitaalisten audiotyöasemien valmistajat käyttävät paljon aikaa selvittääkseen mahdollisimman yhteensopivan kokoonpanon komponentit, minkä jälkeen kokoonpanot testataan mahdollisimman laajalla valikoimalla audiolaitteistoja ja -ohjelmistoja. Tämän jälkeen kyseisissä varmoiksi todetuissa kokoonpanoissa saatetaan pysyä useita kuukausiakin samalla, kun testataan ja tutkitaan uusia komponentteja ja kokoonpanoja. /41/.

Hyväksi esimerkiksi komponenttien valinnan vaikeudesta ja yhteensopivuusongelmista käy ASUS A8V Deluxe –emolevy, jota monet harrastajat ostavat vieläkin. Emolevy on jo hieman vanha audiokäyttöön, mutta erittäin luotettavaksi ja yhteensopivaksi osoittautunut myös audiotyöasemavalmistajien taholla. Siitä huolimatta emolevy ei ole yhteensopiva esim. Echo Audio Miami –äänikortin ja Soundscape-järjestelmien kanssa. /41/.

4.1 Emolevyt

PC-tietokoneen emolevyyn, piirisarjoihin tai väyläratkaisuihin ei useimmiten kiinnitetä riittävästi tai lainkaan huomiota valmista tietokonetta ostettaessa, eikä aina edes rakennettaessa konetta itse. Näillä kaikilla on kuitenkin erittäin suuri vaikutus tietokoneen toimivuuteen ja todelliseen suorituskykyyn. /1, s. 151/. Audiokäytössä emolevyn väylien ja piirisarjan nopeuden merkitys korostuu suurten datansiirtomäärien ja reaaliaikaisuus-vaatimusten takia. Emolevyn merkitys tietokoneen kokonaissuorituskyvyille voi olla jopa 5 %:n luokkaa /1, s. 153/. Eri piirisarjoja käyttävien emolevyjen suorituskykyerot voivat kuitenkin olla paljon suurempia johtuen mm. piirisarjojen, väylien ja muistiohjainten teknisistä eroista. Emolevyn piirisarja määrittelee yhteensopivan prosessori-, muisti- ja näytönohjaintyyppin, samoin kuin oheislaitteiden liitäntätyypit ja niiden määrät. Audiokäytön kannalta etenkin prosessorin tyyppillä ja keskusmuistin määrällä on merkitystä. Emolevy on tietokoneen toimivuuden kannalta tärkein komponentti.

Emolevyn ja äänikortin yhteensopivuus on vielä nykyisinkin liian yleinen ongelma. Yhteensopivuusongelmat johtuvat yleensä joko emolevyn

piirisarjasta tai äänikortin ajureista. Koska AMD-prosessoreja käyttäville emolevyille on tarjolla suurempi määrä piirisarjoja kuin Intelin emolevyille, eivät äänikorttien ja muiden audiolaitteiden valmistajat pysty varmistamaan täyttä yhteensopivuutta kaikkien näiden kanssa. Äänikorttien valmistajat testaavat ja varmistavat edelleen tuotteidensa yhteensopivuuden ensisijaisesti Intelin piirisarjoilla, joita on huomattavasti vähemmän. /12/. Yhteensopivuusongelmat eivät koske vain AMD-pohjaisia kokoonpanoja. Ongelmia on esiintynyt myös mm. Digidesignin äänikorttien ja Intelin piirisarjojen välillä /13/.

Emolevyn vakaus on asia, jota on vaikea selvittää ilman käytännön testaamista. Vakauden selvittäminen ei onnistu täysin edes perehtymällä Internetistä löytyviin emolevyjen testiraportteihin. Usein muut testeissä käytetyt komponentit eivät ole täysin samoja, joita audiotyöasemaan on suunniteltu. Epävakaata emolevyä aiheuttaa monenlaisia ongelmia, joita on usein hyvin vaikea paikantaa emolevystä aiheutuvaksi. Emolevyn BIOS- ja ajuripäivitysten julkaisuaste kertoo valmistajan suhtautumisesta emolevyissä esiin tuleviin ongelmiin. Emolevyvalmistajilla ei ole resursseja testata kaikkien mahdollisten komponenttien yhteensopivuutta. Monet emolevyt ovat lisäksi erittäin tarkkoja käytetyn muistipiirin suhteen. Tästä syystä monet valmistajat julkaisevat testattujen muistikampojen yhteensopivuuslistoja. Näillä QVL-listoilla (Qualified Vendors List) mainittujen komponenttien yhteensopivuus on testattu.

Nykyisten emolevyjen tehokkaat piirisarjat vaativat jäähdyttämistä. Audiokäytön kannalta on oleellista, että jäähdytysratkaisut ovat passiivisia. Passiiviset piirisarjasiilit poistavat lämpöä yhtä tehokkaasti kuin halkaisijaltaan pienet aktiiviset tuulettimet. Pienet tuulettimet kuitenkin pyörivät suurilla kierrosnopeuksilla aiheuttaen terävän ja korkean äänen, jota ei ole helppo vaimentaa edes hyvällä kotelolla. Tästä syystä jäähdytys siili on ainoa audiokäytössä suositeltava vaihtoehto emolevyn piirisarjojen jäähdyttämiseen. Aktiivisella tuulettimella varustettu emolevy on helposti audiotyöaseman äänekkäin osa.

Etenkin serverikäyttöön tarkoitettujen emolevyjen käyttämiseen audiotyöasemassa on syytä suhtautua varauksella, koska niiden järjestelmäarkkitehtuuria ei ole yleensä suunniteltu pienilatenssiseen audion prosessointiin /56/.

4.1.1 Piirisarjat

Valittaessa emolevyä audiokäyttöön, kaikkein tärkein huomioon otettava asia on piirisarja. Piirisarja huolehtii kaikesta datan siirtämisestä eri komponenttien välillä. Aina kun komponentin tarvitsee kommunikoida prosessorin tai toisen komponentin kanssa, kommunikointi tapahtuu piirisarjan kautta.

Piirisarja koostuu yleensä järjestelmäohjainpiiristä (Northbridge) ja oheislaitteohjainpiiristä (Southbridge), jotka hallinnoivat tietoliikennettä

prosessorin, keskusmuistin ja emolevyn muiden osien välillä. Piirisarjan tärkein tehtävä on siirtää dataa mahdollisimman nopeasti katkeamattomana virtana prosessorille. /1, s. 151/.

Alkuperäisessä IBM PC:ssä oli kymmeniä erillisiä piirejä suorittamassa nykyisten yhden tai kahden piirisarjan tehtäviä. Erillisten piirien muodostamat piirisarjat ohjasivat liikennettä väyliä pitkin ja mahdollistivat myös komponenttien välisen kommunikaation ilman, että datan tarvitsi kulkea prosessorin kautta.

Piirinvalmistustekniikan kehityksen myötä uudemmissa emolevyissä järjestelmäohjainpiiri ja oheislaiteohjainpiiri on saatu integroitua samalle sirulle. Tämä ainakin teoriassa nopeuttaa piirisarjojen toimintaa, kun kahden piirisarjan väliltä jää yksi toimintaa hidastava väylä pois. /35/.

Emolevyjen suorituskykyerot riippuvat pitkälti siitä, kuinka nopeasti ja kuinka suuren määrän tietoa piirisarja pystyy kuljettamaan eri komponenttien välillä. Piirisarjojen vaikutus tietokoneen suorituskykyyn vaihtelee muutamasta jopa pariinkymmeneen prosenttiin sovelluksesta riippuen. /1, s. 153/. Piirisarjan tehokkuuteen vaikuttavat eniten väylien kaistanleveydet ja muistiohjaimen nopeudet. Piirisarjan väylien kaistanleveydet, nopeudet ja rakenne vaikuttavat prosessorin ohella eniten tietokoneen kokonaissuorituskykyyn.

Piirisarjat vastaavat myös IRQ-keskeytyspyyntöjen toiminnasta ja määrästä /3, s. 219/. Keskeytyspyyntö on tietokoneessa olevien laitteiden tapa pyytää suorittimelta aikaa jonkin tehtävän suorittamiseen. Nykyisissä emolevyissä IRQ-keskeytysten määrää on laajennettu aiemmasta 16:sta 24:een. Tästä huolimatta emolevyiltä löytyy yleensä vain muutama laajennusväylä, joka ei jaa keskeytyskanavaa minkään toisen väylän kanssa. Äänikortti saattaa vaatia kunnolla toimiakseen jakamattoman IRQ-keskeytyskanavan.

Audiokäyttöön yhteensopimattomien piirisarjojen ongelmana on ollut, etteivät piirisarjat ole kyenneet kuljettamaan dataa tarpeeksi nopeasti ja jatkuvana virtana prosessorille, mistä johtuen prosessori on joutunut odottamaan useamman kellojakson ajan ”tyhjäkäynnillä”. Tästä aiheutuu helposti audiotoiiston kuultavissa oleva katkeaminen, joka ei ole hyväksyttävää missään tilanteessa. Syynä ongelmaan voi olla myös esim. näytönohjaimen tai verkkokortin itselleen varaama kaista PCI-väylässä, mikä ei suoraan ole piirisarjan ongelma. Aiemmin VIA:n piirisarjat olivat tunnettuja soveltumattomuudestaan audiokäyttöön. Ongelmat audiokäytössä ovat kuitenkin olleet täysin piirisarjakohtaisia muillakin valmistajilla, eikä niitä voi yleistää koskemaan minkään valmistajan koko tuotantoa. Silti on varmintä suosia vähiten ongelmia aiheuttaneita piirisarjavalmistajia. Audiotoiiston katkeiluun on olemassa muitakin syitä, joista yleisin lienee liian pienen puskurimuistiasetuksen käyttäminen äänikortin ajurin asetuksissa tavoiteltaessa mahdollisimman pientä latenssia.

Piirisarjavalmistajat valmistavat useita erilaisen suorituskyvyn tarjoavia piirisarjoja eri käyttötarkoituksiin. Suorituskykyerot perustuvat pääosin siihen, kuinka nopeasti ja tehokkaasti tieto siirtyy eri komponenttien välillä. Edullisempien emolevyjen piirisarjat tukevat usein vain yhtä muistikanaavaa, ja niissä käytetään usein hitaampaa väylänopeutta prosessorin ja järjestelmäohjainpiirin välissä. /1, s. 153-154/. Näistä syistä johtuen edullisempia emolevyjä ei yleensä suositella audiokäyttöön.

Emolevyn käyttämä piirisarja on kriittisin tekijä audiotyöaseman toimivuuden kannalta. Piirisarjavaihtoehtoja on lukemattomia eri valmistajilta, mutta läheskään kaikki piirisarjat eivät sovellu audiokäyttöön. Tarve alhaiselle latenssille ja kiintolevyjen, äänikorttien ja DSP-korttien korkeille datansiirtonopeuksille voivat tehdä yhdestä piirisarjasta joko täysin sopimattoman tai hyvin toimivan audiokäyttöön. Koska asiassa on yleensä kysymys kaikkien komponenttien välisestä yhteensopivuudesta, eikä vain komponenttien ja ohjelmistojen välisestä yhteensopivuudesta, on suositeltavaa tutustua äänikortti- ja audiolaitevalmistajien suosittelemiin piirisarjoihin. Valmistajat yleensä kertovat yhteensopivista ja vältettävistä piirisarjoista. Hyvin yhteensopivat komponentit ovat tärkein lähtökohta, jolle audiotyöaseman rakentaminen kannattaa perustaa.

Piirisarjavalmistajat

Intel on suurin piirisarjavalmistaja. Yhtiö valmistaa niin monia piirisarjoja, että malleista on vaikea pysyä ajan tasalla. Piirisarjat on jaettu sekä pöytäkoneille että kannettaville tarkoitettuihin Performance-, Mainstream- ja Value-luokkiin. /36/. Intelin piirisarjat ovat kaikkein luotettavimpia ja yhteensopivimpia audiokäytössä, koska niillä vieläkin ensisijaisesti testataan kaikki audiolaitteet.

AMD valmistaa myös piirisarjoja, joista merkittävin on Opteron-prosessoreille tarkoitettu AMD-8000-sarja. /36/.

NVIDIA on paremmin tunnettu näytönohjaimista ja videopiirisarjoista. Yritys valmistaa nykyisin erittäin suorituskykyisiä ja monipuolisia nForce-piirisarjoja AMD:n ja Intelin prosessoreille. /36/. NVIDIA:n valmistamissa nForce4-piirisarjoissa oli aluksi yhteensopivuusongelmia PCI Express -näytönohjainten kanssa yksityimisiä prosessoreja käyttävissä kokoonpanoissa. Ongelma on sittemmin korjattu. /57/.

ATI on toinen suurista näytönohjain- ja videopiirisarjavalmistajista. ATI:n emolevypiirisarjat tunnetaan CrossFire Express- ja Radeon Xpress-nimellä. ATI:n emolevypiirisarjojen on kritisoitu olevan suorituskyvyttömiä. /36/.

VIA Technologies ja Silicon Integrated Systems (SiS) ovat Taiwanilaisia piirisarjavalmistajia. VIA tutkii ja kehittää piirisarjoja muttei valmista niitä itse. VIA:n joitain piirisarjoja on kritisoitu yhteensopivuus- ja vakausongelmista, mutta ongelmat ovat koskeneet pääasiassa vain joitain

vanhoja piirisarjoja. /36/. Uudemmissa piirisarjoissa ongelmia on ollut vähemmän ja jotkut audiolaitteiden valmistajat suosittelevat tiettyjen VIAN piirisarjojen käyttöä /56/.

SiS:n piirisarjat ovat kärsineet huonosta maineesta suorituskyvyn ja yhteensopivuuden takia. Sittemmin SiS on kehittänyt piirisarjoistaan vakaampia, tosin monipuolisten ominaisuuksien kustannuksella. Ehkä huonosta maineesta johtuen SiS:n piirisarjat eivät ole löytäneet tietänsä audiotyöasemiin, vaikka SiS oli ensimmäisiä Intelin piirisarjoja lisensoineista emolevyvalmistajista. /36/.

4.1.2 Järjestelmäohjainpiiri

Järjestelmäohjainpiiri liikennöi suoraan prosessorin kanssa ja toimii ohjaimena keskusmuistille, näytönohjaimen AGP- (Accelerated Graphics Port) tai PCI Express-väylälle sekä PCI- (Peripheral Component Interconnect) oheislaiteväylälle. Oheislaiteohjainpiiri kytkeytyy järjestelmäohjainpiiriin ja ohjaa kaikkien oheislaitteiden tietoliikennettä. Piirisarja voi koostua myös yhdestä mikropiiristä, kuten nForce3-piirisarjassa. /1, s. 151-152/.

Intel on kutsunut aiemmin järjestelmäohjainpiiriä muistiohjainkeskukseksi (Memory Controller Hub, MCH), koska se on suoraan yhteydessä prosessoriin ja keskusmuistiin. Uudemmissa Intelin emolevyissä nimi on Graphics and Memory Controller Hub, GMCH /1, s. 152/. Muistiohjainkeskus kommunikoi tällöin prosessorin lisäksi myös näytönohjaimen kanssa. Järjestelmäohjainpiiri ei kuitenkaan aina sisällä muistiohjainta. AMD on sijoittanut muistiohjaimen prosessorin sisään uudempia prosessorikantoja käyttävissä prosessoreissaan. Näihin kuuluvat kannat 754, 939, 940 ja AM2. AMD:n ratkaisussa muistiohjain toimii samalla taajuudella prosessorin kanssa ja on näin hieman tehokkaampi kuin Intelin piirisarjoissa sijaitsevat muistiohjaimet. Ero ei tosin ole enää suuri Intelin Core-arkkitehtuurin muistiväylien kasvaneen väylänopeuden myötä. Silti AMD:n muistiohjaimen latenssi on rakenteellisesta ratkaisusta johtuen pienempi. Myös Intelillä on suunnitelmissa siirtyä tulevaisuudessa erillisen muistiohjaimen käytöstä prosessoriin integroituun muistiohjaimeen.

Järjestelmäohjainpiirillä on merkittävä vaikutus tietokoneen suorituskykyyn erityisesti paljon muistia vaativassa audiokäytössä, kuten virtuaali-instrumenttejä käytettäessä. AMD:n uusien prosessorien muistiohjainten sijainti prosessorin sisällä nopeuttaa muistiohjaimen toimintaa poistamalla yhden selvän pullonkaulan järjestelmäohjainpiiriin ja prosessorin välistä. Eri muistiohjainten suorituskykyerot näkyvät koko systeemin suorituskyvyssä, ei vain jossain yksittäisessä toiminnossa.

4.1.3 Oheislaiteohjainpiiri

Intel käyttää oheislaiteohjainpiiristä nimeä I/O Controller Hub (ICH), eli I/O-ohjainkeskus, koska se toimii siltana emolevyyn integroiduille ominaisuuksille ja ulkoisille liitännöille. Intelin mallissa PCI-ohjain on siirretty oheislaiteohjainpiiriin. Oheislaiteohjainpiiri ei kommunikoi suoraan prosessorin kanssa vaan järjestelmäohjainpiirin kautta.

Integroituihin ominaisuuksiin ja liitännöihin sisältyy usein:

- Kiintolevyliitännät (rinnakkais- ja sarja-ATA-portit)
- USB-portit
- IEEE1394-portti
- SATA-väylät ja -ohjaimet
- Integroitu audiopiiri
- Integroitu verkkokortti
- PCI-väylät
- PCI Express -väylät
- Real time -kello (RTC)
- CMOS-muisti
- RAID-ohjain
- BIOS

Oheislaiteohjainpiiri määrittää emolevyn tarjoamien liitännöiden määrän ja nopeuden, sekä emolevyyn integroidut ominaisuudet. Koska oheislaiteohjainpiiri ei kommunikoi suoraan prosessorin kanssa, kestää tiedon saanti oheislaitteilta prosessorille hieman pidempään riippuen laitteiden sijainnista. Tiedon haku keskusmuistista on suhteellisen nopeaa, koska prosessori on suorassa yhteydessä järjestelmäohjainpiiriin, joka kommunikoi keskusmuistin kanssa, ja koska niiden välillä käytetyt väylät ovat yleensä nopeita. Tiedon hakeminen kiintolevyiltä on sen sijaan paljon hitaampaa, koska pyyntö kulkee prosessorilta järjestelmäohjainpiirin kautta oheislaiteohjainpiirille ja sieltä ATA-väylän kautta kiintolevyille ja takaisin samaa reittiä. Esimerkiksi Intel 955x Express -piirisarjan järjestelmäohjainpiirin ja prosessorin välinen tiedonsiirtonopeus on 8 gigatavua sekunnissa, kun taas yhteys järjestelmäohjainpiirin ja oheislaiteohjainpiirin välillä on vain 2 Gt/s. /37/.

Riippumatta väylänopeuksista, kellotaajuudesta tai muistien nopeudesta, oheislaiteohjainpiirin sisäänmeno/ulostulojonon kapasiteetti määrittää pitkälti lisälaitteiden yhtäaikaisen suorituskyvyn. Mitä enemmän I/O-lohkoja (muisti, AGP, PCI jne.) piirisarja sisältää, sitä suurempi oheislaiteohjainpiirin I/O-jonon kapasiteetin pitäisi olla, että datan siirrossa välttyttäisiin viiveiltä. Viive aiheutuu samanaikaisten datansiirtojen tukkiessa väylää toisiltaan, mikäli I/O-jono ei pysty jaksottamaan näitä datansiirtoja. /56/.

4.1.4 Väylät

Muistiväylä

Muistiväylä on emolevyn tärkein tiedonsiirtoväylä. Se toimii väylänä prosessori ja keskusmuistin välillä. Väylää käyttää pääasiassa prosessori kuljettaessaan dataa itsensä ja keskusmuistin sekä järjestelmäohjainpiiriin välillä. Intelin rakennemallissa reitti kulkee prosessorilta Front Side Bus – väylää pitkin järjestelmäohjainpiirille ja siitä muistiväylää pitkin keskusmuistille. AMD toi Athlon 64 –prosessorien myötä markkinoille prosessoriin integroidun muistiohjaimen, joka toimii käytännössä nopeammin kuin Intelin rakennemalli. Intelin vastaus tähän oli kaksikanavaiset DDR-muistit (Double Data Rate = Kaksinkertainen tiedonsiirtotaajuus). Esim. useimpien Pentium 4 -prosessorien FSB-väylän kellotaajuus on 200 MHz. Koska data kulkee väylässä neljä kertaa kellopulssin aikana, Intel kutsuu väylätekniikkaa FSB800-nimellä. Väylän tiedonsiirtonopeus on 6,4 Gt/s. /3, s. 244 ja 432/.

Piirisarjojen väliset väylät

Hub Interface -väylä yhdistää Intelin vanhemmissa emolevyissä MCH- ja ICH-arkkitehtuurit toisiinsa. Hub Interfacen kaistanleveys on nelinkertaisella 66 MHz väylänopeudella ja 8-bittisellä väylällä 266 Mt/s. /2, s. 339/. Uusimmat Intelin 9xx-piirisarjat käyttävät nopeampaa DMI-linkkiä (Direct Media Interface) piirisarjojen välissä. DMI tarjoaa 2 Gt/s tiedonsiirtonopeuden. Muut piirisarjavalmistajat käyttävät mm. HyperTransport- (800 Mt/s) ja Ultra V-link-väyliä (1 Gt/s) piirisarjojen välillä /2, s. 246-247/.

Piirisarjojen välisellä nopeudella on merkitystä audiokäytössä, koska mm. audiotiedostojen korkeammat näytteenottotaajuudet moninkertaistavat oheislaitteohjainpiiriltä järjestelmäohjainpiirille ja takaisin kulkevan datamäärän. Vanhemmat väyläratkaisut saattavat siten olla pullonkaulana tehokkaalle tiedonsiirrolle.

AGP

AGP on poistumassa oleva 32-bittinen väylätyyppi näytönohjaimille. Se käyttää rinnakkaista tiedonsiirtoa. Väylän eri kertoimet vaikuttavat kaistanleveyteen maksimitiedonsiirron ollessa 2133 Mt/s 533MHz nopeudella. Väylä käyttää seuraavia kertoimia:

- 1x – 66 MHz
- 2x – 133 MHz
- 4x – 266MHz
- 8x – 533 MHz /2, s. 339/.

Uusissa emolevyissä on jo lähes poikkeuksetta PCI Express-väylä AGP-väylän tilalla.

PCI

PCI-väylä on vielä yleisin lisäkorttiväylä, mutta tilanne on muuttumassa. PCI-väyläpaikkoja on emolevyillä yleensä ollut neljästä kuuteen kappaletta, mutta nykyisin PCI-väylät on korvattu osin tai kokonaan PCI Express -väylillä. PCI-väylä käyttää rinnakkaista tiedonsiirtoa. Järjestelmäohjainpiiri tai I/O-ohjainkeskus (ICH) ohjaa PCI-väylän toimintaa. /2, s. 339/.

PCI-väylän kellotaajuus on 33,3 MHz tai 66,6 MHz ja rakenne voi olla 32- tai 64-bittinen. 33,3 MHz taajuutta ja 32 bitin rakennetta käytetään lähes jokaisessa nykyisessä mikrotietokoneessa, jossa on vielä PCI-väylä. Poikkeuksena ovat lähinnä vain palvelinmikrojen emolevyt, joissa usein on myös 66,6 MHz 64-bittiset väylät. Maksimi tiedonsiirtonopeus 33 MHz taajuudella ja 32-bittisellä väylällä on 133,3 Mt/s. 66,6 MHz taajuudella ja 64-bittisenä PCI mahdollistaa 533,3 Mt/s tiedonsiirtonopeuden, joka on sama kuin AGP-väylän 2x-tilan nopeus. /2, s. 339/.

PCI Express -väylä tulee korvaamaan PCI-väylän tehokkaammalla sarjamuotoisella tiedonsiirrolla. Vielä toistaiseksi monista uusista emolevyistä löytyy PCI-paikkoja, koska erilaisia PCI-kortteja on paljon käytössä.

PCI Express

PCI Express -väylä alkoi yleistyä vuoden 2004 alussa. PCI Express on kehitetty PCI-väylän pohjalta ja sen on tarkoitus korvata AGP- ja PCI-väylät. Suurin syy PCI Express-väylän kehittämiseen on ollut PCI- ja AGP-väylien riittämätön tiedonsiirtokapasiteetti. PCI Express-väylä käyttää suurempiin tiedonsiirtotarpeisiin skaalautuvaa sarjamuotoista tiedonsiirtoa toisin kuin AGP- ja PCI-väylät.

PCI Express -väylän liittimiä on tällä hetkellä neljää eri tyyppiä, jotka tukevat seuraavia tiedonsiirtonopeuksia:

1X: 250 Mt/s
4X: 1000 Mt/s
8X: 2000 Mt/s
16X: 4000 Mt/s /3/.

PATA

Rinnakkainen ATA (Parallel AT Attachment, PATA) on pitkään ollut käytetyin väylä tietokoneen sisäisille liitännöille, kuten kiintolevyille ja optisille asemille. Uusin PATA-versio tukee 133 Mt/s tiedonsiirtonopeutta. PATA-väylä on korvautumassa SATA-väylällä (Sarja-ATA, Serial AT Attachment). Uusissa emolevyissä on usein vain yksi PATA-väylä, jota kannattaa käyttää lähinnä CD- ja DVD-asemille. /58/.

SATA

Sarja-ATA (SATA) on seuraavan sukupolven sisäinen väylä ja liitäntä, joka korvaa rinnakkaisen ATA-väylän. SATA-arkkitehtuuri on suunniteltu selviämään rajoitteista, jotka rajoittivat PATA-väylän nopeuden kasvattamista. SATA-väylän ensimmäinen versio tukee teoriassa 1,5 Gt/s tiedonsiirtonopeutta, mutta käytännössä siirtonopeus on 150 Mt/s johtuen väylän käyttämästä tiedon koodaamistavasta. SATA II –versio tukee teoriassa 3 Gt/s nopeutta, mutta käytännössä tiedonsiirto tapahtuu maksimissaan 300 Mt/s. Tulossa oleva SATA 3.0-versio tukee käytännössä maksimissaan 600 Mt/s nopeutta. /58/.

IEEE1394

IEEE1394, jota Apple kutsuu FireWire-nimellä, on kehitetty nopeaan tiedonsiirtoon. Väylästä on käytössä kahta eri nopeutta tällä hetkellä. FireWire 400-väylä pystyy siirtämään tietoa laitteiden välillä teoriassa 100, 200 tai 400 Mbit/s. Käytännössä siirtonopeudet jäävät n. 98, 196 ja 393 megabittiin sekunnissa. Näitä siirtomoodeja kutsutaan S100, S200 ja S400 –nimillä. Vaikka USB 2.0 on teoreettisesti nopeampi 480 Mbit/s siirtonopeudellaan, testit osoittavat että sen siirtonopeus on käytännössä yhdellä laitteella n. 55 Mt/s. Tämä johtuu luultavasti USB-väylän palvelintekniikasta. /61/

IEEE1394b eli FireWire 800 julkaistiin vuonna 2003. Väylän nopeus on teoriassa 800 Mbit/s. Siirtomoodia kutsutaan S800-nimellä ja se toimii n. 786 Mbit/s siirtonopeudella. FireWire 800 –väylän liittimet eivät ole yhteensopivia FireWire 400 –väylän porttien kanssa. Toisin kuin USB 2.0-väylä, jossa nopeus voi muuttua jokaisessa haarakohdassa, IEEE1394-laitteet IEEE1394b-väylässä pudottaa kaikkien laitteiden nopeudet IEEE1394-standardin nopeudelle. IEEE1394b mahdollistaa siirtonopeuden, joka on noin 3,2 Gbit/s. /60/.

USB

USB tukee kolmea tiedonsiirtonopeutta:

USB 1.0: 1,2 Mbit/s

USB 1.1: 12 Mbit/s

USB 2.0: 480 Mbit/s

USB 2.0-väylän 480 Mbit/s tiedonsiirtonopeus on teoriassa suurempi kuin IEEE1394-väylän käytännön nopeus 393 Mbit/s. Tämä johtuu siitä, että IEEE1394-väylässä olevat laitteet joutuvat toimimaan peräkkäin kytkettynä. Yksittäinen IEEE1394-väyläinen laite voi saavuttaa n. 41 Mt/s nopeuden kun taas yksittäisen USB 2.0-laitteen siirtonopeus voi olla n. 55 Mt/s. Monen laitteen yhdistelmässä IEEE1394-laitteiden siirtonopeudet häviävät huomattavasti USB:lle. USB suunniteltiin yksinkertaiseksi ja edulliseksi väyläksi, kun taas IEEE1394 suunniteltiin tarjoamaan korkea siirtonopeus etenkin audion ja videon siirtoon. /60/.

4.1.5 Valintakriteerit

Emolevyn vaikutus suorituskykyyn itsessään ei ole kovin merkittävä vertailtaessa samaa piirisarjaa käyttäviä emolevyjä keskenään. Eri piirisarjojen välillä on kuitenkin merkittäviä eroja etenkin väylänopeuksissa ja muistiohjaimessa. Piirisarja on perusteltua valita ensin. Piirisarjan yhteensopivuus ja tiedonsiirtonopeudet nousevat emolevyn merkittävimmiksi valintaperusteiksi. Suuri merkitys on myös sillä, että emolevy määrittelee yhteensopivien komponenttien tyypit. Emolevyn valinta on myös helpompaa piirisarjan valinnan jälkeen, jolloin tärkeimmiksi valintaperusteiksi itse emolevylle nousevat laatu, emolevyn tuetut väylätyypit sekä liitäntöjen määrät.

Yhteensopivuus

- **Emolevytyyppi:** Emolevyn tyyppi määrää virtalähteen ja kotelon tyypin. Vaihtoehtoja audiotyöaseman emolevyiksi ovat lähinnä ATX-standardin mukaiset täysikokoiset emolevyt. /46/.
- **Piirisarja:** Emolevytyypin jälkeen piirisarja on merkittävin erottava tekijä eri emolevyjen välillä. Piirisarja määrittelee yhteensopivat prosessorityypit, muistityypit ja oheislaitteet. /46/.
- **Prossessorituki:** Prossessorituki riippuu mm. väylänopeudesta, kertoimen asetuksista, jännitetasoista ja yhteensopivuudesta BIOS:n kanssa. Prossessorituki ilmoitetaan yleensä vain prossessorikannan nimellä, mikä ei aina varmista suoraa yhteensopivuutta juuri kyseisen prossessorimallin kanssa. BIOS-päivitykset voivat olla tarpeen ensin toisen prossessorin avulla. /46/.
- **Näytönohjaintuki:** Näytönohjaimelle voi olla oma liitäntäkanta emolevyllä tai se voi olla integroituna emolevylle. Integroituja näytönohjaimia ei suositella audiokäyttöön niiden käyttämän keskusmuistin jakamisen vuoksi. Uudet emolevyt tukevat pääasiassa PCI Express-väyläisiä näytönohjaimia. /46/.
- **Muistityyppi:** Emolevyjen muistipaikkojen määrä ja tyyppi vaihtelevat, kuten myös tuettujen muistikampojen koot. Läheskään kaikki emolevyt eivät käytännössä tue ilmoitettua muistin teoreettista maksimimäärää. Emolevyjen muistiväylän nopeudet vaihtelevat, ja ne riippuvat myös prossessorista ja piirisarjasta. /46/.
- **Laajennusväylien tyypit ja määrät:** Emolevyt eroavat toisistaan merkittävästi laajennusväylien määrän suhteen. Audiokäytössä etenkin PCI-, IEEE1394- ja USB-väyliä tarvitaan mm. ääni- ja DSP-korteille, sekä MIDI-laitteille. /46/.

Suorituskyky ja kapasiteetti:

- **IDE/ATA/SATA-ohjain:** Kiintolevyjen ja muiden IDE/ATA/SATA-yhteensopivien laitteiden tuki on yleensä aina sisäänrakennettuna piirisarjassa. Toiset piirisarjat tukevat nopeampia tiedonsiirtonopeuksia kuin toiset. /46/.
- **RAID:** Hyvin varustelluissa emolevyissä on ohjelmistopohjainen RAID-tuki integroituna kiintolevyohjaimiin. Audiokäytössä tietyt RAID-yhdistelmät ovat hyödyksi, koska ne lisäävät luku- ja kirjoitusnopeutta ja helpottavat varmuuskopiointia. /46/.
- **Moniprosessorituki:** Osa emolevyistä tukee kahden erillisen prosessorin käyttöä. On selvästi edullisempaa hankkia tuplaydinprosessoreja tukeva emolevy, koska tuplaydinprosessorien suorituskyvyssä ei ole suurta eroa tuplaprosessorikokoonpanoihin verrattuna. /46/.
- **Muistikapasiteetti:** Muistipaikkojen määrä ja yhden muistikannan tukema muistin maksimimäärä vaihtelevat. Emolevyllä on hyvä olla neljä muistikantaa, jotka tukevat kaksoiskanavan käyttöä. /46/.
- **Liitännät:** Audiokäytössä merkitystä on lähinnä liitäntäväylien määrällä ja nopeuksilla. /46/.

Laatu

- **Vakaus ja luotettavuus:** Vakaus ja luotettavuus ovat erittäin tärkeitä audiokäytössä. Emolevyn piirisarja ja ajurit, sekä BIOS-versio vaikuttavat eniten näihin. Suositeltavaa on käyttää audiokäytössä testattuja ja hyväksi havaittuja emolevyjä. /46/.
- **Suunnittelu:** Emolevyn osien sijoittelu piirilevyille vaihtelee huomattavasti eri mallien ja merkkien välillä. Väljempi sijoittelu helpottaa komponenttien asentamista ja vähentää häiriöitä komponenttien välillä. Prosessorikannan ympäristön ahtaus saattaa estää halkaisijaltaan suurempien prosessorijäähdyttimien asentamisen. /46/.
- **ECC-muistin tuki:** Parhaan luotettavuuden ja vakauden saavuttaa muisteilla, jotka tukevat ECC-virheenkorjausta. Emolevyn pitää tukea ECC:tä, jotta ominaisuutta voi hyödyntää. ECC-muistikammat ovat huomattavasti kalliimpia ja niiden suorituskyky kärsii hieman virheenkorjauksesta. /46/. Serveriemolevyt vaativat yleensä ECC-tukea muistikammoilta, mikä kannattaa ottaa huomioon emolevyä valitessa.
- **Integroidut komponentit:** Useimmat emolevyt sisältävät vähintään integroidun äänikortin ja verkkokortin ja joissain tulee mukana myös RAID-ohjain. Integroidut osat eivät vastaa laadultaan

erillisiä komponentteja. Jos esim. integroitu näytönohjain hajoaa, eikä emolevyllä ole paikkaa erilliselle näytönohjaimelle, koko emolevyn voi joutua vaihtamaan. /46/.

- **Mahdollisuus kytkeä lisälaitteita pois:** Integroidut ominaisuudet on hyvä saada kytkettyä pois päältä BIOS:ssa, koska ne varaavat IRQ-keskeytiskanavia. Esim. integroitu äänikortti voi häiritä varsinaisen äänikortin toimintaa. /46/.
- **Valmistajan merkitys:** Audiokäytössä emolevyn valmistajan merkitys on erittäin suuri. Valmistajien teknisellä tuella ja päivityksien julkaisuutiheydellä on merkitystä. Suurin osa isojen valmistajien emolevyistä on laadukkaita, mutta toisinaan audiokäytössä esiintyy ongelmia edullisimpien emolevyjen kohdalla. /46/.
- **Ajurituki:** Emolevyt tarvitsevat aina uusimmat ajurit. Piirisarjavalmistaja yleensä tarjoaa emolevyn tarvitsemat käyttöjärjestelmäajurit. /46/.
- **Erityiset seikat:** Yleensä on hyvä välttää minkä tahansa uuden emolevymallin ensimmäisiä versioita pysyäkseen erossa mahdollisista ongelmista, joita uusiin teknologioihin usein liittyy. Tämä koskee erityisesti uusia piirisarjoja, prosessoreja ja muistiteknologiaa. /46/.

4.2 Prosessorit

Prossessori vaikuttaa kaikista komponenteista eniten audiotyöaseman suorituskykyyn ja tehokkuuteen. Prossessorin tehokkuus liukulukulaskennassa ja moniajossa, välimuistien ja rekisterien koot sekä alhainen lämmöntuotto ovat hyvin oleellisia audiokäytön kannalta. Prossessorin suorituskykyyn vaikuttaa yleisellä tasolla eniten prosessoriarkkitehtuuri. Prossessoriarkkitehtuuri voi olla joko 32- tai 64-bittistä käskykantaan tukeva. 64-bittisyyden edut ovat kuitenkin merkittäviä audiokäytössä. Lähes kaikki AMD:n ja Intelin uudet prosessorimallit tukevat 64-bittistä käskykanta-arkkitehtuuria ollen silti yhteensopivia myös 32-bittisten ohjelmien kanssa.

x86-64-arkkitehtuuri tarkoittaa 64-bittisiä AMD64- ja Intel EM64T-käskykantalajennoksia 32-bittiseen x86-arkkitehtuuriin. Arkkitehtuuri laajentaa tuetun muistin määrän lisäksi yleiskäyttöisten rekisterien määrän kahdeksasta kuuteentoista. Rekisterien syvyys kasvaa samalla 64-bittiin. Yleiskäyttöisten rekisterien lisäksi x86-64-arkkitehtuuri sisältää kahdeksan laajennettua 128-bittistä XMM-rekisteriä liukuluku- ja SSE/SSE2-käskyille /62/. Nämä rekisterit aikaansaavat suurimman osan 64-bittisten prosessorien suorituskyvyn kasvusta audiokäytössä. Saavutettava hyöty riippuu myös ohjelman rekisterien käyttötarpeesta sekä ohjelmakoodin monimutkaisuudesta. Laskentapainotteiset ohjelmat, joissa

on paljon sisäkkäisiä looppeja, käyttävät enemmän rekistereitä kuin yksinkertaisia algoritmeja käyttävät ohjelmat, joiden ohjelmakoodin suoritus etenee hyvin lineaarisesti. Saavutettava hyöty riippuu siis käytettävästä ohjelmasta ja tehtävän tyypistä.

Prossessorin valmistustekniikka vaikuttaa suoraan prosessorin tuottaman lämmön määrään. Mitä pienempiä transistorit ovat, sitä vähemmän prosessori tuottaa lämpöä ja sitä pienempi myös virrankulutus on. Tämän myötä myös lämmöntuotto vähenee, vaikka se keskittyykin yhä pienemmälle alalle prosessorisiruissa.

Prossessoreiden ytimiä valmistetaan erikokoisilla viivanleveyksillä. Viivanleveydellä tarkoitetaan prosessorin sisäisten kytkentöjen välistä leveyttä. Pienempi viivanleveys mahdollistaa myös prosessorin kellotaajuuden nostamisen aiempaa helpommin. Lisäksi pienempi viivanleveys laskee prosessorien valmistuskustannuksia, kun ytimien koot pienenevät ja piikiekoille mahtuu enemmän ytimiä. Tämä merkitsee myös prosessorien hintojen laskua.

Tällä hetkellä prosessorien yleisin viivanleveys on 90 nanometriä. Intel on kuitenkin jo siirtynyt 65 nm:n valmistustekniikkaan. Pienemmällä viivanleveydellä on haittapuolena lämmön keskittyminen yhä pienemmälle alueelle prosessorin ytimeen. Lämmön poistamiseen on kehitetty integroitu lämmönlevitin (Integrated Heat Spreader, IHS).

4.2.1 Väylät

Prossessorit voidaan luokitella niiden sisältämien rekisterien leveyden tai kellotaajuuden mukaan. Rekisterien ja väylien leveyden perusteella luokittelu on hankalampaa, koska leveys koskee prosessoriväylää, osoiteväylää ja sisäisiä rekistereitä. /2, s. 41/.

Väylä tarkoittaa tietyn määrän johtimia sisältävää linjaa, jossa tieto kulkee. Väylän leveys ja nopeus vaikuttavat suoraan prosessorin tehokkuuteen ja ominaisuuksiin. Jos väylän leveys on esimerkiksi 8 bittiä, se tarkoittaa kahdeksaa rinnakkaista johdinta. 8-bittisellä väylällä saadaan siirrettyä yksi tavu kerrallaan. Mitä leveämpi väylä on, sitä enemmän tietoa saadaan siirrettyä kerralla. Väylän leveys ja kellotaajuus määrittävät väylän kaistanleveyden. /2, s. 338-339/.

Prossessoriväylä

Prossessoriväylällä on monta nimeä. Järjestelmäväylä, systeemiväylä ja Front-Side-Bus tarkoittavat kaikki prosessorin ja järjestelmäohjainpiirin välistä väylää. Kuvaavin termi lienee kuitenkin prosessoriväylä. Kaikissa uusissa prosessoreissa on 64-bittinen prosessoriväylä, mikä ei tarkoita että kaikki prosessorit olisivat 64-bittisiä. Prosessoriväylän nopeus ja leveys ovat tärkeimpiä prosessorin ominaisuuksia. Väylä määrittää, kuinka nopeasti tietoa saadaan siirrettyä prosessoriin ja prosessorista ulos.

Useimmat nykyiset prosessorit pystyvät siirtämään dataa 64 bittiä (8 tavua) kerrallaan. /2, s. 41, 46/.

Prossessoriväylä huolehtii kaikesta järjestelmäohjainpiirin ja prosessorin välisestä liikenteestä. Väylän kellotaajuus ja leveys vaikuttavat siihen paljonko dataa siirtyy väylän läpi sekunnissa. Prosessori- ja muistiväylät voivat käyttää samaa kellotaajuutta. Kaikilla prosessorimalleilla on omat määrätyt väylätaajuutensa. /3, s. 242/.

Intelin prosessoriväylä muodostuu pullonkaulaksi etenkin käytettäessä tuplaydin- tai tuplaprosessorijärjestelmää. Intelin mallissa molemmat prosessorit tai prosessoriytimet jakavat saman prosessoriväylän, muistiväylän ja sisäänmeno/ulostulo-väylät. Tämä merkitsee käytännössä suurempaa latenssia piirisarjan ja prosessorin välisessä tiedonsiirrossa. /8/.

TAULUKKO 4 *Esimerkkejä eri prosessoriväylien kellotaajuuksista (MHz), väylätyypeistä ja kaistanleveyksien eroista /70/.*

Prossessori	Kellotaajuus	Väylätyyppi	Kaistanleveys (Mt/s)
Xeon (Woodcrest)	266/333	DIB	17066/21333
Intel Core 2	200/266	AGTL+	6400/8533
Athlon 64/FX/Opteron	600/800/1000	HyperTransport	7500/12800/14400
Pentium D	133/200	AGTL+	4266/6400
PowerPC 970 (Mac G5)	450/500/625	Elastic	7200/8000/10000
Athlon XP	133/166/200	EV6	2133/2666/3200

Eri järjestelmäväylien tiedonsiirtokyky yhden kellojakson aikana vaihtelee. Intel Pentium 4-, M-, D- ja EE-prosessorit sekä Xeon-, Core- ja Core 2 -prosessorit käyttävät järjestelmäväylää, joka siirtää tietoa neljä kertaa kellojakson aikana. AMD Athlon- ja Athlon XP- sekä PowerPC 970 -prosessorit käyttävät järjestelmäväylää, joka siirtää tietoa kaksi kertaa kellojakson aikana. AMD Athlon 64-, FX- ja Opteron -prosessoreilla muistiohjain sijaitsee prosessorisrulla, mikä korvaa perinteisen järjestelmäväylän. Taulukossa annetut arvot koskevat HyperTransport-väylää ja muistin kaistanleveyttä. /70/.

Osoiteväylä

Osoiteväylällä (Address Bus) ei siirretä tietoa, vaan sen avulla muodostetaan osoitteet jokaiseen käytettävissä olevaan muistisoluuun. Sen avulla osoitetaan se kohta muistiavaruudesta, johon luku- tai kirjoitusoperaatio kohdistuu. Osoiteväylä määrää muistin suurimman mahdollisen koon sekä muistiosoitteet. Osoiteväylän leveys määrittelee prosessorin muistiavaruuden koon: mitä leveämpi väylä on, sitä enemmän eri osoitteita voidaan muodostaa. Myös emolevyn rakenne voi rajoittaa käytettävissä olevaa muistimäärää. /2, s. 47-48/.

Koska prosessoriväylä ja osoiteväylä ovat erillisiä, voidaan kummassakin käyttää eri bittisyyttä. Molempien väylien bittisyys kertoo prosessorin suhteellisesta suorituskyvystä. Prosessoriväylän leveys kertoo

tiedonsiirtokapasiteetista ja osoiteväylän koko vastaavasti siitä kuinka suurta muistimäärää prosessori pystyy käsittelemään. /2, s.48/.

Rekisteriväylä

Rekisteriväylä (Internal Data Bus) määrittää, kuinka paljon tietoa voi siirtyä kerrallaan prosessorin osasta toiseen. Pentium-prosessorin rekisteriväylän leveys on joko 32- tai 64-bittiä riippuen mallista. Rekisteriväylänkään leveys ei kerro prosessorin bittisyyttä, vaan sen kertoo prosessorin sisäisten rekisterien leveys. /2, s. 48-49/

4.2.2 Rekisterit

Prossessorin sisäiset rekisterit koostuvat pienestä määrästä erittäin nopeata muistia. Rekistereitä käytetään nopeuttamaan prosessorien toimintaa, koska ne tarjoavat prosessorille nopean pääsyn useimmin käytettyihin tietoihin. Useimmat nykyiset tietokonearkkitehtuurit toimivat siirtämällä dataa ensin keskusmuistista rekistereihin, joista prosessori noutaa tarvitsemansa arvot käsittelyyn. Käsittelyn jälkeen tulokset palautetaan rekistereihin ja siirretään edelleen takaisin keskusmuistiin. Rekistereitä kuvaillaan yleensä niiden sisältämän bittimäärän mukaan 32-bittisiksi tai 64-bittisiksi rekistereiksi. /50/. Rekisterin koko määrittää myös kerralla käsiteltävän datan koon.

Rekisterit luokitellaan niiden sisällön mukaan seuraaviin luokkiin:

- Datarekistereitä käytetään tallentamaan kokonaislukuja.
- Osoiterekisterit pitävät muistissaan muistiosoitteita ja niitä käytetään oikean muistipaikan osoittamiseen.
- Yleiskäyttöiset rekisterit (General Purpose Register, GPR) voivat tallentaa sekä dataa että osoitteita.
- Liukulukurekistereitä (FPR) käytetään tallentamaan liukulukuja.
- Vakiorrekisterit sisältävät vain lukumuodossa olevia arvoja
- Vektorirekisterit sisältävät datan SIMD-käskyillä prosessoitaville vektoreille.
- Erityiskäyttöiset rekisterit pitävät muistissaan ohjelman tilan. Esim. käskyrekisterit tallentavat viimeksi käytetyn käskyn, ja hakemisto/osoitinrekistereitä käytetään operandien osoitteiden muuttamiseen ohjelman suorituksen aikana. /50/.

4.2.3 Välimuistit

Prossessoriteknologiassa tapahtuneen kehityksen myötä prosessorit pystyvät käsittelemään paljon enemmän tietoa kuin mitä muistijärjestelmä pystyy tarjoamaan. Ongelmana on se, että prosessorien kellojaksot ovat lyhentyneet muistien ja väylien kellojaksoja nopeammin. Näin ollen aika, jonka prosessori joutuu odottamaan ennen kuin keskusmuisti saa täytettyä prosessorin pyynnön, on kasvanut. Prosessorien kellotaajuuksien

kasvaessa muisti jää yhä kauemmas jälkeen kellotaajuuksissa mitattuna. /33/.

Välimuistien ideana on toimia erittäin nopeana tallennuspaikkana usein tarvittuun datalle, josta prosessori saa tarvitsemansa tiedon niin nopeasti kuin mahdollista. Yleensä suurempi määrä välimuistia on parempi suorituskyvyn kannalta, mutta ei aina. Ongelmaksi voi muodostua se, että prosessori tarkistaa aina koko laajan välimuistin sisällön ennen keskusmuistin tarkistamista, mikä hidastaa prosessorin toimintaa. /9/.

Välimuistista prosessori noutaa useimmin tarvittavat tiedot nopeammin kuin hitaammasta keskusmuistista. Tämä nopeuttaa prosessorin toimintaa. Prosessoreissa on yleensä vähintään kaksi eri välimuistia, L1 ja L2, mutta joillain emolevyillä on lisäksi vielä L3-tason välimuisti. L1 on pienin ja nopein välimuisti. Se sijaitsee prosessorisirussa toimien prosessorin kanssa samalla kellotaajuudella. L2 on suurempi ja hitaampi välimuisti. Se voi sijaita joko prosessorisirussa tai sen ulkopuolella samassa kotelossa. L2-välimuistin kellotaajuus voi olla sama tai pienempi kuin prosessorin. Välimuistien koot ja nopeudet vaikuttavat huomattavasti prosessorin suorituskykyyn. /3, s. 53-54/

Moniydinprosessoreissa käytetään kahta L1- ja L2-välimuistia. Intelin Core-mikroarkkitehtuuriin pohjautuvissa prosessoreissa käytetään Advanced Smart Cache -teknologiaa. Teknologia mahdollistaa sen, että L2-välimuistin koko voidaan määrittellä kummankin ytimen käyttöasteen mukaan. Toisin sanoen ytimelle, joka on enemmän rasituksessa, annetaan suurempi määrä välimuistia, kun taas vähemmän rasituksessa olevalle ytimelle välimuistia annetaan vähemmän. /59/.

Välimuistihierarkia

Prossessorin kannalta L1-välimuisti on nopein tiedon tallennuspaikka. Siksi se on hyvä varasto seuraavaksi todennäköisesti tarvittavalle koodille ja datalle. L1-välimuistin nopeus johtuu siitä, että se on valmistettu nopeimmasta ja kalleimmasta staattisesta RAM-muistista (SRAM). /33/.

Useimmissa nykyisissä prosessoreissa L1-välimuisti on sijoitettu samalle piisirulle prosessorin kanssa. Etuna on pienen etäisyyden myötä kasvanut nopeus muistista prosessoriin päin. Haittapuolena on se, että keskusmuisti on sijoittelun myötä kauempana välimuistista. Esim. jos tarvittavaa tietoa ei ole L1-välimuistissa, kestää tiedon hakeminen keskusmuistista kauemmin. /33/.

L2-välimuisti sisältää yleensä samat tiedot kuin L1-välimuistinkin. Jokaisella välimuistitasolla oleva tieto tavallisesti tallennetaan myös seuraavalle alemmalle tasolle, jolloin L1-tason sisältö löytyy L2-tason välimuistista ja L2-välimuistin sisältö taas keskusmuistista. Keskusmuistin sisältö taas löytyy sivutustiedostosta. /33/.

TAULUKKO 5 *Muistihierarkian periaatteelliset nopeuserot ja tyypilliset koot /33/.*

Muistitaso	Hakuaika	Tyypillinen koko
Rekisterit	1-3 ns	1 Kt
L1-välimuisti	2-8 ns	8 Kt – 128 Kt
L2-välimuisti	5-12 ns	0.5 Mt – 4 Mt
Keskusmuisti	10-60 ns	256 Mt – 2 Gt
Kiintolevy	3000000-10000000 ns	60 Gt – 500 Gt

Monipuoliset ja isommat ohjelmat tarvitsevat usein enemmän välimuistia kerätäkseen sinne useimmin tarvittavat koodin osat. Jos välimuisti on liian pieni, eivät useimmin käytettävät ohjelman toiminnot mahdu välimuistiin, jolloin niiden hakeminen keskusmuistista kestää kauemmin. /33/.

Esimerkiksi yksinkertainen kuvankäsittelyohjelmassa tapahtuva filttäminen, joka muuntaa kuvan negatiiviksi, tapahtuu niin, että yksi pieni ohjelmakoodi suorittaa pikselien kääntämisen pikseli kerrallaan alkaen kuvan vasemmasta yläkulmasta päätyen oikeaan alakulmaan. Koodi on vain pieni looppi, joka toistetaan jokaisen pikselin kohdalla. Se on myös esimerkki koodista, jota toistetaan uudestaan ja uudestaan. Useimmat audion editointiprosessit tapahtuvat samalla periaatteella. Myös mediaohjelmat, pelit ja simulaatiot käyttävät koodissaan paljon pieniä toistorakenteita, jotka käyvät läpi suuria määriä dataa. Tällaisilla ohjelmilla on hyvä ajallinen paikallisuus (Temporal Locality) ohjelmakoodille mutta erittäin huono datalle. /33/.

Esimerkiksi MP3-audiotiedosto soitetään tavallisesti kerran läpi eikä mitään sen osaa toisteta uudestaan. Tällaisessa tapauksessa on turhaa tallentaa audiotiedoston dataa välimuistiin, koska data vain käy väliaikaisesti välimuistissa ennen prosessorille menoa. Kun ohjelma täyttää välimuistia datalla jota ei tarvitse varastoida, tilannetta kutsutaan välimuistin saastuttamiseksi. Mediaohjelmat ja pelit ovat pahimpia välimuistin saastuttajia. /33/.

Välimuistin käyttötavat koodille ja datalle ovat usein hyvin erilaiset saman ohjelman sisällä. Mediaohjelmien huono paikallisuus datalle on saanut välimuistien suunnittelijat jakamaan L1-välimuistin kahteen osaan sekä koodille että datalle. Ensimmäistä kutsutaan käskyvälimuistiksi ja jälkimmäistä datavälimuistiksi. Jaetulla rakenteella saavutetaan merkittävä suorituskyvyn parannus mediaohjelmissa. /33/.

4.2.4 Kellotaajuus

Prossessorin kellotaajuus kuvaa kuinka monta miljoonaa (MHz) tai miljardia (GHz) tilan vaihdosta sekunnissa prosessori pystyy suorittamaan. Aiemmin tilan vaihdokset merkitsivät suoraan suoritettavien operaatioiden määrää, mutta nykyiset prosessorit osaavat suorittaa jopa neljää käskyä yhtäaikaan. Erilaisten prosessorien suorituskyky saattaa vaihdella huomattavasti, vaikka prosessorien kellotaajuus olisikin sama. Avainasia on prosessorin tehokkuus. Kellotaajuus ei siis enää kuvaa prosessorin suorituskykyä kuten aiemmin. Prosessorien kellotaajuuksia ei voi myöskään verrata saman valmistajan eri prosessoriperheiden välillä, eikä Intelin ja AMD:n välillä. Koska korkeampi kellotaajuus ei takaa parempaa suorituskykyä eri prosessorimallien välillä, kannattaa keskittyä enemmän prosessorin tehokkuuteen. Tehokkuus riippuu mm. bittisyydestä, rekisterien määrästä ja yhtäaikaisten käskyjen käsittelyn määrästä - eli yleisesti ottaen prosessoriarkkitehtuurista.

Suorituskykyerot johtuvat mm. prosessorien eri pituisista liukuhihnoista ja siitä, kuinka montaa eri käskyä prosessori pystyy käsittelemään yhtäaikaan yhden kellojakson aikana.

Prossessorien lämmöntuottoon vaikuttavat mm. kellotaajuus ja käytetty valmistustekniikka. Mitä suurempi kellotaajuus, sitä enemmän prosessori tuottaa lämpöä. Suurempi lämmöntuotto vaatii tehokkaampaa jäähdytystä. Tehokkaampi jäähdytys tarkoittaa yleensä äänekkäämpää tuuletinta. Mikäli prosessorin lämmöntuotto on suuri, kuten Pentium 4 Prescott – prosessoreilla, hiljaisen jäähdytyksen rakentaminen on vaikeaa.

4.2.5 Tuplaytimet

Rinnakkainen prosessointi voidaan ottaa käyttöön joko tuplaprosessoreilla, tuplaydinprosessoreilla, tai näiden yhdistelmällä. Tuplaytimet ovat hieman nopeampia ytimien välisessä kommunikoinnissa kuin tuplaprosessorit. Tuplaprosessorien välinen kommunikointi tapahtuu ulkoisten väylien kautta ja on siksi hieman hitaampaa. /16/.

Cakewalk SONAR 5 hyötyy suorituskyvyn parantumisesta parhaimmillaan yli 50 %:a siirryttäessä yksiytimisestä prosessorista kaksoisytimiseen. Sekvensseriohjelmat täytyy suunnitella tukemaan rinnakkaisuutta, jotta ne osaavat jakaa tehtävät pienempiin osiin. Sekvensserien pitää myös hallita muistin ja resurssien käyttö eri ohjelmasegmenttien ja prosessorien välillä. Yleinen skaalautuvuus pitää myös ottaa huomioon, jotta ohjelmat toimivat myös useammalla kuin kahdella prosessorilla tai prosessoriytimellä. /16/.

Moniytimiset prosessorit pystyvät suorittamaan ohjelmia tehokkaammin kuin yksiytimiset. Niiden hyvänä puolena on mahdollisuus jatkaa työskentelyä myös paljon prosessointitehoa kuluttavien tehtävien aikana. /27/.

Monisäikeistetty prosessointi ei hyödytä kaikenlaisia ohjelmia. Digitaalisia audiotyöasemia rinnakkainen prosessointi kuitenkin hyödyttää merkittävästi, koska sekvensserien toiminta jakautuu luontaisesti useisiin ohjelmasäikeisiin. Hyöty on todettu sekä tuplaprosessori- että tuplaydinjärjestelmissä. /8/.

Suorituskyvyn kannalta tuplaydinprosessorien tuoma hyöty on merkittävä audiokäytössä. SONAR 5:n lisäksi ainakin Steinberg Cubase SX 3.1 ja Nuendo 3.1 tukevat tuplaytimiä. /8/.

Vaikka yhtä prosessoria käyttävät työasemat ovat tehostuneet Hypersäikeistuksen myötä, kaksiprosessoriset työasemat ovat olleet ylivoimaisesti tehokkaampia audiokäytössä. Intel on tarjonnut kahden prosessorin tukea Xeon-mallistossaan ja AMD vastaavasti Opteron-mallistossaan. Tilanne on kuitenkin muuttunut tuplaydinprosessorien tultua työasemamarkkinoille. Tuplaydinprosessorit ovat hieman tehokkaampia kuin vastaavat tuplaprosessorit ja huomattavasti halvempia valmistaa, mikä heijastuu myös niiden kuluttajahintoihin. /43/.

Tuplaytimellä varustettuja työasemaproessoreja löytyy Intelin Xeon- ja Pentium D-mallistoista, sekä AMD:n Opteron- ja Athlon 64 X2-mallistosta. Uusin lisäys tähän joukkoon on Intelin mikroarkkitehtuuria hyödyntävä Core 2 -prosessorimallisto. Tuplaydintä hyödyntävät Intelin Core 2 Duo- ja Core 2 Extreme -prosessorit eivät enää hyödynnä hypersäikeistystä. Tuplaytimet eivät kuitenkaan aivan kaksinkertaista suorituskykyä johtuen resurssien jaon hitaudesta ytimien välillä. Sovelluksesta riippuen etu voi olla 1,4 – 1,8 kertainen vastaavaan yksiytimiseen prosessoriin verrattuna /43/.

4.2.6 Hypersäikeistys

Hypersäikeistys on Intelin kehittämä teknologia, jolla yhden ytimen prosessori saadaan virtuaalisesti näyttämään kahdelta prosessorilta käyttöjärjestelmälle ja ohjelmille. Tämä mahdollistaa resurssien ohjaamisen yksiytimisen prosessorin käyttämättömille suoritusyksiköille.

Teknologia tuo hieman lisätehoa suorituskykyyn, mutta kuluttaa myös enemmän virtaa. Suorituskyvyn lisäys ei vastaa lähellekään kahdesta ytimestä tai kahdesta erillisestä prosessorista saatavaa hyötyä. Hypersäikeistys on jätetty pois Intelin uusista Core 2 -prosesoreista mm. suuremman virrankulutuksen vuoksi.

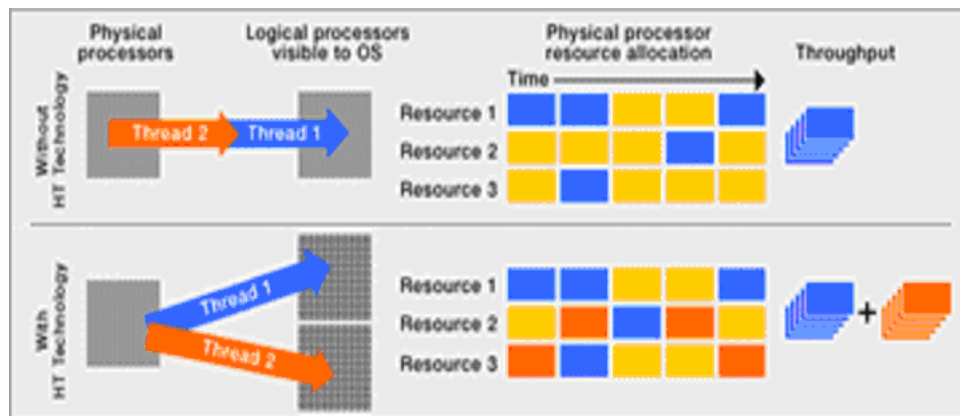
Ohjelmien säikeistys on tekniikka, jolla voidaan tehostaa digitaalisen signaalin prosessointia. Säikeistyksellä on kaksi etua:

- Säikeistys mahdollistaa datan käsittelyn yhtäaikaan muiden toimintojen kanssa ilman että käyttöjärjestelmä tai sovellusohjelmat lakkaavat vastaamasta käyttäjän syötteisiin

- Säikeistetyt ohjelmat hyödyntävät paremmin käyttämättömiä resursseja niin yhden kuin useamman prosessorin tietokoneessa

Teknologiasta on erityisesti hyötyä yhden prosessorin digitaalisissa audiotyöasemissa sekä audio-ohjelmistoissa, jotka tukevat monisäikeistystä. Esimerkiksi saman efektin lisääminen useammalle raidalle voidaan sijoittaa ohjelmassa omaksi säikeekseen, jolloin audion prosessointi ei pakota käyttäjää odottamaan siihen kuluvaan aikaan yhtä kauan kuin yksiytimisellä prosessorilla. /43/.

Hypersäikeistuksen avulla prosessori pystyy työskentelemään kahden tehtävän parissa yhtäaikaan ja hyödyntämään resursseja, jotka muuten olisivat käyttämättöminä. Prosessori saa myös enemmän aikaa samassa ajassa. /37/.



KUVA 4 *Hypersäikeistys-tekniikan toimintaperiaate kuvaa, kuinka säikeet voidaan jakaa loogisille prosessoreille jolloin säikeiden suoritus tehostuu fyysisen prosessorin tehokkaamman resurssien käytön myötä. /37/.*

4.2.7 HyperTransport

HyperTransport on hyvin skaalautuva, suorituskykyinen ja pienilatenssinen väyläteknologia, joka on tarkoitettu mm. PC-tietokoneiden sisäisten väylien korvaajaksi /31/. HyperTransport käyttää pakettipohjaista tiedonsiirtoa.

HyperTransport-väylää käytetään mm. järjestelmäväylän korvaajana, järjestelmäohjainpiirin ja oheislaitteohjainpiirin välillä, sekä linkkinä kahden tai useamman prosessorin välillä. AMD käyttää HyperTransport-väylää patentoidulla välimuistin yhtenäisyyslaajennoksella osana Direct Connect -arkkitehtuuria Opteron- ja Athlon 64-prosessoreissaan. /30/.

Opteron-prosessorit kommunikoiivat suoraan muistin, oheislaitteiden ja muiden prosessoriytimien kanssa saavuttaen erittäin nopean yhteyden, jonka tiedonsiirrossa ei ole pullonkauloja. Tasapainoinen arkkitehtuuri mahdollistaa enemmän lisäohjelmia (plug-in), lisää audioraitoja ja on myös vakaa. Prosessoreita voi kuormittaa lähemmäs niiden täyttä

kapasiteettia ilman että ajautuu suorituskykyongelmiin, jotka voivat johtaa edelleen kuuluviin audio-ongelmiin. /8/.

Esimerkiksi Applen G5-tietokoneissa HyperTransport-väylää käytetään integroituna ja suorituskykyisenä oheislaiteväylänä, joka ”putkittaa” mm. PCI-, PCI-X-, USB- ja FireWire-väylät systeemin läpi. Kaikissa käyttökohteissa HyperTransport korvaa aiemmin käytössä olleita hitaampia väyliä suuremmalla kaistanleveydellä, pienemmällä latenssilla ja edullisella arkkitehtuurilla, joka skaalautuu ja on helposti laajennettavissa. /31/.

Uusin HyperTransport 3.0 –versio pystyy siirtämään tietoa 5,2 Gt sekunnissa 2,6 GHz:n kellotaajuudella ja kaksinkertaisella tiedonsiirtotaajuudella. HyperTransport kuljettaa tietoa maksimissaan 41,6 gigatavun sekuntinopeudella alhaisimmalla mahdollisella latenssilla. /31/.

4.2.8 Valintakriteerit

Proessori on tärkein yksittäinen suorituskykyyn vaikuttava komponentti tietokoneessa yleensä ja myös audiotyöasemassa. Proessorin merkitystä kokonaissuorituskykyyn kuitenkin liioitellaan usein, eikä oteta huomioon piirisarjan, keskusmuistin tai kiintolevyjen vaikutusta suorituskykyyn.

Yhteensopivuus

- **Proessorikanta:** Proessorin pitää sopia emolevyn prosessorikantaan. Joitain prosessoreita saa kahdella eri kannalla, esim. osa AMD Athlon 64 X2 –proessoreista käy joko 939- tai AM2-kantaan. Ominaisuudet eroavat tällöin hieman toisistaan. Toisinaan myös emolevyjen BIOS-päivitykset ovat tarpeen uusien prosessorien tukemiseksi. /46/.
- **Virransaanti- ja jäähdytysvaatimukset:** Joidenkin prosessorien virransaanti- ja jäähdytysvaatimukset ovat suuria. Komponenttien yhteensopivuus on hyvä tarkistaa ennen ostamista. /46/.

Suorituskyky

- **Bittisyys:** 64-bittisyys kaksinkertaistaa rekisterien määrän ja bittisyyden mahdollistaen tarkemmat ja huomattavasti nopeammat laskutoimitukset. /46/.
- **Ytimien määrä:** Tuplaydin- ja moniydinproessorit antavat merkittävän lisän suorituskykyyn audiokäytössä, kuten myös tuplaproessorien käyttö.
- **Järjestelmäväylän nopeus:** Järjestelmäväylän nopeus tarkoittaa prosessorin ja muistin välissä olevan väylän kellotaajuutta.

Nopeampi väylä kasvattaa suorituskykyä, mutta sen vaikutus kokonaissuorituskykyyn on rajallinen. /46/.

- **L1- ja L2-välimuistin määrä ja nopeus:** Useimmissa prosessoreissa on kahdenlaista välimuistia. Molempien tasojen määrät ja väylänopeudet vaikuttavat kokonaissuorituskykyyn. /46/. Koska L1-tason välimuistien koot ovat lähellä toisiaan kaikissa prosessoreissa, on L2-tason välimuistilla suurempi käytännön merkitys.
- **Kellotaajuus:** Kellotaajuus kuvaa suoritettavien käskyjen tai toimenpiteiden määrää sekunnissa. Vain saman prosessoriperheen prosessoreiden kellotaajuudet ovat verrattavissa keskenään. Suurempi kellotaajuus lisää prosessorin lämmöntuottoa. /46/.
- **Käskykannat:** Prosessorivalmistajat kehittelevät omia standardoimattomia laajennuksiaan (mm. SSE, 3DNow!) x86-käskykantaan tehostaakseen omien prosessoriansa toimintaa. Käskykannoista mahdollisesti saatava hyöty on täysin ohjelmakohtaista. Monet sekvensserit tukevat käskykantalaajennoksia, koska ne tehostavat audion prosessointia. Myös monet testiohjelmat tukevat käskykantalaajennoksia antaen vääristyneen kuvan laajennoksia tukemattomien ohjelmien suorituskyvystä. /46/.

Laatu

- **Prossessorijäähdytin:** Prosessoreja myydään jäähdyttimien kanssa ja ilman. Audiokäyttöä ajatellen prosessori kannattaa ostaa ilman prosessorivalmistajan omaa jäähdytintä, koska näiden laatu ja tuulettimet eivät ole yleensä parhaasta päästä. Tuulettimet pitävät poikkeuksetta liian kovaa ääntä audiotyöasemassa. /46/.

4.3 Muistit

Audiotyöasemakäytössä 512 Mt:n keskusmuisti on tällä hetkellä minimi. Suuremman määrän käyttö on suositeltavaa, kun otetaan huomioon käyttöjärjestelmän ja muiden ohjelmien vaatiman muistin osuudet. 1 Gt ei välttämättä riitä takaamaan tyydyttävää suorituskykyä laajemmissa projekteissa. Tämä johtuu siitä, että VST-instrumentit ja audioprojektit lataavat audionäytteet keskusmuistiin ja lukevat ne sieltä. Jos keskusmuistia ei ole tarpeeksi, joutuu prosessori noutamaan dataa aina kiintolevyiltä asti, mikä hidastaa suorituskykyä huomattavasti. /10/.

Hypersäikeistykseen käyttäminen lisää hieman muistin kulutusta, koska Windowsin kernelin pitää tukea symmetristä moniprosessointia. Vaikka audio-ohjelmat eivät hyödyntäisi monisäikeistystä, useiden raitojen miksaaminen kerrallaan vaatii silti huomattavan määrän muistia. /42/.

Useimmat emolevyt sallivat muistiasetusten muuttamisen BIOS:n avulla. Muistin asetuksia voidaan muuttaa niin, että tietokoneen kokonaissuorituskyky paranee hieman. Ennen muistin ajoitusten muuttamista on syytä tutustua muistimodulien ohjevihkoon. Asetukset kertovat, millä ajoituksilla modulit on testattu toimivaksi. Ajoituksia muuttamalla saavutettu suorituskyvyn kasvu on kuitenkin suhteellisen pieni, jos sitä verrataan muistityypin vaihdosta tai väylänopeuden kasvusta saatavaan hyötyyn. /38/.

4.3.1 Väylätyypit

Uusimman käytössä olevan muistikampatyypin, eli DDR2 SDRAM –muistien etuna on mm. nelinkertainen tiedonsiirto verrattuna DDR SDRAM –muistityypin kaksinkertaiseen tiedonsiirtoon kellojaksoa kohti. Tietoa siirretään pulssin nousevalla ja laskevalla jaksolla /3, s. 647/. Näin tiedonsiirtonopeus kaksinkertaistuu samalla kellotaajuudella verrattuna DDR-muisteihin. DDR2-muistit käyttävät myös pienempää 1,8V jännitettä kuin 2,5 voltin jännitettä käyttävät DDR-muistit, mikä säästää virtaa ja tuottaa vähemmän lämpöä /2, s. 473/.

DDR2-muisteja on tällä hetkellä saatavilla 400 MHz, 533 MHz, 677 MHz ja 800 MHz kellotaajuudella toimivina versioina ja tulossa on jo 1066 MHz taajuudella toimivia muistikampoja. Näytönohjaimissa on jo käytössä seuraavan sukupolven DDR3 muistipiirejä, jotka on erityisesti suunniteltu grafiikkapiirejä varten. On kuitenkin odotettavissa, että DDR3-muistityyppi yleistyy jossain vaiheessa myös keskusmuistin tyyppiksi.

DDR2-muistien kaistanleveydet ovat:

DDR2-400 – 3200 Gt/s
DDR2-533 – 4267 Gt/s
DDR2-667 – 5333 Gt/s
DDR2-800 – 6400 Gt/s /69/.

4.3.2 Kaksoiskanava

Kaksoiskanavaa tukevat emolevyt osaavat käyttää kahta muistikanaavaa yhtäaikaan. Kaksoiskanavan käyttöön tarvitaan emolevyn tuki ja vähintään kaksi samanlaista muistikampaa. AMD:n niissä prosessoreissa, joissa muistiohjain on integroituna prosessoriin, tarvitaan lisäksi myös prosessorin tuki kaksoiskanavalle. 939- ja 940-prosessorikantaa käyttävät emolevyt ja prosessorit tukevat kaksoiskanavaa /23/.

Jotta kaksoiskanava toimii, pitää molemmissa kanavissa olla sama määrä muistia. Muistikampoja pitää myös olla parillinen määrä. Muistikammat pitää myös sijoittaa oikeisiin muistikantoihin, jotta kaksoiskanavan saa käyttöön. Eri emolevyillä muistikantojen järjestys vaihtelee ja siksi oikea

järjestys on aina tarkistettava emolevyn ohjekirjasta. Suositeltavaa on käyttää sovitettua, eli testattua muistikamparia, joita myydään pareittain.

4.3.3 Latenssi

CAS-latenssi (CL) on aika kellojaksojen määränä siitä, kun muistiohjain lähettää pyynnön lukea tietty muistipaikka siihen, kun tieto on lähetetty muistimodulin ulostulonastoihin /46/. Esimerkiksi muistikamman merkintä 5-5-5-5 tarkoittaa, että prosessori noutaa ensimmäisen ja kunkin seuraavan sanan muistista viiden kellojakson aikana, jolloin neljän peräkkäisen sanan lukemiseen kuluu yhteensä 20 kellojaksoa. Latenssi onkin DDR2-muistien ongelma verrattuna aiempiin muistityyppeihin. Muistin tyyppimerkintä, esim. PC2-5300 kertoo moduulin teoreettisen maksimitiedonsiirtonopeuden yhden purskeen aikana megatavuina sekunnissa /1, s. 231/. Tyyppimerkintä on lähinnä markkinointitermi.

Pienempi CAS-latenssi parantaa suorituskykyä. Jo vanhentuneiden DDR-muistien CAS-latenssiarvot ovat välillä 2 tai 3. DDR2-muistien latenssit ovat välillä 3 - 5. Nykyisin muistin latenssilla ei ole niin paljon merkitystä suorituskyvylle, koska muistit ovat varsin nopeita muutenkin. AMD-kokoonpanoissa eri muistien väliset erot ovat pienemmät kuin Intel-kokoonpanoissa, mikä johtuu AMD:n integroidun muistiohjaimen käytöstä. AMD tukee uusissa prosessoreissaan DDR2-muistia.

CAS-latenssin merkityksestä tietokoneen kokonaissuorituskyvylle on ristiriitaisia näkemyksiä. Toiset uskovat CAS-latenssin olevan erittäin merkittävä tekijä suorituskyvylle ja ovat valmiita maksamaan enemmän pienempää viivettä tukevista muistikammoista. CAS-latenssin säätämällä ei ole ainakaan vaikutusta muistin kaistanleveyteen ja CAS-arvojen muuttaminen saattaa myös aiheuttaa käyttäjärjestelmän vakausongelmia. Ennen muistiasetusten säätämistä käyttäjän tulisikin ymmärtää kaikkien asetusten merkitys ja vaikutus. Suurin ongelma muistiasetusten muuttamisessa on se, että tietokoneen saa helposti tilaan, jossa se ei käynnisty lainkaan. /38/.

Muistiasetusten muuttaminen ei ole tehokas, eikä etenkään luotettava tapa parantaa järjestelmän suorituskykyä audiotyöasemissa. Parempi tapa on valita luotettavan muistivalmistajan testatut ja valmiiksi ”viritetyt” muistikammat, joilla saavuttaa vakaan suorituskyvyn ja parhaan luotettavuuden. /38/.

4.3.4 Valintakriteerit

Yhteensopivuus

- **Muistityyppi:** Muistityypin pitää olla emolevyn tukemaa. Yleisimmät muistityypit ovat DDR SDRAM ja DDR2 SDRAM. /46/.

- **Väylänopeus:** Muistin väylänopeus pitää olla vähintään pienin emolevyn edellyttämä. Väylänopeus kerrotaan yleensä esim. "PC2-6400 DDR2 800"-merkinnällä, jossa 800 tarkoittaa 800 MHz väylänopeutta. /46/.
- **Erityisiä vaatimuksia:** Osa muistimoduleista on puskuroituja (buffered) ja osa taas puskuroimattomia (un-buffered). Ohjekirjasta yleensä selviää emolevyn tukemat muistityypit, ellei valmistajan Internet-sivuilta löydy asiasta tietoa. /46/.
- **Virheenkorjaus:** Muistikampojen ECC-virheenkorjaus lisää tiedon eheyttä, mutta maksaa enemmän ja tarvitsee emolevyn tuen. Virheenkorjaus myös hidastaa muistia hieman, mutta tällä ei ole käytännön merkitystä. /46/. Virheenkorjausta suositellaan esim. AMD Opteron-kokoonpanoihin.

Suorituskyky

- **Muistityyppi ja väylänopeus:** Näiden valinta määrittää pitkälti muistin suorituskyvyn. Myös muistin latenssi vaikuttaa nopeuteen. /46/.
- **Muistin määrä:** Muistin määrä vaikuttaa enemmän kokonaissuorituskykyyn kuin muistin tyyppi tai väylänopeus nopeilla nykymuisteilla. /46/.
- **Latenssi:** Muistikammoista riippuen CAS-latenssi vaihtelee DDR-muisteilla välillä 2 - 3 kellojaksoa ja DDR2-muistella välillä 3 - 5 kellojaksoa. /46/.

Laatu

- **Muistisirut ja moduulit:** Muistisiruja valmistavat vain muutamat isot valmistajat ja sirujen laatu vaihtelee hyvästä erinomaiseen. Muistimoduuleita sen sijaan kokoaa siruvalmistajien lisäksi lukuisa joukko pienempiä valmistajia ja niiden laatu vaihtelee enemmän. /46/.
- **Valmistajan tärkeys:** Muistien nopeuksien kasvaessa vakaus riippuu yhä enemmän muistisirun toiminnan lisäksi myös muistimodulin toiminnasta ja kokoamisen laadusta. Muistisirujen valmistajan lisäksi muistimodulien kokoajalla on merkitystä. /46/.
- **Jäähdytys:** Tehokkaammat muistikammat tuottavat enemmän lämpöä ja tarvitsevat jäähdytyslevyt ympärilleen. Paremmissa malleissa jäähdytyslevyt tulevat kampojen mukana vakiovarusteena.

4.4 Kiintolevyt

Kiintolevyjen merkitys korostuu audiokäytössä suurten datansiirtomäärien takia. Audiotyöasemassa on hyvä käyttää yhtä erillistä kiintolevyä käyttöjärjestelmälle ja ohjelmille. Systemin varmuuskopioille on hyvä olla oma kiintolevy tai osio joltain muulta kuin käyttöjärjestelmälevyltä., jotta järjestelmän pystyy palauttamaan vaikka käyttöjärjestelmälevy hajoaisi. Audiolle ja sämpel-tiedostoille on hyvä varata kapasiteetiltaan suuremmat ja erilliset kiintolevyt, koska audiotiedostot fragmentoituvat suuresta koostaan johtuen hyvin nopeasti eri puolille kiintolevyä. Tämä taas hidastaa tiedostojen lukemista levyiltä. Systemilevy, jolla käyttöjärjestelmä on, tulisi sijoittaa omaan ATA- tai SATA-väylään ilman, että väylässä on muita hidastavia laitteita kiinni. Samassa väylässä olevat laitteet käyttävät samaa keskeytyskanavaa, mikä saattaa aiheuttaa mm. systemin epävakautta. Esim. silloin, kun DVD-asema varaa DVD-levyn kirjoittamisen ajaksi ATA-väylän itselleen.

Kiintolevyjen keskimääräinen haku-aika ja kierrosnopeus ovat tärkeitä ominaisuuksia, mutta tärkein ominaisuus audiokäytön kannalta on jatkuva tiedonsiirtonopeus (Sustained Data Transfer Rate). Tämä ominaisuus antaa suuntaa sille, kuinka montaa audioraitaa kiintolevy pystyy äänittämään ja toistamaan yhtäaikaan. Audiokäyttöön kannattaa valita kiintolevyjä, joiden jatkuva tiedonsiirtonopeus on mahdollisimman suuri. Valitettavasti kaikki valmistajat eivät ilmoita kyseistä ominaisuutta vaan ainoastaan hetkellisen maksimitiedonsiirtonopeuden, joka on usein paljon suurempi arvoltaan, mutta jolla ei ole suurta merkitystä audiokäytön kannalta.

Hiljaisessa audiotyöasemassa kiintolevyt saattavat osoittautua äänekkäimmiksi komponenteiksi. Tästä syystä myös kiintolevyjen äänenvaimennus on usein tarpeen. Oleellista on valita jo alunperin mahdollisimman hiljaiset kiintolevyt, mutta yhtä tärkeää on eristää kiintolevyt irti kotelon rungosta esim. kumisilla eristyspaloilla.

Markkinoilla on useita erilaisia jäähdytysmenetelmiä, joiden tarkoituksena on jäähdyttää suurilla kierrosnopeuksilla pyörivien kiintolevyjen huomattavaa lämmöntuottoa. Yleisin menetelmä on johtaa lämpöä pois kiintolevyihin asennettavilla kupariputkilla ja levyillä. Jäähdytysmenetelmien käyttö yleensä pidentää kiintolevyjen käyttöikää.

4.4.1 Liitäntäväylät

Kiintolevyjen liitäntäväylillä on merkitystä, kun audiotyöaseman suorituskyky halutaan maksimoida. PATA-väylä käyttää rinnakkaista tiedonsiirtoa, kun taas SATA perustuu sarjamootoiseen tiedonsiirtoon. Kummankin tyyppiset kiintolevyt ovat IDE-asemia, vaikka usein vain PATA-asemia kutsutaan virheellisesti IDE-asemiksi. SATA II on tällä hetkellä suositeltavin kiintolevyjen väylätyyppi. SATA II tarjoaa teoriassa kaksinkertaisen tiedonsiirtonopeuden verrattuna SATA-standardin 1,5

Gt/s nopeuteen. Todellinen tiedonsiirtonopeus SATA II-väylällä on kuitenkin 2,4 Gbit/s eli 300 Mt/s ja SATA-väylällä 1,2 Gbit/s eli 150 Mt/s. /63/.

SCSI-väylän käyttö (Small Computer System Interface) ei ole enää välttämätöntä audiotyöaseman suorituskyvyn maksimoimiselle. Useat SATA-kiintolevyt tukevat myös SCSI-levyistä tuttua NCQ-tekniikkaa (Native Command Queuing), joka mahdollistaa useampien käskyjen vastaanottamisen kerrallaan. Se päättää käskyjen optimaalisen suoritusjärjestyksen, mikä riippuen kiintolevyn lukupäiden sijainnista ja hakuajoista. NCQ-tekniikka vähentää kiintolevyn lukupäiden tarpeetonta edestakaista liikettä, mikä nopeuttaa levyn toimintaa etenkin tilanteissa, joissa suoritetaan useaa yhtäaikaista luku- ja kirjoittamispyyntöä. /10/. Esimerkiksi useiden audioraitojen toistaminen ja äänittäminen yhtäaikaan kiintolevylle on tällainen tilanne.

Vaikka SCSI-väylä on erittäin tehokas tiedonsiirrossa, se on myös kallis vaihtoehto. SCSI-kiintolevyjen ongelmana on myös kuumeneminen ja suurista kierrosnopeuksista aiheutuva melu. Vaihtoehtona SCSI:lle on SATA-kiintolevyjen yhdistäminen RAID-järjestelmäksi, mikä vähentää huomattavasti kustannuksia, lämmöntuottoa ja meluhaittoja. /10/.

4.4.2 Kierrosnopeudet

Kiintolevyn kierrosnopeus vaikuttaa äänitettävien ja toistettavien raitojen maksimimäärään, joten se on merkittävä tekijä jatkuvan tiedonsiirtokapasiteetin kannalta.

Halvemmissä kannettavissa tietokoneissa yleensä 4200 kierrosta minuutissa pyörivän kiintolevyn kapasiteetti riittää korkeintaan muutamien raitojen yhtäaikaiseen toistoon ja äänittämiseen, koska datan siirtonopeudesta muodostuu pullonkaula. 5400 kierrosta minuutissa pyörivät levyt tarjoavat hieman enemmän yhtäaikaisia raitoja, mutta vasta 7200 kierrosta minuutissa pyörivät levyt tarjoavat riittävän suorituskyvyn monipuolisempaan audiokäyttöön. /10/.

Pöytäkoneisiin ei kannata valita alle 7200 kierrosta minuutissa pyöriviä kiintolevyjä. 7200 kierrosta minuutissa pyörivät levyt tarjoavat yleensä myös mahdollisuuden käyttää mahdollisesti samalla kiintolevyllä sijaitsevia sample-tiedostoja audiota toistettaessa ja äänittäessä. Silti on suositeltavampaa hankkia erilliset kiintolevyt audiolle ja sampleille. 10000 kierrosta minuutissa pyörivät SATA-kiintolevyt tarjoavat parasta suorituskykyä suuriin projekteihin, joissa voi olla satojakin audioraitoja. /10/.

4.4.3 Välimuistit

Kiintolevyt sisältävät oman välimuistin. Välimuisti vaikuttaa kiintolevyn haku aikaan. Yleisesti voidaan sanoa, että mitä suurempi välimuisti on, sitä paremmin kiintolevy pystyy käsittelemään suurempia datamääriä. 8 Mt:n välimuisti on osoittautunut toimivaksi määräksi audiokäytössä, mutta uusien kiintolevyjen jopa 16 Mt:n välimuistit riittävät jo todella suurien raitamäärien yhtäaikaiseen toistoon ja äänittämiseen. Alle 8 Mt:n välimuistia ei suositella audion äänittämiseen tarkoitetuille kiintolevyille. Jos kiintolevyä aikoo käyttää ääninäytteiden suoratoistoon, välimuistin kokoon kannattaa kiinnittää erityistä huomiota. Kierrosnopeuden lisäksi välimuistin koolla on suora vaikutus siihen, kuinka monta erillistä ääninäytettä kiintolevyltä voi kerralla ladata esim. sämpleriin. /10/.

Käyttöjärjestelmälevyn välimuistin ei välttämättä tarvitse olla 8 Mt:n kokoinen, jos levyä ei käytetä samanaikaisesti sekä audion äänittämiseen että ääninäytteiden suoratoistoon. Suurempi välimuisti ei kuitenkaan haittaa käyttöjärjestelmälevylläkään, vaan nopeuttaa sen toimintaa.

4.4.4 Valintakriteerit

Kiintolevyjen vaikutus tietokoneen suorituskykyyn on erittäin merkittävä audiotyöasemissa. Syynä tähän on kiintolevyjen mekaaniset osat ja niiden myötä huomattavasti muita muisteja hitaampi toiminta. Nopeuserot keskusmuistiin verrattuna ovat yli tuhatkertaisia. Audiokäytössä kiintolevy rajoittaa hitaimpana komponenttina äänitettävien raitojen määrää äänikortin sisäänmenoliitäntöjen lisäksi.

Yhteensopivuus

- **Liitäntätyyppi:** Useimmat nykyiset kiintolevyt käyttävät ATA- tai SATA-liitäntää. Vaativissa audio/video-järjestelmissä käytetään myös SCSI -liitäntöillä varustettuja kiintolevyjä, mutta ne ovat varsin kalliita ja vaativat erillisen SCSI-ohjaimen. /46/.

Suorituskyky

- **Kapasiteetti:** Kiintolevyjen koolla on audiokäytössä väliä. Käyttöjärjestelmälle ja ohjelmille riittää pienempikin levy, mutta audiolle on hyvä varata tilaa alkaen 100 Gt:sta ylöspäin. Kapasiteetin tarve riippuu mm. käytettävästä näytteenottotaajuudesta.
- **Kierrosnopeus:** Yksi tärkeimmistä kiintolevyjen eroista suorituskyvyn kannalta on kierrosnopeus. Alle 7200 kierrosta minuutissa pyörivien levyjen nopeus ei riitä audiokäytössä kovin pitkälle. Nopeammat levyt tarjoavat suuremmat tiedonsiirtonopeudet ja pienemmät hakuajat, mikä heijastuu myös

raitamääriin. Nopeimmat SATA-levyt pyörivät 10000, ja SCSI-levyt jopa 15000 kierrosta minuutissa. /46/.

- **Hakuaika:** Hakuaika annetaan millisekunneissa. Se kertoo, kuinka nopeasti kiintolevyn luku/kirjoituspää saadaan siirrettyä uralta toiselle uralle. Hakuaikaan ei vaikuta levyn kierrosnopeus. Nykyisten kiintolevyjen hakuajat vaihtelevat 5 – 11 ms:n välillä. Audiokäyttöön suositellaan mahdollisimman pienellä hakuajalla varustettuja kiintolevyjä. /46/.
- **Jatkuva tiedonsiirtonopeus:** Jatkuva tiedonsiirtonopeus määrittää, kuinka paljon tietoa saadaan siirrettyä tietyn ajanjakson aikana. Mitä korkeampi luku on, sitä parempi. Nopeudella on väliä erityisesti suuria audiotiedostoja äänitettäessä, eli mm. suurta näytteenottotaajuutta käytettäessä tai silloin kun äänitetään useita audioraitoja yhtäaikaan. /46/.
- **Liitäntätyyppi:** ATA, SATA ja SCSI toimivat kaikki eri nopeuksilla. Nopeimmat liitäntätyypit ovat suositeltavia audiokäytössä etenkin, jos samaan väylään liitetään useampi kiintolevy. /46/.
- **Välimuistin koko:** Suurempi välimuisti nopeuttaa tiedon lukemista jopa 40 %:a. Tiedon kirjoittamisen on mitattu nopeutuvan jopa 30 %:a välimuistin avulla. Windows-käyttöjärjestelmissä keskusmuisti toimii lisäksi ohjelmallisena välimuistina, joka parantaa kiintolevyjen suorituskykyä. /46/.
- **RAID:** RAID-levyjärjestelmä mahdollistaa useamman samankokoisen kiintolevyn yhdistämisen yhdeksi isoksi asemaksi. Tällä voidaan kasvattaa kokonaissuorituskykyä tai tehdä levyjärjestelmästä vikasietoinen. Useamman levyn yhdistelmällä on mahdollisuus myös näihin molempiin toimintoihin yhtäaikaan. /46/.

Laatu

- **Keskimääräinen vikaantumisväli:** Antaa arvion kiintolevyn yleisestä laadusta ja käyttötunneista. Luvut ovat ideaalitulanteissa tehtyihin testeihin perustuvia arvioita. Todelliset olosuhteet harvoin vastaavat ideaalitulannetta. /46/.
- **Arvioitu käyttöikä:** Valmistajan arvio kiintolevyn eliniästä. Tämän jälkeenkin asema voi toimia hyvin, mutta vikaantumisriski kasvaa merkittävästi. /46/.
- **Takuun kesto:** Monilla laadukkailla kiintolevyillä valmistajan takuu on jopa 5 vuotta. Takuu ei silti korvaa menetettyjä tiedostoja, joten varmuuskopiointia ei kannata unohtaa. /46/.

- **Äänentaso:** Kierrosnopeuksien ja lukupäiden nopeuksien kasvaessa myös äänentaso kasvaa väistämättä. Audiokäytössä äänentasolla on merkitystä, koska kiintolevy on helposti audiotyöaseman äänekkäin komponentti. Tuotetiedoissa kerrottu äänentaso desibeleinä ei kerro äänen luonteesta ja häiritsevyydestä. Kiintolevytesteissä äänen luonteeseen kiinnitetään yleensä huomiota, joten niiden avulla voi saada paremman kuvan eri mallien välisistä eroista. /46/.
- **Muut ominaisuudet:** Useimmissa levyissä tulee mukana ominaisuuksia, joiden tarkoituksena on parantaa levyjen eheyttä ja luotettavuutta. Näistä mm. lämpötilan monitorointi ja automaattinen virheiden kartoitus ovat käteviä toimintoja. /46/.

4.5 Äänikortit

Korkeita näytteenottotaajuuksia ja bittisyvyyksiä tukevat äänikortit ovat jo yleisesti käytössä myös kotistudioissa. Etenkin näytteenottotaajuudet ovat kasvaneet nopeasti viime vuosina. Monissa äänikorteissa on jo 192 kHz:n näytteenottotaajuus. Tämä merkitsee sitä, että audiosignaalista otetaan näytteitä yli nelinkertainen määrä CD-levyn 44,1 kHz:n näytteenottotaajuuteen verrattuna. Korkeat näytteenottotaajuudet kasvattavat audiotiedostojen kokoa dramaattisesti. Samalla ne lisäävät merkittävästi koko audiotyöaseman tiedonsiirtoon kohdistuvaa rasitusta. Monet audioalan asiantuntijat ovat vahvasti sitä mieltä, että yli 96 kHz:n näytteenottotaajuuksien käyttämiseen ei ole olemassa mitään perusteita mm. ihmisen kuulon fyysisestä rajallisuudesta johtuen.

24-bittisessä audiosignaalin dynamiikka-alue on huomattavasti laajempi verrattuna 16-bittiseen audiosignaaliin. Kun audiosignaalia muunnetaan digitaaliseksi, 24-bittisillä AD-muuntimilla pystytään luomaan tarkempi äänentasojen dB-asteikko kuin 16-bittisillä. AD-muuntimien tuottaman digitaalisen signaalin äänenlaatu ei kuitenkaan ole kiinni bittisyydestä tai näytteenottotaajuudesta.

Digitaalisuus ei sinänsä takaa parempaa äänenlaatua kuin analogisuus, koska myös digitaalisissa laitteissa on analogisia komponentteja, jotka vaikuttavat äänenlaatuun. Siksi myös digitaalisten audiolaitteiden äänenlaaduissa on samankaltaisia eroja kuin analogisissa laitteissakin. Laadukkaat analogiset osat ja taitava analogian suunnittelu ovat välttämättömiä laadukkaiden digitaalisten laitteiden valmistamiseksi. /4/.

4.5.1 Liitäntäväylät

Audiolaitteita ja äänikortteja on tarjolla kaikkiin yleisimpiin liitäntäväyliin:

- USB 1.1
- USB 2.0

- IEEE 1394 (FireWire 400)
- IEEE 1394b (FireWire 800)
- PCI
- PCI Express (lähinnä DSP-kortteja saatavilla)
- PCI-X (vain Maceissa)
- PCMCIA (vain kannettavissa tietokoneissa)

Liitännäväylän valintaan vaikuttaa emolevyn tarjoamien vaihtoehtojen lisäksi äänikortin käyttötarkoitus. Läheskään kaikissa emolevyissä ei ole vielääkään integroituna FireWire-väylää. Erillisiä FireWire-laajennuskortteja on kuitenkin saatavilla ainakin PCI-väylään sekä S400-että S800-nopeuksilla. Integroitujen PCI- ja PCI Express –väylien määrät saattavat vaihdella paljon emolevystä riippuen. Esim. USB 1.1 –väylän teoreettinen 12 Mt/s tiedonsiirtonopeus ei sovellu audion moniraitaiseen äänittämiseen, koska jo muutaman audioraidan yhtäaikainen äänittäminen tukkii väylän tiedonsiirtokapasiteetin. Lisäksi samaan aikaan toistettavat audioraidat vievät osan kaistanleveydestä.

Se, mihin PCI-paikkaan äänikortti sijoitetaan, saattaa vaikuttaa huomattavasti suorituskykyyn. Vanhemmissa emolevyissä ensimmäinen PCI-paikka (PCI 1) usein jakaa IRQ-keskeytyskanavan näytönohjaimen kanssa, mikä tekee siitä huonon vaihtoehdon äänikortin liitännäpaikaksi. Nykyisten emolevyjen lukuisat integroidut ominaisuudet varaavat itselleen IRQ-keskeytyskanavia. Näin on myös USB- ja FireWire-väylien kohdalla, jotka yleensä jakavat IRQ-keskeytyskanavia muiden laitteiden kanssa. Tällä on suora vaikutus väylän kykyyn saada prosessorilta suoritusaikaa, mikäli muut samaa keskeytystä käyttävät laitteet ovat käytössä samaan aikaan.

4.5.2 Ajurit

Hyvin konfiguroidun ja tehokkaan audiotyöaseman lisäksi äänikortin ajureilla on erittäin suuri merkitys alhaisen latenssin saavuttamisessa ja audiotyöaseman luotettavassa toiminnassa /10/.

Äänikortti tarvitsee 64-bittiset ajurit toimiakseen 64-bittisessä käyttöjärjestelmässä. Tällä hetkellä useisiin äänikortteihin on jo saatavilla 64-bittiset ajurit. Suurimmalle osalle äänikorteista ei kuitenkaan ole 64-bittisiä ajureita, vaikka Windows XP Professional x64 Edition on ollut markkinoilla vuoden 2005 huhtikuusta lähtien.

Audiokäytön kannalta oleellisinta on, että äänikortti tukee ns. ”low latency”-ajureita. Esim. ASIO-ajurit mahdollistavat hyvin pienen sisäänmeno/ulostulo-latenssin, minkä takia se on suositeltavin ajurityyppi Windows-käyttöjärjestelmien kanssa.

Eryteisesti VST-instrumenttien kanssa työskennellessä ja monitoroidessa signaalia sekvensserin kautta, ajurista aiheutuva viive ei saisi ylittää kymmentä millisekuntia. Liian suuri latenssi haittaa soittoa

äänitystilanteessa. Optimoidulla Windows-pohjaisella audiotyöasemalla on mahdollista päästä alle 10 ms:n yhteenlaskettuun latenssiin. /10/. Huolellisesti valittujen komponenttien lisäksi käyttöjärjestelmän optimointi auttaa alhaisen latenssin saavuttamisessa.

4.5.3 Resoluutio

Äänikortin äänenlaatu määritellään usein resoluution avulla ainakin äänikortteja markkinoitaessa. Ongelmana on se, ettei resoluutio kerro mitään todellisesta äänenlaadusta. Se, että kaksi erilaista äänikorttia tukee 24-bittisyyttä, ei tarkoita että niiden äänenlaatu vastaisi toisiaan. Todellisuudessa äänenlaatu saattaa vaihdella niin paljon, että hyvin suunniteltu 16-bittinen äänikortti voi kuulostaa paremmalta kuin huonosti suunniteltu 24-bittinen. /4/.

Äänenlaatuun vaikuttaa mm. AD- ja DA-muunnoksen suorittava siru. Suurimmilla siruvalmistajilla voi olla mallistossa useita siruja, joilla voi olla samat yleiset ominaisuudet, kuten bittisyys ja näytteenottotaajuus, mutta hyvin vaihtelevat kohinaominaisuudet. Tämä ero näkyy myös sirujen hinnoittelussa. /4/.

Kellopiirin laatu on tärkeä tekijä jitterin (jitteristä lisää kappaleessa 4.5.5) minimoinnissa. Monet kalleimpia AD-DA-muuntimia valmistavista yrityksistä käyttävät kellotarkkuutta yhtenä myyntiargumenttina. /4/.

4.5.4 Näytteenottotaajuus

Suurempi näytteenottotaajuus ei aina tuota lisää tarkkuutta ja yksityiskohtia audiosignaaliin. Väitteen perusteena on Nyquistin teoreema. Sen mukaan 44,1 kHz:n näytteenottotaajuus tuottaa kaiken informaation ja yksityiskohdat audiosignaalista ilman säröä sekä korkeampien näytteenottotaajuuksien aiheuttamaa epätarkkuutta ja lisärasitusta audiotyöasemalle. /25/.

Nyquistin teoreeman mukaan näytteenottotaajuuden tarvitsee olla vain kaksi kertaa suurempi kuin audiosignaalin korkein taajuus. Musiikki-instrumentit saattavat tuottaa äänienergiaa yli 20 kHz:n taajuuksilla, mutta ne eivät yleensä ylitä 40 kHz:n taajuutta. Suurin osa mikrofoneista ei myöskään poimi ääntä paljon yli 20 kHz:n taajuuksilta. Ihmisen kuuloalue harvoin ylittää 20 kHz:ä eikä varmasti tavoita 40 kHz:ä. Nämä seikat huomioiden jopa 96 kHz:n näytteenottotaajuus on liioittelua. /25/.

Näytteenotto korkeilla taajuuksilla tuottaa suuria tiedostoja, jotka vaativat enemmän tallennustilaa ja prosessointitehoa. Korkeiden näytteenottotaajuuksien käyttäminen aiheuttaa valtavan kuorman datan prosessoinnille ja tiedonsiirtonopeudelle. Suuriin näytteenottotaajuuksiin sisältyy myös kompromissi nopeuden ja tarkkuuden välillä: Nopeuteen liittyvä epätarkkuus kasvaa AD-muunnoksissa näytteenottotaajuuksien

kasvaessa. Näytteenottotaajuuden pienentäminen, eli hidastaminen, auttaa parantamaan AD-muunnoksen tarkkuutta. /25/.

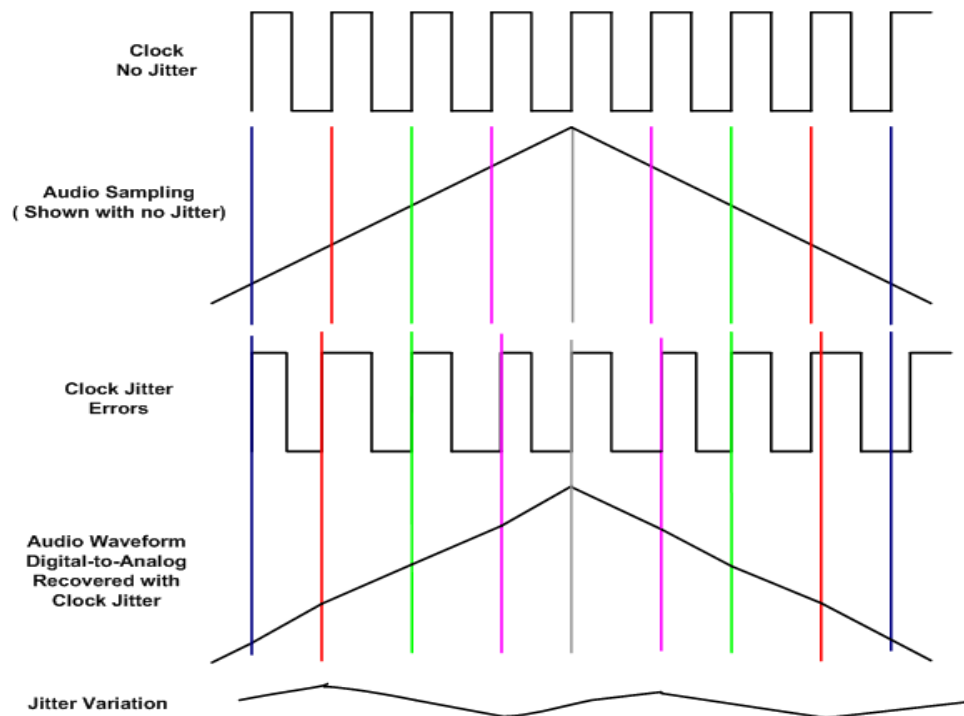
Näytteenotto 192 kHz:n taajuudella on noin 3 kertaa nopeampaa kuin optimaalinen taajuus. Suurten näytteenottotaajuuksien markkinointi on perustunut virheelliseen käsitykseen siitä, että se lisäisi audion tarkkuutta tai yksityiskohtia. /25/.

4.5.5 Jitteri

Jitteri FireWire-väylässä

Jokaisessa digitaalisessa äänikortissa on kello, tyypillisesti joko kideoskillaattori tai jännitekontrolloitu kideoskillaattoriipiiri. Oskillaattori määrittää audion näytteenottotaajuuden ja audiodatan siirtonopeuden. Täydellinen kello tuottaisi täsmällisesti halutun taajuuden, jolloin jokainen kellojakso olisi kestoaltaan saman mittainen. Koska oskillaattorikellot eivät ole täydellisiä, kellojaksosten kesto vaihtelevat hieman toisistaan. Jaksojen pituudet voivat vaihdella, mistä aiheutuu eripituisia välejä datan siirtoon. Jaksojen keston aiheuttamaa vaihtelua digitaalisessa signaalissa kutsutaan jitteriksi. /6/. Jitteriä muodostuu etenkin audion AD- ja DA-muunnoksissa.

Jitteri on digitaalisen audiosignaalin säröytymistä ja vääristymistä. Säröytyminen on kuitenkin erilaista, kuin mitä yleensä on totuttu pitämään säröytymisenä. Sen sijaan, että säröytyminen tapahtuisi äänenvoimakkuudelle, kuten esim. kitaravahvistimessa, jitteri on säröytymistä aikajanalla. Toisin sanoen digitaaliset arvot näyttävät äänenvoimakkuuden aivan oikein tietyllä tarkkuudella, mutta koska arvot eivät sijaitse ajallisesti tarkasti oikeissa kohdissa, lopputuloksena syntynyt aallonmuoto on vääristynyt jitterin takia. Kellojaksosten keston vaihtelu näkyy parhaiten siniaallossa, jonka suorakulmainen aallonmuoto paljastaa havainnollisesti jitterin (Kuva 5). /6/.



KUVA 5 Kellopiirin epätarkkuus aiheuttaa ajoitusvirheitä, eli jitteriä, joka voidaan havaita DA-muuntimen uudelleengeneroimassa audiosignaalisissa (alla). Yllä näytteenotto-tilanne, jossa kellopiiri ei aiheuta jitteriä. /6/.

Kaikki digitaaliset audiolaitteet tuottavat jonkin verran jitteriä, mutta laitteiden laatu vaihtelee huomattavasti tässä suhteessa. Jitteri voi myös kertautua signaalin kulkiessa useampien laitteiden läpi. Jitteriä muodostuu jo AD-muunnoksessa, kun analogista signaalia äänitetään digitaalisella järjestelmällä. Äänitystilanteessa tallentuneen jitterin lisäksi myös DA-muunnin voi aiheuttaa havaittavaa jitteriä, joka kuuluu äänitystä toistettaessa. /6/.

Jitteriä siis esiintyy digitaalisissa audiojärjestelmissä epätäydellisestä kellosta tai kideoskillaattori- ja kellopiiristä johtuen. Tällaista jitteriä kutsutaan lähetin- eli näytteenottojitteriksi. Jitteriä aiheutuu myös audion siirrossa käytetyistä johdoista ja liittimistä. Johtojen kapasiteetti ja taajuusvasteeseen liittyvät ominaisuudet voivat aiheuttaa aallonmuotojen muuttumista ja siirtymiä koko siirtolinjan matkalla. Kaikki jitteriä aiheuttavat osatekijät ovat kasautuvia, eli ne yhdistyvät ja siirtyvät signaalia vastaanottavaan laitteeseen. /6/.

Digitaalisessa signaalissa ainoa asia, joka tallentuu, on peräkkäisten äänenvoimakkuuksien arvojen sarja. Digitaalisilla laitteilla ei ole kykyä tallentaa tietoa yksittäisten näytteiden ajoituksista. Ajoitusten uudelleengenerointi perustuu ainoastaan näytteenottotaajuuteen, ja se luodaan vasta DA-muuntimen kellossa aina, kun audiota toistetaan. /6/.

Koska IEEE1394 eli FireWire on pakettikytkentäinen väylä, se ei sisällä synkronoitua kelloa, joka pitäisi huolta tiedonsiirron ajoituksesta. IEEE1394-tiedonsiirtoprotokolla sisältää huomattavan suuren määrän jitterin lähteitä. Pääosin ongelma johtuu siitä, että väylässä on vapaasti

toimivia oskillaattoreita jokaisessa solmukohdassa. Koska IEEE1394-standardi käyttää tahdistamattomia kelloja väylän solmukohdissa, vierekkäisten kellojen keskinäinen vaikutus toisiinsa synnyttää jitteriä. /7/. Myös PCI-, PCI Express- ja SATA-väylissä syntyy jitteriä.

Jitteri USB-väylässä

USB-standardin audioluokan toteutus käyttää vakionopeuksista tilaa USB-väylän tiedonsiirtoon kolmella mahdollisella synkronisoinnilla: synkroninen, mukautuva tai asynkroninen, eli tahdistamaton. Kaikissa tapauksissa data siirtyy ensin väylästä puskurimuistiin, josta kello lähettää signaalin eteenpäin. Se, miten kello muodostaa lähetyksen ja miten se vuorovaikuttaa väylän kanssa, vaihtelee synkronisoinnista riippuen. /51/.

Synkronisessa tilassa kellojaksot saadaan muodostettua suoraan 1 kHz:n päivitysnopeudesta. Tätä tapaa käyttämällä on vaikea muodostaa tarkasti 44,1 kHz:n näytteenottotaajuutta, kun taas 48 kHz:n näytteenottotaajuuden muodostus onnistuu luonnollisesti. Tästä syystä suurin osa ensimmäisistä USB-väylää käyttävistä äänikorteista tukee vain 48 kHz:n näytteenottotaajuutta. Synkroninen tila on erittäin herkkä väylän jitterille ja siksi todella huono vaihtoehto hyvän äänenlaadun saavuttamiseksi. /51/.

Mukautuvassa tilassa kellojaksot saadaan erilliseltä kellogeneraattorilta, joka voi tarvittaessa muuttaa taajuuttaan tietyissä rajoissa. Hallintapiiri mittaa väylän keskimääräistä tiedonsiirtosiirtonopeutta ja säätää kellon täsmäämään tätä nopeutta. Koska kelloa ei ole suoraan muodostettu väylän signaalista, se on huomattavasti epäherkempi väylässä esiintyvälle siirtojitterille kuin synkronisessa tilassa. Silti väylässä syntyvä jitteri vaikuttaa kellojaksojen pituuteen. Mukautuva tila on parempi kuin synkroninen tila, muttei silti täydellinen ratkaisu ongelmaan. Suurin osa nykyisistä USB-väyläisistä äänikorteista käyttää tätä tilaa. /51/.

Tahdistamattomassa tilassa käytetään ulkopuolista kelloa tahdistamaan dataa puskurimuisteista ja muodostamaan lisäksi erillinen datavirta lähettimelle, jotta lähetin osaa säädellä datan lähetyksenopeutta. Hallintapiiri monitoroi puskurimuistin tilaa ja käskee lähetintä nostamaan datan lähetyksenopeutta, jos puskuri on tyhjenemässä, tai hidastamaan nopeutta, jos puskuri on täyttymässä. Tästä huolimatta tiedonsiirto tapahtuu edelleen vakionopeudella. Koska signaalia vastaanottava kello ei ole riippuvainen siitä mitä väylässä tapahtuu, tahdistamaton tila ei ole herkkä väylän jitterille. Valitettavasti tätä tilaa tukevia USB-audiolaitteita ei ole vielä olemassa. /51/.

4.5.6 Valintakriteerit

Audiokäytössä äänikortin AD-DA-muuntimien äänenlaatu, ajurien vakaus ja alhaisen latenssin tuki ovat merkittävimpiä asioita liitännöiden lisäksi.

Yhteensopivuus

- **Liitäntätyyppi:** Äänikortti voidaan liittää audiotyöasemaan käyttämällä PCI-, USB- tai FireWire 400- tai 800-väylää. PCI Express -väyläisiä äänikortteja ei vielä ole, mutta niiden odotetaan yleistyvän.
- **Vapaina olevat resurssit:** Äänikortit vaativat järjestelmältä huomattavasti resursseja, mm. keskeytyspyyntöjen (IRQ), oikosiirtokanavien (direct memory access channels, DMA) ja I/O-osoitteiden muodossa. Äänikortin väylän valinnalla ja tiettyyn liitäntäpaikkaan sijoittamisella on merkittävä vaikutus keskeytyskanavan optimaaliseen toimivuuteen. /46/.

Suorituskyky

- **Ajurit:** Alhaisen latenssin ajurituki on välttämätön pienen latenssin saavuttamiseksi. Yhteenlaskettu latenssi on hyvä olla alle 10 ms.
- **Puskurin koko:** Äänikorttien puskurin koko (buffer size) vaihtelee yleensä 64 ja 1024 nämpelen välillä. Puskurin kokoa muuttamalla voidaan vaikuttaa latenssiin /10/. Mitä pienempi puskurin koko on, sitä pienempi latenssi on periaatteessa mahdollista saavuttaa. Käytännössä audiotuisto saattaa katkeilla, jos puskurin koko määritellään liian pieneksi.
- **Suoramonitorointi:** Suoramonitorointi mahdollistaa monitoroinnin ilman, että ääni kiertää sekvensserin kautta takaisin äänikortin ulostuloihin. Se pienentää latenssia esimerkiksi monitoroitaessa signaalia äänitystilanteessa soittajan tai laulajan kuulokkeisiin.
- **Audioresoluutio:** Audioresoluution standardina on tällä hetkellä 24-bittisyys, jota voi odottaa kaikilta äänikorteilta.
- **Näytteenottotaajuudet:** Yleisimmät näytteenottotaajuudet vaihtelevat tällä hetkellä 44,1 kHz:n ja 192 kHz:n välillä. Korkeiden näytteenottotaajuuksien käyttö rasittaa audiotyöasemaa suurten tiedostokokojen vuoksi ja usein myös huonontaa audion laatua, kun AD-muunnin ei pysty nämpläämään audiosignaalia yhtä tarkasti kuin pienemmällä näytteenottotaajuuksilla.

Laatu

- **AD-DA-muuntimien laatu:** AD-DA-muuntimien laatu riippuu sirun ominaisuuksista. Laatu voi vaihdella hyvinkin paljon mm. kohina-arvojen suhteen.
- **Jitterin poisto:** Muutamat audiolaitteiden valmistajat ovat kehittäneet jitterin poistoon erilaisia menetelmiä. Niiden suorituskyky vaihtelee huomattavasti.

- **Valmistaja:** Nimekkäät ammattikäyttöön äänikortteja ja audiolaitteita valmistavat yritykset ovat laadun suhteen varsin luotettavia. Näitä ovat mm. RME Audio ja Digidesign. Laatu saattaa kuitenkin riippua myös mallista ja hinnasta.
- **Ajurituki:** Äänikortit ovat hyvin riippuvaisia Windows-ajureistaan. Tämä on yksi hyvä syy ostaa tunnetun valmistajan laadukas äänikortti. Mikäli käyttäjän aikeena on päivittää käyttöjärjestelmä Windows Vistaan heti sen julkaisun jälkeen, kannattaa varmistua äänikorttivalmistajan 64-bittisen ajurituen saatavuudesta ja yleisestä ajurien päivitystahdista. /46/.

5 MUIDEN KOMPONENTTIEN VALINTAKRITEERIT

Muut komponentit eivät vaikuta suoraan audiotyöaseman suorituskykyyn, mutta niillä on oma merkityksensä mm. toimivuuden, luotettavuuden ja jäähdytyksen kannalta. Etenkin prosessorijäähdyttimellä ja virtalähteen tuulettimella on suuri vaikutus audiotyöaseman tuottamaan äänentasaan.

5.1 Virtalähteet

Virtalähteellä ei ole suoraa vaikutusta tietokoneen suorituskykyyn, paitsi jos virtalähde on alitehoinen järjestelmän vaatimuksiin nähden. Tehokkaammat virtalähteet mahdollistavat paremman suorituskyvyn tukemalla suurempaa virrankulutusta, joka yleensä kasvaa komponenttien tehon kasvaessa.

Markkinoille tuli jo vuoden 2005 alkupuolella passiivisia virtalähteitä, joissa ei ole ääntä pitäviä tuulettimia lainkaan. Niiden virranantokyky on kuitenkin rajallisempi kuin perinteisten tuulettimilla varustettujen mallien. Tehokkaimmat passiiviset mallit pystyvät tällä hetkellä tarjoamaan n. 300 W jatkuvaa tehoa vain tunnin ajan, mikä rajoittaa niiden käyttökohteita huomattavasti. Audiotyöasemissa tehovaatimukset saattavat ylittää nämä rajoitukset.

Virtalähteessä olennaisinta on, että sen teho riittää antamaan tasaista virtaa kaikissa tilanteissa. Tärkeää on myös virtalähteen tuulettimen tuottaman äänen voimakkuus ja luonne. Hiljaisimpien aktiivisten virtalähteiden äänenvoimakkuudet ovat n. 18 dB, mikä tekee niistä käytännössä lähes äänettä.

Virtalähteiden liitännät vaihtelevat. Edullisemmissä malleissa on yleensä vähemmän liitäntöjä. Etenkin SATA-virtajohdot eivät kuulu vakiona kaikkiin malleihin. Myös virtajohtojen pituudet vaihtelevat.

Yhteensopivuus

- **Virtalähteen tyyppi:** Virtalähteen tyyppin pitää sopia kotelo- ja emolevytyyppiin sekä lisäksi näytönohjaimelle käytettäessä paljon tehoa vaativia SLI- tai CrossFire-näytönohjaimia. Tyypejä on useita, mutta ATX12V on niistä yleisin pöytäkoneissa. Serveriemolevyissä käytetään EPS12V-tyyppisiä virtalähteitä. /46/.
- **Erietyiset vaatimukset:** Joillain järjestelmillä on aivan erityiset vaatimukset virtalähteelle. Tällaisia ovat mm. tuplaprosessorijärjestelmät, jotka usein perustuvat serveriemolevyihin. Mikäli emolevy- tai prosessorivalmistaja suosittaa tietyt vaatimukset läpäisseitä virtalähteitä tietyille mallille, valmistajan suositukset on hyvä ottaa huomioon. /46/.

Suorituskyky

- **Teho:** Virtalähteissä ilmoitettu kokonaisteho, esim. 600 W, on kokonaisteho, jonka virtalähde pystyy yhteensä tarjoamaan eri jännitetasoilla. Audiotyöasemassa virtalähteen teho on hyvä mitoittaa hieman yläkanttiin. Ylimääräisestä tehosta ei ole haittaa, koska virtalähde tuottaa tällöin vähemmän lämpöä ja toimii hiljaisemmin. Virtalähdettä valitessa kannattaa alitehoiset virtalähteet karsia pois vaihtoehtojen joukosta. Sääntönä voidaan pitää, että laajempaan kokoonpanoon tarvitaan vähintään 450 W tehoa tarjoava virtalähde. Vähemmän vaativaan kokoonpanoon riittää 400 W tai jopa hieman vähemmän. /46/.
- **Virranantokyky:** Eri oheislaitteiden käyttämät jännitetasot vaihtelevat, joten yksi tehoarvo ei riittävän luotettavasti kuvaa virtalähteen kapasiteettia. On hyvä tietää, kuinka paljon virtaa virtalähde pystyy tarjoamaan ainakin kolmella (+3.3 V, +5 V ja +12 V) pääjännitteellä. /46/.
- **Huipputeho:** Jotkut laitteet, kuten kiintolevyt, tarvitsevat enemmän tehoa käynnistyessään kuin päällä ollessaan. Virtalähteissä on oma luokituksensa hetkelliselle huipputeholle, jonka avulla ne pystyvät tarjoamaan riittävästi tehoa myös ns. virtapiikkien aikana. Etenkin tietokoneen käynnistys aiheuttaa hetkellisen virtapiikin. Virtalähteiden huipputehoissa on eroja. /46/.
- **Hyötysuhde:** Hyötysuhde kertoo, kuinka paljon virtalähde pystyy muuntamaan virtaa tasavirrasta vaihtovirraksi ja minkä verran muunnoksesta menee hukkaan lämpönä. Parhaiden virtalähteiden hyötysuhde on yli 80 %:a, jolloin vain alle 20 %:a virrasta muuntuu lämmöksi.

Laatu

- **Takuun kesto:** Parhaiden virtalähteiden takuu on kolmesta viiteen vuoteen. Takuiden ehdot kuitenkin vaihtelevat. Takuun kesto kertoo yleensä virtalähteen laadusta. /46/.
- **Valmistuksen laatu:** Virtalähteen valmistuksen laaduissa on suuria eroja. Parempien virtalähteiden viimeistelyyn, materiaaleihin ja rakenteeseen on selvästi kiinnitetty huomiota, kun taas huonommat virtalähteet ylikuumenevat ja rikkoutuvat herkästi.
- **Keskimääräinen vikaantumisväli:** Antaa arvion virtalähteen yleisestä laadusta ja käyttötunneista. Luvut ovat ideaalitalanteissa tehtyihin testeihin perustuvia arvioita. Vaikka todelliset olosuhteet harvoin vastaavat ideaalia testitalannetta, ovat vikaantumisvälien arvot silti suuntaa antavia. /46/.

- **Äänentaso:** Virtalähteen tuuletin on sijaintinsa ja usein myös pienen halkaisijansa takia eniten ääntä tuottava komponentti. Paremmat virtalähteet ovat yleensä hiljaisempia, mutta suurempi määrä tehoa tarvitsee myös enemmän jäähdytystä. Markkinoilla on myös mahdollisimman hiljaisiksi suunniteltuja virtalähteitä, jotka toimivat myös audiokäytössä vaikka niissä onkin tuulettimet. Yleisesti ottaen halkaisijaltaan isommat tuulettimet ovat hiljaisempia, koska ne pyörivät pienemmillä kierrosnopeuksilla. Virtalähteen tuottama äänentaso on erittäin tärkeä asia audiokäytön kannalta. Pelkkä äänentaso desibeleinä ei kuitenkaan kerro äänen luonnetta ja korkeutta, jotka erityisesti vaikuttavat äänen kuuluvuuteen ja rasittavuuteen. Virtalähteiden tuottaman äänen luonne ja korkeus vaihtelevat paljon eri mallien välillä.

5.2 Prosessorijäähdyttimet

Prossessorien tuottama lämpö on noussut ongelmaksi etenkin Pentium 4 Prescott -ytimien kanssa, koska niiden kellotaajuus on erittäin korkea. Prossessorien kasvanut jäähdyttämisen tarve merkitsee usein myös äänekkäämpää jäähdytystä mikä ei ole hyvä asia audiokäytön kannalta. Pienemmillä kellotaajuuksilla varustettujen prosessorien jäähdytys on helpompaa pitää hiljaisena.

Prossessorin jäähdytykseen on olemassa perinteisten ilmajäähdytysmenetelmien lisäksi vesijäähdytysjärjestelmiä. Vesijäähdytys on äänetön, mutta kalliimpi ratkaisu. Vesijäähdytys on ilmajäähdytystä hankalampi toteuttaa siitä huolimatta, että mahdollisimman helpoiksi tehtyjä rakennussarjoja on jo markkinoilla. Rikkoutuessaan vesijäähdytys aiheuttaa todennäköisesti enemmän vahinkoa kuin ilmajäähdytys. Vaikka kummankin tyyppiset jäähdytysjärjestelmät toimivat audiotyöasemissa, on ilmajäähdytys edullisempi ja usein riittävän hiljainen, sekä helpompi asentaa.

Nykyisten prosessorien tuottama lämpö aiheuttaa prosessoriytimen sulamisen hyvin nopeasti, mikäli prosessorin jäähdytyksestä ei huolehdita asianmukaisesti. Tästä syystä lämmöstä halutaan päästä eroon niin nopeasti kuin mahdollista. Tähän soveltuu parhaiten jäähdytyslevy, jota kutsutaan myös jäähdytysiiliksi tai cooleriksi. Yleensä jäähdytysiilejä tai coolereita käytetään tuulettimen kanssa, mutta myös passiivisia malleja on olemassa. Tehokkaimmatkin passiiviset mallit soveltuvat vain vähän lämpöä tuottaville prosessoreille.

Jäähdytyslevyn tärkein ominaisuus on sen kyky siirtää mahdollisimman paljon lämpöä pois prosessorista mahdollisimman nopeasti. Lämmönsiirtokyky riippuu useista eri tekijöistä. Yksi tärkeimmistä lämmönjohtokykyyn vaikuttavista seikoista ovat valmistusmateriaalit. Suurimmassa osassa jäähdytyslevyjä materiaalina käytetään alumiinia, jolla on hyvä lämmönjohtavuus ja joka on myös melko halpa materiaali. Lämmön johtuminen on käytetyin menetelmä lämmön poistamiseen prosessorista. Kupari on alumiinia parempi

lämmönjohtuvuusominaisuuksiltaan, mutta se on myös kalliimpi materiaali. Kuparin hinnasta johtuen kokonaan kuparista valmistettuja jäähdytyslevyjä on hyvin vähän. Osa valmistajista on yhdistänyt alumiinin ja kuparin hyvät puolet valmistamalla jäähdytyslevyn ja prosessorin välisen kontaktipinnan kuparista ja loppuosan alumiinista. /34/.

Jäähdytyslevyn pinta-ala ja muoto ovat hyvin tärkeitä lämmönpoistokyvyn kannalta. Valmistajat pyrkivät erilaisten muotoilujen avulla jäähdytyslevyjen pinta-alan maksimoimiseen, koska ilman kanssa kosketuksissa oleva pinta-ala vaikuttaa merkittävästi lämmön johtumisnopeuteen. Koska lämmön passiivinen johtuminen ilmaan ei ole kovin nopeaa, on avuksi otettu tuulettimet, jotka puhaltavat viileämpää ilmaa jäähdyssiiliin tehostaen näin siilin toimintaa. /34/.

Suunnittelulla, materiaaleilla ja valmistuksen laadulla on merkitystä lämmönpoistokyvyn kannalta. Tärkeintä on, että kontaktipinta prosessoriin toimii tehokkaasti ja että ilma pääsee vapaasti virtaamaan jäähdytssiilin piikkien välissä. /34/. Prosessorijäähdyttimen valinta ei ole helppoa, koska tarjontaa on paljon. Ellei itsellä ole mahdollisuutta testata eri vaihtoehtoja, paras tapa on etsiä Internetistä puolueettomia testejä ja käyttäjäkokemuksia sekä lukea arvosteluja eri malleista.

Yhteensopivuus

- **Prossessorikannan kanssa:** Nykyisin monet prosessorijäähdyttimet ovat yhteensopivia useiden prosessorikantojen kanssa. Niiden kiinnitysmenetelmät kuitenkin vaihtelevat erittäin paljon helppokäyttöisestä työkaluttomasta asennuksesta hyvinkin hankaliin ratkaisuihin.
- **Prossessorimallin kanssa:** Yhteensopivuus prosessorikannan kanssa ei vielä välttämättä takaa yhteensopivuutta prosessorimallin kanssa, koska samaan kantaan voidaan asentaa hyvin monia eri prosessoreja, joiden jäähdytystarpeet vaihtelevat.

Suorituskyky

- **Jäähdytysteho:** Ilmajäähdytteisissä jäähdytyslevyissä materiaalit ja pinta-ala ovat ratkaisevimmat tekijät lämmönpoistokykyyn tuulettimen ohella. Tuulettimet tehostavat lämmön siirtymistä ilmaan.
- **Äänentaso:** Tuulettimien tuottamat äänentasot ja luonteet vaihtelevat jopa samoilla kierrosnopeuksilla hyvin paljon. Kierrosnopeudet ja halkaisija vaikuttavat kuitenkin eniten äänentasaan. 120 mm tuulettimet ovat yleensä hiljaisimpia.
- **Valmistusmateriaalit:** Kupari johtaa lämpöä paremmin kuin alumiini, mistä syystä paremmissa jäähdytinlevyissä käytetään

kuparilaattaa ja kuparisia jäähdytinputkia kuljettamaan lämpöä nopeammin alumiinisille levyille, joista lämpö siirtyy ilmaan.

Laatu

- **Valmistaja:** Useat valmistajat tekevät laadukkaita prosessorijäähdyttimiä, mutta äänentasoissa on silti suuria eroja eri mallien välillä. Hiljaista mallia ei voi valita pelkästään valmistajan perusteella.
- **Suunnittelu:** Jäähdyttimen suunnittelu ja rakenne vaikuttavat eniten lämmönpoistokykyyn ja äänekkyyteen. Jotkut jäähdyttimet on suunniteltu toimimaan passiivisesti ilman tuulettimia.

5.3 Näytönohjaimet

Näytönohjainten ajurit eivät enää aiheuta niin paljon yhteensopivuusongelmia muiden komponenttien kanssa kuin aiemmin. Kaikki johtavat valmistajat (NVIDIA, ATI ja Matrox) tarjoavat melko vakaita ja luotettavia ajureita näytönohjaimilleen. Silti yhteensopivuusongelmia ilmaantuu silloin tällöin uusien emolevy- ja näytönohjainpiirisarjojen markkinoille tulon myötä. Integroituja näytönohjaimia ei suositella audiokäyttöön, koska ne käyttävät hitaampaa keskusmuistia, mikä huonontaa suorituskykyä. Raskaassa käytössä integroitujen näytönohjainten ruudunpäivitys alkaa helposti nykiä.

Näytönohjaimen vaikutus kokonaissuorituskykyyn vaihtelee tietokoneen käyttötarkoituksen mukaan. Tavallisissa, vähemmän grafiikkaa sisältävissä tehtävissä, kuten tekstinkäsittelyssä, näytönohjaimen vaikutus tietokoneen suorituskykyyn on merkityksetön. Sen sijaan pelikäytössä ja graafisessa suunnittelussa näytönohjaimelta vaaditaan paljon suorituskykyä, jolloin näytönohjain on jopa prosessoria tärkeämpi komponentti suorituskyvyn kannalta. /46/. Audiokäytössä näytönohjaimen ei tarvitse olla erityisen tehokas, vaikka ruudunpäivitys sekvensseriohjelmassa vaatii enemmän suorituskykyä kuin mitä useimmat integroidut näytönohjaimet tarjoavat. Tämä johtuu siitä, että audioraitojen aallonmuotojen nopeampainen esittäminen musiikkia äänitettäessä ja toistettaessa rasittaa näytönohjainta samaan aikaan kun audiodata kuormittaa tiedonsiirtoväyliä ja prosessoria.

Matrox on painottunut tarjoamaan näytönohjainvalikoimassaan usean näytön tukea ja 2D-tarkkuutta. ATI ja NVIDIA tarjoavat taas selvästi enemmän pelikäyttöön suunnattuja näytönohjaimia 3D-teholla ja monilla muilla pelikäyttöön liittyvillä ominaisuuksilla. Myös ATI:n ja NVIDIA:n uudet näytönohjaimet tukevat lähes poikkeuksetta usean näytön käyttöä. ATI ja NVIDIA tarjoavat myös tuen usealle näytönohjaimelle, joita kutsutaan vastaavasti CrossFire- ja SLI-nimellä. Usean näytön tuki on audiokäytössä erittäin hyödyllinen ominaisuus, koska sekvensseriä ja

muita ohjelmia on helpompi käyttää kahden näytön kanssa. 3D-tehoa audiokäytössä ei tarvita, eikä myöskään kahden näytönohjaimen tukea.

Näytönohjaimen tukemalla resoluutiolla ja virkistystaajuuksilla on luultua suurempi merkitys miellyttävän työskentelyn kannalta. Resoluutio on hyvä olla vähintään 1280x1024 pikseliä, mutta 1600x1200 pikseliäkään ei ole liikaa, koska audio-ohjelmat vievät huomattavasti tilaa näytöllä. Käytettävän resoluution on hyvä tukea vähintään 75 Hz virkistystaajuutta, jotta ruudunpäivityksen välkkyminen ei häiritse silmiä. Tosin LCD-näyttöjä käytettäessä virkistystaajuudella ei ole yhtä paljon merkitystä kuin kuvaputkimonitoreja käytettäessä. LCD-näytöt ovat suositeltavampia audiokäytössä, koska kuvaputket reagoivat helposti kitaravahvistimiin tuottamalla häiriöääntä.

Muiden laitteiden sijoittelulla PCI- ja PCI Express-väyläisiin korttipaikkoihin on merkitystä, sillä väylät yleensä aina jakavat keskeytyskanavia muiden väylien kanssa. Jos esim. äänikortti tai muu PCI-väylää käyttävä laite jakaa keskeytyskanavan näytönohjaimen kanssa, on seurauksena yleensä kummankin laitteen suorituskyvyn lasku. Pahimmillaan tämä voi johtaa sekä ruudunpäivityksen nykimiseen että audion katkeiluun.

Yhteensopivuus

- **Integroitu vai erillinen:** Audiokäytössä erillinen näytönohjain on aina tarpeen, koska integroidut näytönohjaimet käyttävät hitaampaa jaettua keskusmuistia. Tästä saattaa aiheutua nykimistä ruudunvierityksessä, jos keskusmuistia ei ole tarpeeksi. Myös keskusmuistin hitaus heikentää integroidun näytönohjaimen suorituskykyä.
- **Monitoriliitännät:** Näytönohjaimissa on useita erityyppisiä ulostuloliitännäitä. Yleisin on analoginen 15-pinninen D-liitin. Digitaaliliitännöin varustetut litteät näytöt vaativat DVI-liitännän. /46/.
- **Liitännäväylän tyyppi:** AGP on pitkään ollut liitännäväylän standardina, mutta uusissa emolevyissä on lähes poikkeuksetta PCI Express -väylä näytönohjaimelle. Näytönohjaimet ja väylät tukevat useita eri nopeuksia. /46/.

Suorituskyky

- **Videopiirisarja:** Piirisarja on näytönohjaimen ominaisuuksien suhteen ratkaisevin tekijä. Piirisarja määrittää mm. 2D- ja 3D-suorituskykyyn liittyvät asiat. /46/.
- **Tuetut resoluutiot ja värisyvyydet:** Näytönohjaimet tukevat useita resoluutioita: 1024x768, 1280x1024, 1600x1200 jne. Mitä korkeampi resoluutio, sitä enemmän tehoa ja muistia näytönohjain

tarvitsee. Myös korkeampi värien määrä vaatii enemmän nopeutta ja muistia. /46/.

- **Virkistystaajuudet:** Perinteistä kuvaputkea käytettäessä virkistystaajuudella on enemmän väliä kuin LCD-näyttöä käytettäessä. Jos taajuus on alle 72 Hz, kuvaruudun välkkyminen rasittaa silmiä. Korkeammat resoluutiot ja värisyvyydet vaikeuttavat virkistystaajuuden pitämistä korkeana. /46/.
- **Jäähdytysratkaisut:** Nykyiset näytönohjaimet ovat niin tehokkaita että niiden videopiirit vaativat jäähdytystä. Jäähdytysratkaisulla on erittäin suuri merkitys, koska aktiiviset tuulettimet ovat pieniä ja pyörivät suurilla kierrosnopeuksilla pitäen varsin korkeataajuuksista häiritsevää ääntä. Passiivijäähdytys on äänetön eikä se ole ratkaisuna juuri kalliimpi. Joidenkin näytönohjainten jäähdytyksen saa vaihdettua jälkikäteen passiiviseksi, mutta markkinoilla on myös paljon malleja, joiden jäähdytysratkaisut ovat valmiiksi äänettämiä.

Laatu

- **Rakenne:** Monet yritykset valmistavat näytönohjaimia, joiden rakenteellisissa ratkaisuissa on paljon eroja. Tunnetuimmat valmistajat kokoavat laadukkaita näytönohjaimia paremmista komponenteista. Halvempien näytönohjainten laatu saattaa olla heikko myös tunnetuilla valmistajilla. /46/.
- **Ajurien laatu ja ajurituki:** Näytönohjaimen suorituskyky ja vakaus riippuvat hyvin paljon ajurien toimivuudesta. Joillakin yrityksillä on parempi maine laadukkaiden ja toimivien ajurien kirjoittajana kuin toisilla. Myös ajurien päivitystiheydessä on eroa. Huonot tai vanhat ajurit voivat aiheuttaa paljon ongelmia käyttöjärjestelmälle tai koko koneelle. /46/.

5.4 Optiset asemat

Optisten asemien laatuun ei kiinnitetä niin paljon huomiota kuin pitäisi, ja niiden suorituskykyä usein yliarvostetaan. Useimpien PC-komponenttien laadulla on tapana parantua ajan myötä, mutta CD- ja DVD-asemien kohdalla kehityksen suuntaus on ollut huonompaan päin. Laatu on päässyt unohtumaan valmistajien kilpaillessa siitä, kenellä on nopein asema. Laadun heikkeneminen ilmenee mm. asemina, joiden nopeus on niin suuri että levyjen pyöräminen aiheuttaa ikäviä sivuvaikutuksia, kuten melua, lämpöä ja tärinää asemissa.

Yhteensopivuus

- **Liitäntätyyppi:** Useimmat CD-RW- ja DVD-RW-asetat liitetään ATA-liittimellä emolevyyn. Uusimmat mallit tukevat SATA-väylää, joka on tiedonsiirrossa ATA-väylää nopeampi. /46/.
- **Formaattiyhteensopivuus:** Lähes kaikki optiset asemat ovat jo ns. moniformaattiasemia. Toisin sanoen ne lukevat ja kirjoittavat sekä + että – merkkisiä CD- ja DVD-levyjä. Levyissä on vaihtelevat minimi- ja maksimikirjoitusnopeudet. /46/.

Suorituskyky

- **Nopeusluokitus:** Koska levyt kirjoitetaan aina keskiöstä reunalle päin, ei aseman tarvitse toimia täydellä nopeudella läheskään koko ajan. /46/.
- **Hakuaika:** Hakuaika mitataan millisekunneissa. Se tarkoittaa aikaa, joka kuluu siitä, kun asemalle lähetetään pyyntö, siihen kun dataa aletaan lukea. Hakuaika on oleellinen suorituskyvyn kannalta. Hakuajat vaihtelevat paljon eri asemien välillä, vaikka asemilla olisi sama nopeusluokituskin. /46/.
- **Siirtonopeus:** Tarkoittaa sitä kuinka nopeasti dataa voidaan lukea asemasta. Siirtonopeuksien luokittelu on yliarvostettua koska maksimisiirtonopeudet ovat tärkeitä vain kopioitaessa suuria datamääriä optiselta asemalta kiintolevylle. /46/.
- **Välimuistin koko:** Optisissa asemissa on kiintolevyjen tapaan oma välimuistinsa, joka parantaa suorituskykyä. Välimuistin tärkein tehtävä on varmistaa datan keskeytymätön kirjoitus. /46/.
- **Kirjoitusnopeus:** CD-RW- ja DVD-RW-asettien kirjoitusnopeudet ilmaistaan usein esim. “52/32/52”-merkinnällä. Merkintä tarkoittaa CD-R-levyn 52-kertaista kirjoitusnopeutta, CD-RW-levyn 32-kertaista kirjoitusnopeutta ja molempien 52-kertaista lukunopeutta. Korkeat nopeudet ovat hyödyksi varmuuskopioita tallennettaessa. CD-levyjä kirjoittaessa on syytä valita pienempi kirjoitusnopeus kirjoitusvirheiden välttämiseksi. /46/.

Laatu

- **Yleinen rakenne:** Optisista asemista löytyvään palautteeseen kannattaa tutustua Internetissä. Äänekkäitä, lämpöä tuottavia ja huonosti polttavia asemia kannattaa välttää. Muutamilla yrityksillä, kuten Plextorilla, on pitkät perinteet laadukkaiden optisten asemien suunnittelusta ja valmistamisesta. Markkinoilla on myös tuntemattomampia merkkejä, joiden kirjoitusnopeudet ovat suuria, mutta kirjoituslaatu heikko. /46/.

- **Pyörimisnopeus:** Mitä nopeampia pyörimisnopeudet ovat, sitä enemmän asema yleensä tuottaa melua ja tärinää, ellei vaimennuksesta ole huolehdittu jo suunnitteluvaiheessa. /46/.
- **Tärinä ja äänentaso:** Nopeammat ja huonolaatuiset asemat pitävät ääntä ja voivat tärinästä niin paljon, että tärinä resonoi ja voimistuu kotelossa. Laadukkaammat asemat tuottavat vähemmän melua ja tärinää. /46/.
- **DAE-laatu:** Asemat eroavat toisistaan siinä, kuinka nopeasti ja hyvällä laadulla ne pystyvät ekstraktoimaan digitaalista audiota CD-levyltä. Jos asemaa aikoo käyttää tähän tarkoitukseen, kannattaa harkita hyvämaineisten yritysten laadukkaita asemia. /46/.
- **Kirjoituslaatu:** Mitataan kirjoituksen virheettömyydellä ja kirjoituskertojen 100 %:lla onnistumisella.

5.5 Kotelot

Tietokoneen kotelo on hyvin tärkeä tekijä kokonaislaadun, hiljaisuuden ja luotettavuuden kannalta. Hyvä ilmankierto takaa komponenteille pidemmän eliniän. Usein koteloiden mukana tulee myös virtalähde. Mukana tulevat virtalähteet eivät kuitenkaan vastaa laadultaan erillisiä virtalähteitä. Ne ovat yleensä liian äänekkäitä audiokäyttöön. Halpojen koteloiden käyttö johtaa yleensä ylikuumentumiseen, järjestelmän virhetilanteisiin ja muihin ongelmiin. Halvat kotelot voivat tehdä myös asennuksesta vaikeaa mm. terävistä reunoista ja epätarkoista mitoista johtuen.

Yhteensopivuus

- **Kotelotyyppi:** Kotelotyypin valintaan vaikuttaa kotelon yhteensopivuus emolevyn ja virtalähteen kanssa. Yleisin ja audiokäyttöön suositeltavin tyyppi on ATX. ATX-standardi sisältää myös mini-ATX- ja microATX-standardit, joita ei suositella audiokäyttöön. Täysimittainen ATX on suositeltavin vaihtoehto hyvän ilmanvaihdon ja sisäisen tilavuuden takia. Koteloiden on tarjolla räkki- ja tornimalleina. Valinta riippuu lähinnä audiotyöaseman sijoittamispaikasta. Rakenteelliset erot eri mallien välillä voivat olla merkittäviä etenkin jäähdytyksen suhteen. /46/.

Suorituskyky

- **Fyysinen koko:** Suuremmat kotelot tarjoavat enemmän tilaa ja laajennuspaikkoja komponenteille. Komponenttien väliin jäävä tila auttaa myös pitämään tietokoneen viileämpänä. Lisäksi tietokoneen rakentaminen käy helpommin kun tilaa on enemmän. Kääntöpuolena on kotelon suurempi hinta. /46/.

- **Laitepaikat:** Sisäisten ja ulkoisten laitepaikkojen määrä vaihtelee, mutta usein 5,25”:n laitepaikkoja on neljä kappaletta ja 3,5”:n levyasemapaiikkoja kaksi kappaletta etupaneelissa. Sisäisten kiintolevyipaikkojen määrä vaihtelee yleensä kahdesta neljään. 5,25”:n laitepaikkoihin voi asentaa kiintolevyjä lisävarusteiden avulla. Lisävarusteet voivat samalla toimia jäähdytys- ja vaimennusjärjestelmänä kiintolevyille. Myös kotelon takapaneelin laajennuskorttipaikkojen aukkojen määrä vaihtelee eri kotelomallien välillä. /46/.

Laatu

- **Valmistuksen laatu:** Kotelon valmistuksen laatu on tärkeä asia, koska halvemmat kotelot on tehty ohuesta alumiinista ja niiden viimeistely on usein huonoa. Tämä näkyy mm. terävinä reunoina ja epätarkkoina ruuvien paikkoina. Kalliimmat kotelot valmistetaan jäykästä teräksestä ja ne on viimeistely huolellisesti. /46/.
- **Äänenvaimennus:** Paremmat ja kalliimmat kotelot ovat valmiiksi eristemateriaaleilla vuorattuja. Vuorauksen lisäksi myös kotelotuulettimien määrä, sijoittelu ja tyyppi vaikuttavat äänentason. Kotelotuulettimien käyttö ei ole aina välttämätöntä, mikäli kotelon sisäinen lämpötila pysyy riittävän alhaalla ilman niitä.
- **Suunnittelu:** Ilman tehokas kierto kotelon sisällä ei ole itsestäänselvyys, vaan se vaatii huolellista suunnittelua. Kylmä ilma onärkevintä ottaa koteloon mahdollisimman alhaalta, esim. kotelon pohjan tai etupaneelin alaosan kautta. Ilma lämpenee ja nousee kotelon sisällä ylöspäin, joten se on parasta poistaa kotelon yläosan kautta. Koteloratkaisuihin riippuen jotkut virtalähteet imevät kotelon kuuman ilman ulos tuulettimillaan, minkä etuna on ilman kontrolloitu ja tehokas virtaus. Haittapuolena on, että virtalähde rasittuu enemmän kun kotelon kuuma ilma virtaa sen lävitse. Tämä todennäköisesti myös laskee virtalähteen käyttöikä.

6 ESIMERKKIKOKOONPANON VALINTAPERUSTEET

Esimerkkikokoonpano perustuu työssä selvitettyihin audiokäytössä teoreettisesti toimiviin komponenttityyppeihin. Valitut komponentit ovat myös osittain audiotyöasemia valmistavien yritysten testaamia ja käyttämiä, vaikkei juuri samanlaista kokoonpanoa tiettävästi ole millään valmistajalla. Komponentteja arvioivilla Internet-sivustoilla ja audiofoorumien käyttäjäkokemuksilla on myös ollut merkittävä vaikutus valintoihin. Komponentteja valittaessa on pyritty ottamaan huomioon myös hinta-tehosuhde. Kokonaisuuden kannalta tärkein asia on kuitenkin tasapainoisen kokoonpanon rakentaminen, jossa komponentit ovat mahdollisimman yhteensopivia audiolaitteiden ja -ohjelmistojen kanssa. Myös kokoonpanon alhaiseen lämmöntuottoon ja hiljaiseen jäähdytykseen on kiinnitetty erityistä huomiota.

Alunperin tarkoituksena oli valita komponentit sekä Intel- että AMD-pohjaisille esimerkkikokoonpanoille. Kummaltakin valmistajalta löytyy audiokäyttöön hyvin soveltuvia prosessorimalleja ja Inteliltä myös emolevyjä. Valintaa tehdessä vertailtiin Intel Pentium D-, Pentium EE- ja Dual Xeon-pohjaisia tuplaydinkokoonpanoja, sekä AMD Athlon 64 X2-, 64FX- ja Dual Opteron -pohjaisia tuplaydinkokoonpanoja etenkin suorituskyvyn kannalta. Intel Xeon- ja AMD Opteron- prosessorit ovat etenkin kaksoisydinten myötä erittäin tehokkaita vaihtoehtoja audiokäyttöön. Tuplaprosessorit tuplaytimillä kuitenkin maksavat paljon. Lisäksi tuplaprosessoriemolevyt maksavat enemmän kuin yhtä prosessoria tukevat emolevyt. Kokoonpanoihin tarvitaan usein myös rekisteröidyt ECC-muistit, jotka ovat kalliimpia kuin tavalliset muistit. Vaikka tällaiset neljän prosessoriytimen kokoonpanot ovat erittäin tehokkaita, niiden hinta-teho-suhde ei ole paras mahdollinen.

AMD on hallinnut työasemien prosessorimarkkinoita viimeisen kahden - kolmen vuoden ajan Athlon 64 -mallistollaan Intel Pentium 4 - prosessoreja vastaan. Tilanne näyttää kuitenkin olevan muuttumassa Intelin Core 2 -prosessoriarkkitehtuurin myötä. Kymmeniltä suorituskykyvertailuja tekeviltä Internetsivustoilta löytyy Core 2 - tuplaydinprosessorien suorituskykyä mittaavia testituloksia suhteutettuna muihin tehokkaisiin prosessoreihin. Useimmat testit on tehty ns. synteettisillä testiohjelmilla, mutta joukosta löytyy myös oikeilla sovellusohjelmilla tehtyjä vertailuja. Synteettiset testit kuvaavat lähinnä prosessorien välisiä suorituskykyeroja suhteessa toisiinsa. Ne eivät kerro todellista suorituskykyä tietyllä sovellusohjelmalla, mutta eri prosessorien välisistä voimasuhteista ne antavat selkeän kuvan. Todellisilla sovellusohjelmilla tehdyt testit taas kertovat enemmän todellisesta suorituskyvystä juuri kyseisillä ohjelmilla, mutta niidenkään tuloksia ei voi yleistää pätemään muihin samantyyppisiin ohjelmiin.

Intelin Core-arkkitehtuuri ei yllättäen hyödynnä kovin hienostuneita ratkaisuja verrattuna AMD:n K8-arkkitehtuuriin. Intel on kuitenkin onnistunut kasvattamaan uusien Core 2 Duo -prosessorien suorituskyvyn

aivan uudelle tasolle lukuisten pienten parannusten avulla. Näihin kuuluvat mm. prosessoriväylän kasvanut kellotaajuus, välimuistin suurentunut koko, rekistereiden kasvanut bittisyys ja määrä, muistiväylien taajuuden nostaminen, liukulukulaskentayksikön parannettu sijainti jne. Silti Intelin edelleen käyttämä prosessoriväylä on pullonkaulana etenkin tuplaydinprosessorien tarjoamalle suorituskyvyille. Oheislaitteohjainpiirin ja järjestelmäohjainpiirin välisen sisäisen väylän nopeutta on nostettu 2 Gt/s, minkä pitäisi riittää melko pitkälle vaikka useat oheislaitteet siirtäisivät tietoa yhtäaikaan piirisarjojen välillä.

Koska kokoonpanoon valitut komponentit edustavat osittain hyvin uutta teknologiaa ja ne ovat vasta muutamien audiotyöasemavalmistajien, äänitysstudioiden ja audioharrastajien testaamia, on hyvä varautua mahdollisiin yhteensopivuusongelmiin. Kokoonpanoon valitut komponentit ovat:

- ASUS P5B Deluxe
- Intel Core 2 Duo E6600 2,4 GHz 4MB
- Kingston KVR667D2N5K2/2G
- Western Digital Caviar SE16 WD3200KS
- Seasonic S12-430
- Scythe Ninja PLUS SCNJ-1000-P
- RME Fireface 400
- XFX GeForce 7600GS 256
- Plextor DVD+-R/RW 18x
- Antec P180
- Windows XP Professional x64 Edition
- Cakewalk Sonar 5 x64

Ennen 64-bittiseen käyttöjärjestelmään siirtymistä on syytä varmistaa ajurien saatavuus kaikille laitteille, joita kokoonpanossa aikoo käyttää. 64-bittisyyden kanssa yhteensopivilla uusilla emolevyillä on poikkeuksetta kaikki tarvittavat ajurit, mutta vanhempien tai erikoisempien komponenttien kanssa tilanne saattaa olla huonompi. 64-bittisyydestä ei saada täyttä hyötyä irti ennen kuin kaikki järjestelmän osat on päivitetty tukemaan sitä. Prosessorin lisäksi myös käyttöjärjestelmän, ohjelmien ja kaikkien ajureiden pitää tukea 64-bittisyyttä. Esimerkkikokoonpanon huonona puolena on vielä toistaiseksi joidenkin audiolaitteiden puuttuva 64-bittinen ajurituki. Esim. Universal Audio UAD-1- ja TC Electronic Powercore -DSP-korteille ei ole vielä julkaistu 64-bittisiä ajureita, vaikka kortit ovatkin yhteensopivia valittujen komponenttien kanssa 32-bittistä Windows XP:tä käytettäessä.

6.1 Emolevynä ASUS P5B Deluxe

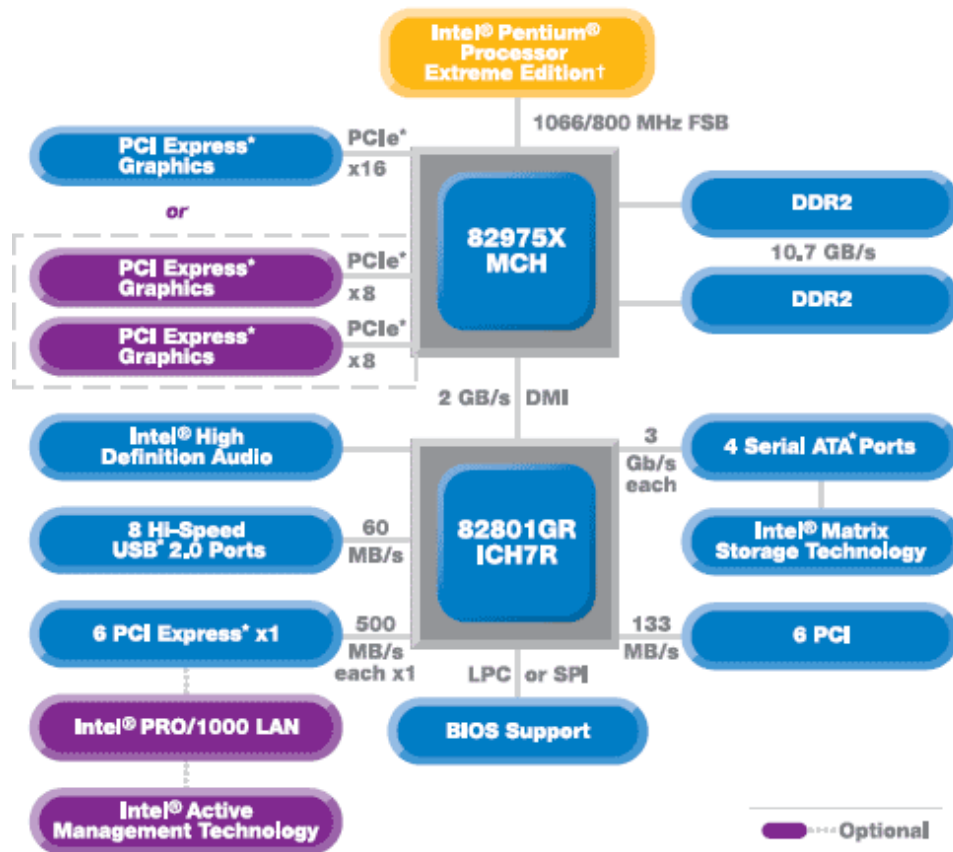
Piirisarjan valinta

Piirisarjaa valitessa kannattaa muistaa, etteivät kaikki piirisarjat toimi kaikkien prosessorien kanssa vaikka emolevyn prosessorikanta olisikin yhteensopiva. Jos päätyy valitsemaan prosessorin ensin, vähentää se emolevy- ja piirisarjavaihtoehtoja huomattavasti helpottaen näiden valintaa. Prosessorin valinta ensin ei ole perusteltua, ellei jokin tietty prosessori ole selvästi muita tehokkaampi audiokäytössä tai hinta-tehosuhteeltaan ylivoimainen. Koska piirisarjalla on suuri vaikutus audiotyöaseman kokonaissuorituskyvyille, kannattaa prosessoreja ja piirisarjoja arvioida yhtäaikaan /36/.

Intel on jo pitkään valmistanut luotettavia ja vakaita emolevypiirisarjoja, jotka tämän vuoksi soveltuvat hyvin audiokäyttöön. Piirisarjat ovat lisäksi olleet hyvin yhteensopivia audiolaitteiden ja –ohjelmistojen kanssa. Tämä johtuu siitä, että audioalan yritykset testaavat pitkää perinteestä johtuen tuotteensa ensisijaisesti Intelin piirisarjoilla ja prosessoreilla. Tämä takaa markkinoiden kattavimman, joskaan ei täydellisen, yhteensopivuuden Intelin piirisarjojen ja audiotuotteiden välille. Intelin piirisarjojen vähäisemmällä lukumäärällä on varmasti myös osuutensa audiotuotteiden kattavampaan ja perusteellisempaan testaamiseen.

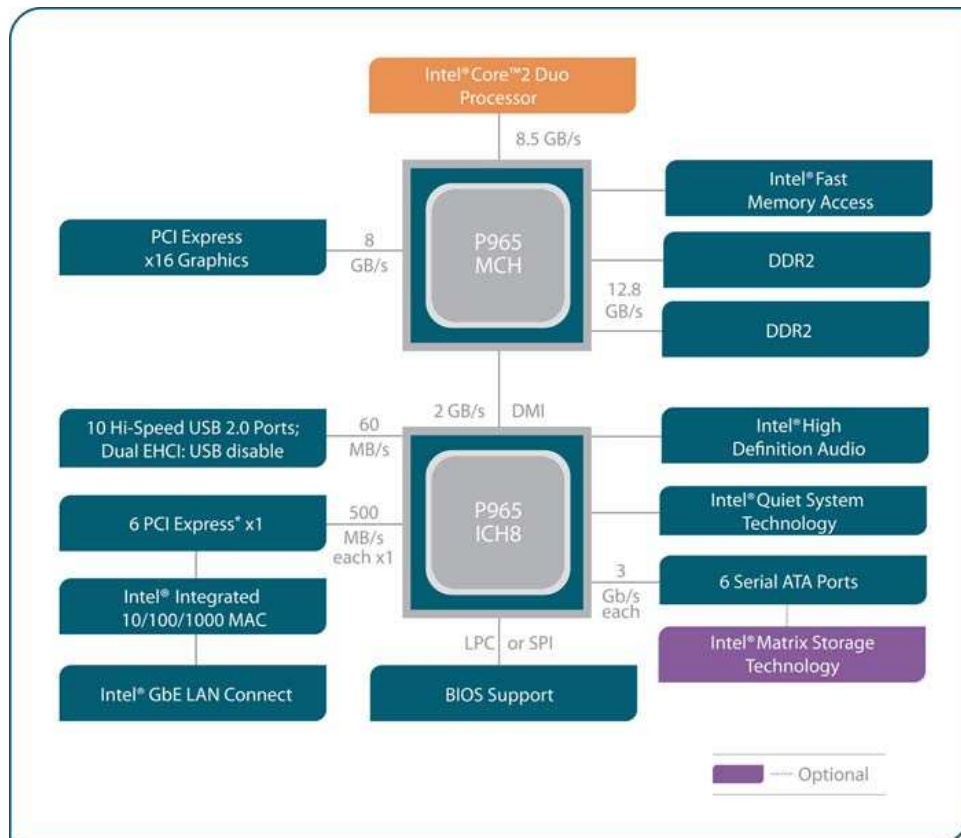
Intelin prosessorit tukevat vain Intelin omia piirisarjoja, joihin perustuvia emolevyjä valmistavat nykyisin jo muutkin valmistajat. Työssä päädyttiin valitsemaan prosessori ensin, koska Core 2 Duo –prosessorit ovat suorituskyvyltään, virrankulutukseltaan ja hinta-teho-suhteeltaan ylivoimaisia tällä hetkellä. Prosessorin valinta rajoitti yhteensopivien piirisarjojen ja emolevyjen määrän huomattavasti helpommin vertailtavaksi.

Intelin Performance-luokan piirisarjojen suorituskyky on hyvä, mikä on audiokäytössä erittäin tärkeää. Core 2 –prosessorien kanssa yhteensopivia Performance-luokan piirisarjoja ovat vain 975X Express ja P965 Express, joista valittiin P965 Express. Kummassakaan piirisarjassa ei ole integroitua näytönohjainta. Integroiduilla näytönohjaimilla varustettuja piirisarjoja ei yleensä suositella audiokäyttöön, koska niiden kanssa on suurempi riski ajautua suorituskykyongelmiin. Intel 975X-piirisarja on työasemakäyttöön suunniteltu Intelin lippulaivamalli ja se tarjoaa erinomaisen suorituskyvyn myös audiokäyttöön. 975X Express-piirisarja on suunniteltu erityisesti pelikäyttöön. Piirisarjassa on kuitenkin audiokäytön kannalta turhia ominaisuuksia, kuten kahden näytönohjaimen tuki, mikä nostaa piirisarjaa käyttävien emolevyjen hintaa.



KUVA 6 Intel 975X Express -piirisarjan kaaviokuvasta selviää mm. piirisarjan rakenne, väylänopeudet ja liitännöjen määrät. Piirisarja tukee mm. kahden PCI Express-näytönohjaimen käyttöä, mistä ei ole audiokäytössä hyötyä. /54/.

Intel P965 Express -piirisarja julkaistiin samaan aikaan kuin 975X Express kesäkuussa 2006. P965 Express ei ole aivan yhtä monipuolinen kuin 975X Express. P965 Express -piirisarjaa käyttävät emolevyt ovat hieman halvempia kuin 975X Express -piirisarjaa käyttävät. Yksi syy P965-piirisarjan valintaan on se, että piirisarjan väylänopeudet ovat muuten samat kuin 975X-piirisarjassa, mutta muistiväylän nopeutta on kasvatettu 12,8 Gt/s, mikä tehostaa koko piirisarjan toimintaa. Muut erottavat tekijät piirisarjojen välillä ovat P965 Expressin yhden näytönohjaimen tuki, sekä hieman erilainen oheislaiteliitännöjen ja RAID-yhdistelmien tuki.



KUVA 7 Intel P965 Express -piirisarjan kaaviokuvasta selviää mm. piirisarjan rakenne, väylänopeudet ja liitäntöjen määrät. Paranneltu muistiohjain mahdollistaa 975X-piirisarjaa suuremman tiedonsiirtokapasiteetin muistiohjaimen ja keskusmuistin välillä. ICH8 ei tue PATA-liitäntöjä lainkaan, vaan ne on otettu käyttöön Jmicron JMB363-ohjaimella. /54/.

Emolevyn valinta

Emolevyn valinta samaa piirisarjaa käyttävien emolevyjen kesken ei ole niin helppoa kuin ehkä luulisi, etenkin jos vaihtoehtoja on kymmeniä. Koska emolevyjen testaamiseen etukäteen ei ollut mahdollisuutta, täytyi karsintaa tehdä aluksi ominaisuuksien, Internet-sivustojen suorituskykytestien ja audiokäyttötestien perusteella. Audiokäytössä toimiviksi testattuja emolevyjä on kaikilla valmistajilla, kuten myös toimimattomia. Luultavasti Asuksen ja Intelin emolevyjä käytetään eniten audiokäytössä. ASUS on yksi arvostetuimmista emolevyvalmistajista ja ainoa, joka on voittanut useamman kerran peräkkäin kansainvälisen ”vuoden emolevyvalmistaja” -palkinnon. Tunnustukset kertonevat jotain laadusta ja innovatiivisuudesta, vaikkeivät ne takaa minkään emolevyn toimivuutta audiokäytössä.

975X Express -piirisarjoja käyttäviä emolevyjä ei ole montaa markkinoilla vielä tällä hetkellä. Vaihtoehtoina ovat vain ASUS P5W DH Deluxe, Intel D975XBX ja MSI 975X Platinum PowerUp Edition. Näistä vaihtoehdoista Asuksen emolevy tarjoaa monipuolisimmat ominaisuudet.

ASUS P5W DH Deluxe on selvästi suunniteltu pelaajille, mikä näkyy mm. kahden näytönohjaimen CrossFire-tukena. Emolevy toimii etenkin tehokkaana alustana paljon moniajtoa suorittavalle PC:lle ja sen multimediaominaisuudet ovat huippuluokkaa. Emolevy tukee Intel Core 2 -tuplaydinproessoreita, ATI CrossFire -näytönohjainteknologiaa, 8 Gt:n verran kaksoiskanavaista DDR2 800/667/533 MHz -muistiarkkitehtuuria ja prosessoriväylän 1066/800 MHz:n väylänopeutta. ASUS P5W DH Deluxea valmistetaan ICH7R- (RAID) ja ICH7DH- (Digital Home) oheislaitteohjainpiireillä. Audiokäyttöön paremmin soveltuvassa RAID-versiossa ei ole kaikkia Digital Entertainment -ominaisuuksia, mutta silti laajat multimediaominaisuudet. Myös oheislaitteiden liitännämahdollisuudet ovat monipuoliset. Muun muassa kaksi PCIe x16-paikkaa, kaksi PCIe x1-paikkaa ja kolme PCI-paikkaa tarjoavat tilaa nykyisille ja tuleville lisäkorteille.

Audiokäytön kannalta ASUS P5W DH Deluxe:n kiinnostavin asia on kiintolevyihin liittyvät ominaisuudet. ICH7R tarjoaa neljä SATA 3,0 Gt/s -liitännää, IDE-liitännän ja Matrix Storage -teknologian kahden levyn RAID 10 -yhdistelmän luontia varten. Emolevyltä löytyy myös JMicron JMB363 -ohjain IDE-liitännää ja kahta SATA 3,0 Gt/s -liitännää varten, joista toinen on ulkoinen eSATA-liitäntä. eSATA-liitännää ei voi kuitenkaan kytkeä koneen ollessa käynnissä, jos porttia käytetään osana RAID-järjestelmää. Lisäksi emolevyltä löytyy vielä Silicon Image SteelVine 4723 SATA RAID -prosessori, joka tarjoaa kaksiporttisen SATA 3,0 Gt/s RAID:n ja on laitteistopohjainen ratkaisu. Monipuoliset RAID-ominaisuudet eri ohjaimia käyttäen tekevät emolevystä audiokäyttöön erittäin hyvin soveltuvan. Emolevy tukee seuraavia RAID-tiloja: 0, 1, 5 ja 10, eli 0+1.

Intel P965 Express -piirisarjalle emolevyvaihtoehtoja löytyy yhteensä kymmeniä eri valmistajilta, joihin kuuluvat mm. Abit, ASUS, Gigabyte, Intel ja MSI. Emolevymallien määrät vaihtelevat 2 ja 4 välillä valmistajaa kohti, mistä johtuen vertailu ei ole aivan yhtä helppoa kuin 975X-piirisarjaan pohjautuvien emolevyjen kohdalla.

ASUS P5W DH Deluxen hieman monipuolisemmista RAID-ominaisuuksista huolimatta P965 Express -piirisarjaa käyttävä ASUS P5B Deluxe tarjoaa erittäin hyvät mahdollisuudet eri RAID-tasojen luontiin. Vaihtoehtoina ovat tasot 0, 1, 5 ja 10, eli 0+1. Audiokäytön kannaltaärkevin yhdistelmä on RAID 10, jonka toteuttamiseen tarvitaan neljä samanlaista SATA-kiintolevyä. Kaksi kiintolevyistä kytketään RAID 0 -yhdistelmäksi äänityslevyjen suorituskyvyn parantamiseksi ja toiset kaksi RAID 1 -yhdistelmäksi peilaamaan, eli luomaan varmuuskopiot RAID 0 -yhdistelmästä lähes reaaliajassa. RAID 0 -yhdistelmän myötä äänityslevyjen kirjoitus- ja lukunopeus kaksinkertaistuu kasvattaen merkittävästi audiotyöaseman suorituskykyä. Esim. yhtäaikaan äänitettävien raitojen maksimimäärä lisääntyy kirjoitus- ja lukunopeuden lähes kaksinkertaistuessa.

ASUS P5B Deluxe on käytännön testien ja käyttökokemuksen perusteella yhteensopiva TC Electronic Powercoren ja Universal Audio UAD-1:n kanssa. Joidenkin AMD Athlon X2 –emolevyjen on raportoitu olevan epäyhteensopivia kyseisten DSP-korttien kanssa. DSP-kortit eivät tosin toimi vielä 64-bittisessä Windows XP:ssä, koska niille ei ole olemassa 64-bittisiä ajureita.

ASUS P5B Deluxen IRQ-keskeytyksien jako on suunniteltu audiokäytön kannalta paremmin kuin ASUS P5W DH Deluxen vastaava. Toisin sanoen P5B Deluxessa äänikorttien ja DSP-efektien kannalta oleellimmat PCI-, USB- ja IEEE1394-väylät jakavat vähemmän keskeytyksiä muiden väylien kanssa, tai ainakin vähemmän tiedonsiirtoa käyttävien laitteiden kanssa kuin P5W DH Deluxessa. Tämä tarkoittaa sitä, että äänikortti ja muut audiolaitteet on helpompi saada toimimaan ilman väylien tiedonsiirtoon liittyviä ongelmia.

ASUS P5B Deluxe on myös prosessorin ylikellottamista harrastavien harrastajien suosiossa, koska emolevy on erittäin vakaa ja mukana tulee useita ohjelmia, joilla emolevyn asetuksia voi helposti muuttaa. Ylikellottajien testien perusteella emolevy vaikuttaa olevan erittäin vakaa myös suuremmilla väylänopeuksilla.

ASUS P5B Deluxe hyväksyy huomattavasti paremmin eri muistikampamerkkejä ja -malleja kuin P5W DH Deluxe. Tämä johtuu uudemmassa muistiohjaimesta. Vaikka muistikammat voivat P5B Deluxessa olla kapasiteetiltaan erikokoisia, on suositeltavaa käyttää ainoastaan samankokoisia ja samantyyppisiä muistikampoja ongelmien välttämiseksi. Muistikammat aiheuttavat paljon yhteensopivuusongelmia vielä nykyisinkin. ASUS P5W DH Deluxessa on ilmeisesti myös suunnitteluvirhe, josta johtuen emolevy ei toimi kuin vain harvojen valmistajien muistikammoilla silloin, kun muistia asennetaan 4 Gt verran. ASUS P5W DH Deluxessa on myös integroitu langaton Wi-Fi-tukiasema, jota ei tosin ole pakko käyttää, mutta joka nostaa emolevyn hintaa.

6.2 Prosessorina Intel Core 2 Duo E6600

Komponenttien ja kokoonpanojen testaaminen suorituskykyä mittaavilla testiohjelmilla antaa vertailukelpoisen kuvan eri prosessorimallien välisistä suorituskykyeroista kyseisissä testiohjelmissa. Ongelmana voi kuitenkin olla se, että testiohjelmia ei ole suunniteltu huomioimaan Core 2 Duo –prosessorien suhteellisen suurta 4 Mt:n välimuistia, mikä saattaa vääristää tuloksia. Testiohjelmat eivät myöskään suoraan sovellu todellisen suorituskyvyn mittaamiseen, koska useimmat ohjelmat ovat ns. synteettisiä. Toisin sanoen ne pyrkivät keinotekoisesti jäljittelemään vastaavanlaista kuormaa, jonka oikeat sovellusohjelmat aiheuttavat tietokoneelle.

Core 2 Duo E6600 –prosessorin vertailu muihin tehokkaisiin prosessoreihin Steinberg Nuendo 3– ja Cakewalk SONAR 5 x64 -

sekvenssereillä osoittaa, että prosessorin käyttöaste eri latensseilla on sama tai pienempi kuin tuplaytimillä varustetun Opteron- tai Xeon-tuplaprosessorijärjestelmän /71/. Testissä käytettyjen prosessorien kellotaajuudet eivät olleet täysin toisiaan vastaavat Opteronien kellotaajuuden ollessa 2,6 GHz, Xeonien 2,0 GHz ja Core 2 Duo:n 2,66 GHz. Silti useiden muidenkin benchmark-testien tulosten perusteella voidaan päätellä, että Intelin uudet Core 2 –mikroarkkitehtuuriin pohjautuvat prosessorit ovat yleisesti tehokkaampia kuin tähän saakka tehokkaimmat prosessorit, Intelin Dual-Core Xeonit ja Pentium Extreme Editionit, sekä AMD:n Dual-Core Opteronit ja Athlon 64 FX:t.

AMD:n prosessorien etuna on ollut integroitu muistiohjain, joka on parantanut suorituskyyvyä lähes emolevystä riippumatta. Se on vähentänyt muistin latenssia merkittävästi. Tämä yhdessä HyperTransport-väylän kanssa on vähentänyt prosessoriväylän rasitetta ja poistanut yhden prosessoriarkkitehtuurien pahimmista pullonkauloista. Koska muistin suorituskyyky vaikuttaa merkittävästi koko järjestelmän suorituskyykyyn, on Intel kärsinyt FSB-väylän rajoittuneesta kaistanleveydestä. /40/.

Intel teki useita pienempiä parannuksia Core-arkkitehtuuriin vähentääkseen muistin latenssiongelmaa ja kasvattaakseen kokonaissuorituskyykyä. Suurin osa parannuksista on melko pieniä, mutta niiden yhteisvaikutus kasvattaa suorituskyykyä huomattavasti. Suurin yksittäinen parannus on prosessorin uusittu liukuhihna. Siinä missä Core Duo –prosessorit pystyvät suorittamaan kolme käskyä kellojakson aikana, Core 2 Duo –prosessorit suorittavat neljä, mikä merkitsee huomattavaa suorituskyyvyn ja tehokkuuden kasvua. Vähentääkseen prosessoriväylästä aiheutuvaa pullonkaulaa Intel on kasvattanut väylän kellotaajuutta 800 MHz:stä 1066 MHz:iin. /40/.

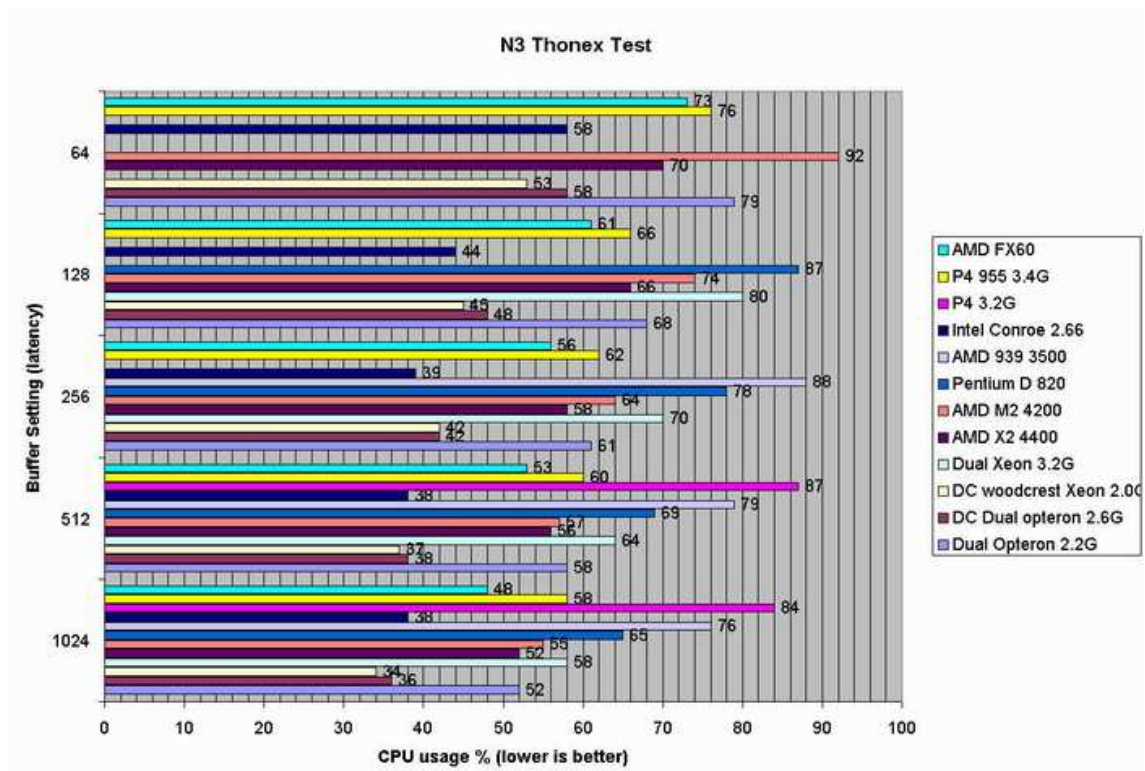
Core 2 –tuplaydinprosessorit käyttävät jaettua 2 Mt tai 4 Mt L2-tason välimuistia mallista riippuen. Välimuisti voidaan dynaamisesti jakaa kumman tahansa ytimen käyttöön esim. silloin kun suoritettava ohjelma ei tue monisäikeistettyä prosessointia. Toisin sanoen toinen ydin saa käyttöönsä koko 4 Mt välimuistin. Suurempi L2-välimuisti vähentää prosessorin tarvetta hakea tietoa keskusmuistista, mikä vähentää muistin latenssia huomattavasti. Core 2 Duo –prosessorit ovat merkittävien työasematietokoneiden prosessorijulkaisu vuosiin. Ne tarjoavat hyvän hinta-teho-suhteen lisäksi alhaiset toimintalämpötilat ja sen myötä hiljaisemmän jäähtymisen. /40/.

Esimerkkikokoonpanon prosessoriksi valittiin Intel Core 2 Duo E6600, koska prosessori on hinta-teho-suhteeltaan tällä hetkellä ylivoimainen kaikkiin muihin prosessoreihin nähden. Suorituskyyky on erittäin tärkeää audiokäytössä, mutta sen lisäksi Core 2 Duo –prosessori tarjoaa parhaan suorituskyyvyn suhteessa virran kulutukseen sekä alhaisen lämmöntuoton, joka helpottaa hiljaisen ilmajäähtyksen prosessorijäähtymisen rakentamista. 64-bittisyyden myötä prosessorin kasvanut liukulukurekisterien määrä sekä tuplaydin tuovat merkittävää etua audiokäyttöön. Prosessorin välimuistilla on tärkeä osuus audiokäytössä

koska välimuisti varastoi kaiken prosessorin kautta kiertävän datan. Vaikka 4 Mt L2-välimuisti ei perinteisten benchmark-testien perusteella hyödytä paljoakaan verrattuna 2 Mt välimuistiin, ero suorituskäytössä tulee paremmin esille audio-ohjelmilla. Aiempia prosessoreja suurempi suoritinyksiköiden määrä vaikuttaa erityisesti raskaissa sovelluksissa, kuten virtuaalisten instrumenttien käytössä, suorituskäytössä parantaen.

Alla olevan Thonex-testin tulokset antavat kuvan eri prosessorien välisistä suorituskäytöeroista Steinberg Nuendo 3 -sekvensserissä. Testimenetelmät olivat seuraavat:

- Jokainen testi tehtiin 24-bittisenä 44,1 kHz näytteenottotaajuudella.
- Jokainen testi tehtiin vähintään kaksi kertaa joista korkein, eli huonoin prosessorin käyttöaste jäi voimaan. Poikkeavat testitulokset varmistettiin uudelleentestauksella.
- Testituloksissa olevat luvut eivät ole keskiarvoja vaan prosessorin korkeimpia piikkiarvoja, jotka on saatu sekvensserin prosessorimittarista.
- Sekvensserin audiomoottori on resetoitu jokaisen puskuriasetuksen muutoksen jälkeen.
- Jos testissä esiintyi yksikin audion katkeaminen tietyllä puskurin asetuksella, tätä puskurin asetusta ei sisällytetty kuvaan.
- Testissä käytettiin ainoastaan monikanavaisia äänikortteja, jotka kuormittavat enemmän prosessoria kuin stereoäänikortit. Testissä käytettiin RME Multiface-, RME Fireface-, RME Madi- ja M-Audio Firewire 410 -äänikortteja. /71/.



KUVA 8 *Prossessorien käyttöasteen vertailu Thonex-testillä Steinberg Nuendo 3 –ohjelmassa. Eri puskuriasetukset vaikuttavat latenssiin ja prosessorin kuormitukseen. Pienimmällä latenssilla ja puskurin koolla tuplaydin-Xeon (Woodcrest) -prossessori päihittää Core 2 Duo (Conroe) –prossessorin niukasti. Seuraavilla puskurin asetuksilla kyseisten prosessorien erot jäävät hyvin pieniksi Core 2 Duon ollessa tehokkaampi. AMD:n tehokkain tuplaydin- ja tuplaprosessori-Opteron-kokoonpano ei jää suorituskyvyssä paljoa Core 2 Duo:lle ja tuplaytimellä varustetulle Xeonille. Intel Xeon testattiin RME Multiface-äänikortilla ja AMD Opteron RME Madi-äänikortilla. Muut prosessorit testattiin M-Audio Firefire 410 -äänikortin kanssa. /71/.*

6.3 Muisteina Kingston KVR667D2N5K2/2G

Muistikampoja valitessa hyvä lähtökohta on etsiä emolevyvalmistajan julkaisema lista testatuista ja yhteensopivista malleista. Emolevyn kanssa huonosti yhteensopivat muistikammat aiheuttavat vielä nykyisinkin hyvin paljon ongelmia PC-tietokoneissa. Kaikki emolevyvalmistajat eivät julkaise yhteensopivuuslistoja, minkä takia kannattaa suosia vain merkkejä ja malleja, joille yhteensopivuustestit on julkaistu. Vaikka monet muistikammat voivat toimia pareittain kaksoiskanavaa käyttäen useimmissa emolevyissä, vain harvat muistikammat toimivat neljän kamman yhdistelmällä kaksoiskanavaa hyödyntäen. Tämä on syytä ottaa huomioon jo ensimmäistä muistikampaa valitessa, koska muistin lisäysmahdollisuudet myöhemmin riippuvat paljon muistikamman mallista. Erimerkkisiä ja -mallisia muistikampoja ei suositella käytettäväksi samassa kokoonpanossa, vaikka Intelin P965-piirisarja tukeekin teoriassa erilaisten kampojen käyttöä.

Hyvämaineisia muistikampojen valmistajia on useitakin, joista monet ovat myös pelaajien ja ylikellottajien suosiossa. Silti laadukkaiden valmistajienkaan kaikki mallit eivät toimi kaikissa emolevyissä. Kingston on jo useamman vuoden ajan valmistanut luotettavia, hyvin yhteensopivia ja suhteellisen edullisia muistikampoja.

Kingston KVR667D2N5K2/2G on kahden 1 Gt:n muistikamman yhteensovitettu muistipari. Muistikammat hyödyntävät DDR2 SDRAM DIMM –teknologiaa. Muistit toimivat 667 MHz taajuudella jolloin muistin CAS-latenssin arvo on 5. Muistityyppi on testattu laajasti DDR2-yhteensopivilla emolevyillä yhteensopivuuden takaamiseksi. Vaikka P965-piirisarja tukee muistien 800 MHz ja 1033 MHz väylänopeuksia, kyseiset muistikammat ovat vielä tällä hetkellä huomattavasti kalliimpia, kuin 667 MHz nopeudella toimivat. Suuremmista väylätaajuuksista ei ole juurikaan käytännön hyötyä sovelluksissa.

6.4 Kiintolevyinä Western Digital Caviar SE16 WD3200KS

Kiintolevyjen valintaan vaikuttavat monet asiat. Audiokäytön kannalta tärkeimpiä ominaisuuksia ovat jatkuva tiedonsiirtonopeus ja hiljaisuus. Jatkuvaan tiedonsiirtonopeuteen vaikuttaa eniten kiintolevyn

kierrosnopeus ja välimuistin koko. Kierrosnopeus on syytä olla vähintään 7200 rpm ja välimuistin koko vähintään 8 Mt, mieluiten 16 Mt. Suurempi välimuisti parantaa jatkuvaa tiedonsiirtokykyä tiedon paremman puskurointikyvyn takia. Suuremmat kierrosnopeudet puolestaan aiheuttavat ylimääräistä melua, joka ei ole toivottavaa audiotyöasemassa. 10000 kierrosta minuutissa tai nopeammin toimivat kiintolevyt ovat myös selvästi kalliimpia ja pienempiä kapasiteetiltaan kuin 7200 rpm nopeudella toimivat, eikä niiden käyttöikä ole yhtä pitkä. Myös SATA-levyjä on saatavana 10000 rpm nopeuksilla. Väylätyypillä ei ole suurta merkitystä SATA150- ja SATA300-väylien kesken, koska kummankaan väylän tiedonsiirtokapasiteetti ei ole rajoittava tekijä tiedonsiirtonopeudelle nykyisillä kiintolevyillä. CD-laatuinen ääni (16 bit / 44,1 kHz) vie tilaa noin 10 Mt/min/ ja rasittaa saman verran siirtoon käytettyjä väyliä.

Valittu Western Digitalin (WD) kiintolevy edustaa SATA II-standardia. Kiintolevyn välimuisti on 16 Mt, kierrosnopeus 7200 rpm ja jatkuva tiedonsiirtonopeus 70 Mt/s. Kiintolevyn etsintäaika lukiessa on 8,9 ms. Western Digital Caviar SE16 WD3200KS ei ole hakuajoiltaan kaikkein nopein 7200 rpm nopeudella toimiva kiintolevy, mutta huomattavasti hiljaisempi kuin Maxtorin, Samsungin ja Seagaten hiljaisimmat mallit. Eri merkkien välillä ei ole suurta eroa äänentasoissa ja luonteessa joutokäyntitilassa, mutta luku- ja kirjoitustilanteessa erot ovat huomattavia. WD tuottaa myös vähän lämpöä verrattuna useimpiin muihin SATA II-levyihin, minkä pitäisi edesauttaa levyjen kestoa ja kotelon lämpötilan pysymistä alhaisempana. WD:n hinta on kapasiteettiin, suorituskykyyn ja hiljaisuuteen nähden hyvin kohdallaan tällä hetkellä.

Esimerkkikokoonpanoon asennettiin 6 kappaletta kyseisiä WD:n kiintolevyjä. Näistä neljä muodostavat RAID 10 (0+1) –yhdistelmän, jolla saavutetaan huomattava suorituskyvyn kasvu äänitetessä. Lisäksi audiorelevyjen sisältö varmuuskopioidaan reaaliajassa kahdelle muulle levyille. Kahdelle levyistä kirjoitetaan yhtäaikaan dataa niin, että tiedon kirjoitus- ja lukunopeus lähes kaksinkertaistuu vuorottelun myötä. Käyttöjärjestelmälle varattiin oma kiintolevynsä kuten myös laajoille sämplekirjastoille.

Käyttöjärjestelmä kannattaa aina asentaa erilliselle kiintolevyille, joka levyn koosta riippuen voi olla hyvä osioida pienemmäksi, kuin mitä kiintolevyn koko kapasiteetti on. Käyttöjärjestelmä ja sovellusohjelmat harvoin tarvitsevat tilaa yli 20 gigatavua, kunhan esim. sämpletiedostot asennetaan eri osiolle tai eri kiintolevyille. Käyttöjärjestelmän ja sämplekirjastojen eri kiintolevyille asennuksessa on se etu, ettei kymmenien gigatavujen kirjastoja tarvitse asentaa kuin kerran, vaikka käyttöjärjestelmän joutuisikin asentamaan uudestaan. Toisaalta käyttöjärjestelmän varmuuskopioiden koko saadaan pidettyä pienempänä kun sämpleista ei tehdä varmuuskopioita säännöllisin väliajoin.

Jotkut DOS-pohjaiset kiintolevyjen partitiointiohjelmat, kuten Partition Magic, eivät pysty osioimaan SATA-väyläisiä levyjä ennen käyttöjärjestelmän asennusta. Myös Acronis ja Norton Ghost kärsivät

samasta rajoituksesta. Tästä syystä kannattaa käyttää lähinnä Windows XP:n asennusohjelman omaa partitiointiohjelmia kun käyttöjärjestelmää asentaa.

6.5 Äänikorttina RME Fireface 400

Äänikortti valitaan usein pelkästään helposti mitattavien ominaisuuksien, kuten bittisyyden, näytteenottotaajuuden ja liitäntöjen määrän mukaan. Harvemmin kiinnitetään huomiota ajurien toimivuuteen tai siihen, että äänenlaatu ei ole sama asia kuin äänikortin bittisyys ja näytteenottotaajuus. Nykyiset äänikortit ovat poikkeuksetta 24-bittisiä ja vähintään 96 kHz näytteenottotaajuudella varustettuja. Useimmissa tapauksissa äänikortin valintaan vaikuttaa myös liitäntäväylä ja erityyppisten analogisten ja digitaalisten audioliitäntöjen määrä. Tässä työssä valittavissa olleiden äänikorttien määrää rajoitti huomattavasti 64-bittisten Windows XP-ajurien saatavuus.

Työssä päädyttiin FireWire-väyläiseen äänikorttiin osittain siksi, että äänikortti olisi helposti vaihdettavissa audiotyöasemasta toiseen, esim. pöytäkoneesta kannettavaan. USB-väyläiset äänikortit eivät ole yleisesti ottaen vakuuttaneet, vaikka väylän Hi-Speed-versio onkin teoriassa nopeampi kuin FireWire 400-väylä. Eri äänikorttivalmistajat ovat kehittäneet erilaisia menetelmiä jitterin minimoimiseksi. Vaikka RME:n SteadyClock-teknologia ei teknisten tietojen mukaan ole kaikkein paras jitterin poistaja, ei monessa FireWire-väyläisessä äänikortissa ole lainkaan jitterin poistoa. Esim. Focusrite Saffire Pro 26 I/O:n jitteriarvot ovat erittäin hyvät, alle 250 picosekuntia, kun vastaava arvo RME:n SteadyClock-teknologiaa käyttävillä äänikorteilla on parhaimmillaan noin 1 nanosekuntia, eli 1000 picosekuntia. Saffire Pro:lle ei ole vielä 64-bittisiä ajureita, joten se ei siksi sovellu esimerkkikokoonpanoon, vaikka muuten vaikuttaakin hinta-laatu-suhteeltaan erittäin hyvältä.

RME Fireface 400 tarjoaa kaksi mikrofoni/instrumenttietuastetta, joiden äänenlaatu on äänikorttiin integroitujen etuasteiden joukossa parhaasta päästä. Jos etuasteita tarvitsee enemmän, RME Fireface 800 tarjoaa neljä vastaavaa ja lisäksi FireWire 800 -väylän. AD-DA-muuntimien laatu on RME:n äänikorteissa aina ollut erittäin hyvä, eikä Fireface-sarja tee tähän poikkeusta, vaikka luonnollisesti RME:n erilliset AD-DA-muuntimet ovat vielä laadukkaampia kuten myös muutamien muiden high-end-äänikorttimallien muuntimet. RME:n ajurien laatu on jo usean vuoden ajan ollut tunnettu toimivuudestaan eikä ajureiden päivitystahdissa ole moittimista. RME Fireface 400 ei ole aivan paras mahdollinen vaihtoehto liitäntöjen määriä ja hintoja vertailtaessa. Focusrite Saffire Pro 26 I/O taas on ylivoimainen muihin tämän hetkisiin äänikortteihin nähden liitäntöjen määrän ja hinnan suhteen. RME:n innovatiiviset ominaisuudet ja laatu, sekä ajureiden toimivuus on kuitenkin huippuluokkaa.

6.6 Virtalähteenä Seasonic S12-430

Virtalähteen suurempi kapasiteetti ei ole itsetarkoituksellista. Normaalisti yhden prosessorin työasema kuluttaa virtaa tyypillisessä käytössä vain noin 50W - 250W. Uusien tehokkaiden SLI- ja CrossFire-näytönohjaimien käyttö kasvattaa virrankäyttöä noin 75W - 150W. Audiotyöasemassa on usein tavallista tietokonetta enemmän kiintolevyjä, sekä PCI- ja PCI Express-kortteja, jotka lisäävät virtalähteen kuormitusta. Tästä huolimatta audiotyöaseman virrankulutus harvemmin ylittää 300 wattia, koska kaikkia laitteita ei normaalisti käytetä yhtäaikaan. Vanhassa AMD Athlon 64 -pohjaisessa audiotyöasemassani on 4 kiintolevyä, PCI-äänikortti ja 3 PCI-väyläistä DSP-korttia muiden yleisten laitteiden lisäksi, eli järjestelmä on melko kuormitettu. Silti virtalähteenä toimiva 350W:n Nexus NX-3500 on riittänyt teholtaan mainiosti takaamaan luotettavan toiminnan. Ainoa haittapuoli on ollut virtalähteen melko korkea lämpötila, joka on osittain johtunut virtalähteen sijainnista Nexus Breeze -kotelon yläosassa, jolloin kotelon kuuma ilma kulkee virtalähteen lävitse.

Tehokkaamman virtalähteen etuna on yleensä alhaisempi toimintalämpötila ja sen myötä hiljaisempi jäähdytys, koska tehokkaammat virtalähteet on yleensä suunniteltu korkeille toimintalämpötiloille. Virtalähteen korkea hyötysuhde on oleellinen asia hiljaista toimintaa vaadittaessa. Hyötysuhde tarkoittaa sitä kuinka paljon virtaa virtalähde prosentuaalisesti pystyy hyödyntämään AC-DC-muunnoksessa. Esim. virtalähteen, joka tarvitsee 100 W vaihtovirtaa tuottaakseen 70 W tasavirtaa, tehokkuus on 70 %:a. Loput 30 W muuttuu lämmöksi virtalähteen sisällä lämmittäen myös ympäristöä.

Avaintekijät virtalähteen hyvälle suorituskyvyille ovat:

- Vakaa virranantokyky kuormituksen aikana
- Korkea hyötysuhde
- Hyvä jäähdytys
- Hiljainen toiminta
- Pitkän aikavälin luotettavuus

Tehokkaimpien virtalähteiden ja uusien emolevyjen yhdistelmien kanssa on yleisesti ollut ongelmia merkeistä riippumatta. Ongelma ei johdu siitä, että virtalähteiden maksimitehot ylittyisivät. Tehokkaammat virtalähteet vain tarvitsevat korkeamman minimitehon 12 voltin linjassa ylipäättään käynnistyäkseen. Tyypillisesti puhutaan 1 ampeerista tai suuremmasta määrästä. Vanhemmat vähemmän tehokkaat virtalähteet tarvitsevat alle 0,5 A jännitteen käynnistyäkseen. Mm. Seasonic on lisännyt uusiin malleihinsa aktiivisen piirin, joka automaattisesti lisää tarvittavan minimikuorman 12 V linjaan, ettei tietokoneen käynnistyminen ole ongelma. /67/.

Uusiin emolevyihin on lisätty erilaisia aikaviiveitä varmistamaan, että virtalähde ei altistu suurille jännitemäärille käynnistyksen yhteydessä. Monet Asuksen emolevyt tukevat tätä ominaisuutta, vaikka sitä ei kerrota tuotetiedoissa. ASUS ei ole ainoa valmistaja, joka tukee kyseistä

ominaisuutta. Varustelu alkoi Intel Prescott –prosessorien aikana, kun tietokoneen käynnistykseen tarvittava jännitemäärä kasvoi poikkeuksellisen suureksi. Valmistajat laajensivat ominaisuuden myös AMD:n prosessoreja tukeviin emolevyihin. Jotkut Asuksen emolevyt, jotka eivät käynnisty huipputehokkaiden Seasonic-virtalähteiden kanssa, eivät käynnisty myöskään muiden tehokkaimpien virtalähteiden kanssa. Oleellista on varmistua, että virtalähde tukee emolevyn vaatimaa virranantokykyä +12V2-johtimessa. Esim. ASUS P5W DH Deluxe vaatii tuplaydinprosessoria käytettäessä vähintään 16A virtaa +12V2-johtimessa. /67/. Käynnistysongelmat on nykyisin korjattu, eikä niitä enää esiinny kuin lähinnä käytettäessä vanhempia virtalähteitä uudempien emolevyjen kanssa.

Seasonic S12-430 –mallin yksi huono puoli on se, että suuremmissa rasituksissa, eli yli 200 W virranantotilanteissa virtalähteen tuulettimen äänentaso kasvaa melko nopeasti kuuluvalla tasolla, eli n. 25 dB:iin lähes kuulumattomasta 20 dB:n äänentasosta metrin päästä mitattuna. 250 W rasituksessa äänentaso kohoaa jo 29 dB:iin ja esimerkkikokoonpanon n. 300 W keskimääräisellä virrankulutuksella äänentaso on jo 32 dB, joka myös kuuluu selvästi yli hiljaisen huoneen taustakohinan. Tästä huolimatta virtalähde on hiljaisin mahdollinen tällä hetkellä. Myös valmistuksen laatu on moitteeton. Lisäksi virtalähteen ilmanottoaukot ovat mehiläiskennon muotoiset ja harvemmat kuin perinteisissä virtalähteissä, mikä parantaa ilmanottoa ja siten jäähdytystä. /68/.

6.7 Prosessorijäähdyttimenä Scythe Ninja PLUS SCNJ-1000-P

Scythe Ninja PLUS SCNJ-1000-P on suurimpia markkinoilla olevia prosessorijäähdyttäjiä. Valmistajan väitteistä huolimatta Scythe Ninjaa ei suositella käytettäväksi ilman tuuletinta paljon lämpöä tuottavien prosessorien kanssa. Passiivista tilaa suositellaan käytettäväksi ainoastaan vähän lämpöä tuottavien prosessorien kanssa. Enemmän lämpöä tuottavien prosessorien kanssa suositellaan 120 mm x 120 mm tuulettimen käyttöä tehostamaan lämmön johtumista ilmaan. Jäähdyttimen mukana tulee melko hiljainen vakiotuuletin, joka voidaan sijoittaa mille tahansa jäähdyttimen sivulle. Vakiotuuletin on hieman äänekkäämpi suuremmilla kierrosnopeuksilla kuin hiljaisimmat markkinoilla olevat 120 mm x 120 mm tuulettimet.

Scythe Ninja toimii parhaiten tuulettimen kanssa tornikotelossa. Jäähdytintä voidaan suositella kaikkein vaativimpiinkin jäähdytystarpeisiin todella hiljaisella äänentasolla. /52/. Antec P180:n kotelotuulettimet on sijoitettu jäähdyttimen kannalta optimaalisesti niin, että ne ovat Scythe Ninjan kahdella sivulla imemässä ilmaa jäähdyttimen läpi kotelosta pois. Ilmavirtausta kannattaa tehostaa asentamalla mukana tuleva tai esim. hiljaisempi Nexuksen 120 mm x 120 mm kotelotuuletin jäähdyttimen alapuolelle imemään kuumaa ilmaa passiivisen näytönohjaimen yläpuolelta pois.

Mallin hyvät puolet

- Hyvä jäähdytysteho useimmilla eri ilmavirtauksen määrillä
- Kiinnitysjärjestelmä takaa hyvän yhteensopivuuden
- Äärimmäisen tehokkaaksi suunniteltu rakenne
- Hyvät tuulettimen sijoittamisvaihtoehdot
- Hyvä ilmavirtausten suunnittelu (minimi äänentaso)
- Kohtuullinen paino ja hyvä painon jakauma. /52/.

Mallin huonot puolet

- Ei paras vaihtoehto passiiviseen jäähdytykseen räkkikoteloissa
- Liian suuri joihinkin koteloihin
- Liian tiukka kiinnitys joillekin emolevyille
- Tuulettimen kiinnitys hieman hankala
- Hankalampi kiinnittää 775-kantaan kuin vakiotuuletin, koska emolevyn joutuu irrottamaan taustalevyn asennuksen takia. /52/.

Scythe on tuonut markkinoille Ninjaa uudemman Infinity-mallin, jota ei ole tarkoitettu passiiviseen käyttöön. Mallin siili on hieman pienempi kuin Ninjan ja tuuletin toimii käytännössä vain kahdelta sivulta, toisin kuin Ninjassa, jossa tuulettimen voi asentaa mille tahansa sivulle. Infinityn kiinnitysmekanismi 775-kantaan on kätevämpi kuin Ninjan vastaava, koska kiinnitys onnistuu ilman emolevyn irrottamista. Infinityn jäähdytysteho ei ole aivan yhtä hyvä kuin Ninjan, ja Infinityn vakiotuuletin on myös hieman äänekkäämpi (n. 23 dB) kuin Ninjan vakiotuuletin. Kummankin vakiotuulettimen tilalle kannattaa vaihtaa hiljaisempi, esim. Nexuksen tai Cooltekin 120mm tuuletin, joiden äänentaso on n. 15 dB.

6.8 Näytönohjaimena XFX GeForce 7600GS 256

Näytönohjaimen valinnassa oleellisinta audiokäytön kannalta on passiivinen jäähdytys ja liitännät sekä 2D-kuvan laatu. Nykyisin näytönohjainten ajurit eivät aiheuta ongelmia niin paljon kuin aiemmin. Koska paras kuvanlaatu saavutetaan digitaalisilla liitännöillä ilman DA-muunnosta, päädyttiin valinnassa siihen, että näytönohjaimessa pitää olla digitaaliset ulostulot. Koska audiokäytössä usein käytetään kahta näyttöä, on digitaalisia DVI-liitäntöjä hyvä olla kaksi kappaletta. DVI-D-liitäntöjä on olemassa sekä Single Link-, että Dual Link -versioina. Dual Link mahdollistaa suuremman kaistanleveyden ja siten paremman kuvanlaadun etenkin suurempia resoluutioita käytettäessä. Nykyisten näytönohjainten virkistystaajuudet ovat niin korkeat suurillakin resoluutioilla, että näytöt asettavat rajoituksia niiden käytölle. Virkistystaajuuden merkitys korostuu lähinnä kuvaputkimonitoreja käytettäessä.

Edullisia passiivisella jäähdytyksellä varustettuja PCI Express-väyläisiä näytönohjaimia on markkinoilla paljon, mutta kahdella DVI-liitännällä varustettuja malleja ei ole kuin muutamia. Osassa näistä passiivinen

jäähdytys on testeissä aiheuttanut kuumenemisongelmia. Tästä syystä valinnassa päädyttiin NVIDIAN videopiirisarjaa käyttävään XFX 7600GS 256 –ohjaimeseen, joka on myös tehokkaampi kuin Club 3D Radeon X1300 Pro 256. Molemmat näytönohjaimet ovat suhteellisen edullisia, koska ne eivät edusta uusinta teknologiaa nopeasti uusiutuvassa näytönohjainkilpavarustelussa. Club 3D:n yleinen laatu ei käytännön kokemusten perusteella täysin vakuuta, vaikka hinta onkin edullinen. Vaikka näytönohjain ei audiokäytössä ole ratkaisevassa osassa suorituskyvyn kannalta, on sen laadulla kuitenkin merkitystä kokonaisuuden toimivuudelle.

6.9 Optisena asemana Plextor PX-760A 18x

Plextorin CD- ja DVD-asemien maine on pitkään ollut ylivoimainen. Asemien kirjoituslaatu on ollut tinkimätön ja uusien ominaisuuksien myötä asema tunnistaa mm. CD- ja DVD-median laadun ja optimoi kirjoitusnopeuden sen mukaiseksi. Asema osaa polttaa myös levyjä, joita se ei tunnista automaattisesti. AUTOSTRATEGY-ominaisuus mahdollistaa mm. laserin kalibroinnin ja polton testaamisen, kun asemaan laitetaan CD- tai DVD-media, jota sen mikro-ohjelmisto (firmware) ei tue. Tämä on erittäin kätevä ominaisuus, koska monia erimerkkisiä CD- ja DVD-levyjä on muutoin vaikea tukea. Asema osaa tarkkailla kirjoituslaatuaan ja tarvittaessa muuttaa kirjoitusstrategiaa pitäen kirjoituslaadun koko ajan optimaalisella tasolla. Plextorin asemassa on myös jitterin poisto-ominaisuus. Vaikka asema on normaalisti hyvin hiljainen, voidaan äänentasa laskea edelleen käyttämällä SilentMode-tekniikkaa. Plextor tarjoaa myös runsaasti diagnostiikka-ohjelmia, joiden avulla ominaisuuksia voi optimoida omien käyttötarpeiden mukaan.

Asema on IDE-väyläinen, koska se on halvempi kuin SATA-väyläiset asemat, eikä DVD-asema välttämättä tarvitse SATA-väylää. Emolevyllä on kuitenkin yksi SATA-paikka vapaana, jos sitä halutaan käyttää. Plextorilta löytyy samasta asemasta myös SATA-versio, joka on muuten identtinen IDE-väyläisen aseman kanssa. Plextorin asemien hinnat ovat kalleimmasta päästä, mutta niiden laatu, nopeus ja ominaisuudet antavat parhaan vastineen rahalle.

Tässä vaiheessa on liian aikaista tehdä valintaa uusien HD-DVD- ja Blu-ray-tallennusformaattien suhteen, koska asemia ei ole vielä markkinoilla tarpeeksi, eikä formaattien pysyvyydestä ole suuria takeita. Lisäksi näitä uusia formaatteja tukevat asemat maksavat vielä tässä vaiheessa huomattavan paljon. Tämän vuoksi esimerkkikokoonpanoon valittiin kirjoittava DVD-asema.

6.10 Kotelona Antec P180

Antec P180 eroaa rakenneratkaisuiltaan hyvin paljon muista suurista tornikoteloista. Kotelo on jaettu erillisiin kammioihin, joiden

tarkoituksena on hallita paremmin lämmöntuottoa ja ääneneristystä. Virtalähteen paikka on poikkeuksellisesti kotelon alaosassa omassa kammiossaan. Ratkaisulla on pyritty estämään virtalähteen tuottaman lämmön päätyminen muualle koteloon. Kotelon alaosassa oleva viileämpi ilma auttaa virtalähdettä toimimaan alhaisemmilla lämpötiloilla johtaen samalla jäädytyksen äänentason hiljenemiseen. Virtalähteen sijoitus kotelon taakse alaosaan vaikuttaa myös virtalähteen tuulettimen kuuluvuuteen. Perinteisissä ratkaisuissa kotelon yläosassa sijaitsevan virtalähteen tuuletin on usein tietokoneen äänekkäin yksittäinen komponentti. Yläosa on yleensä kuumin alue kotelossa, mikä ei helpota virtalähteen hiljaista toimintaa. Antecin kotelossa virtalähde sijoitetaan omaan kehikkoonsa, jonka kumiset eristeet vaimentavat virtalähteestä runkoon johtuvia ääniä. Virtalähteen kehikon molemmin puolin on tyhjää tilaa, josta kotelotuulettimen ilmavirtaus pääsee kulkemaan takaseinän aukoista ulos jäädyttäen virtalähteen ylä- ja alapintaa.

Kotelon pohjalla etuosassa on erillinen osasto neljälle kiintolevyille, jotka ovat omassa irrottavassa kehikossaan, joka on eristetty muusta rungosta muovisilla kiskoilla. Kiintolevyt on eristetty kehikosta kumisilla välikappaleilla, joiden läpi ne ruuvataan kehikkoon kiinni. Kiintolevyt ikäänkuin kelluvat kehikossa kyljellään toisistaan erillään. Tämä estää tehokkaasti äänten kantautumisen runkorakenteisiin. Kotelon etupaneelin ja kiintolevyjen väliin saa asennettua tarvittaessa 120 mm x 120 mm lisätuulettimen tehostamaan kiintolevyjen jäädytystä. Kiintolevy- ja virtalähdeosastojen välissä on asennettuna 120 mm x 120 mm kotelotuuletin, joka imee ilmaa kotelon etuosasta virtalähteeseen päin tehostaen kiintolevyjen tuottaman lämmön poistumista ja virtalähteen jäädyttämistä.

Kotelon takapaneelin yläosassa ja kotelon päällä takaosassa on 120 mm x 120 mm kotelotuulettimet, jotka imevät kuumaa ilmaa pois kotelosta kätevästi prosessorijäädyttimen lävitse. Tuulettimien pyörintänopeutta voi säätää kolmiasentoisilla kytkimillä, jotka on oletuksena säädetty hitaimmalle pyörimisnopeudelle. Tuulettimet pitävät kuitenkin vaimeaa hurinaa hitaimmallakin nopeudella. Massiivisen Scythe Ninja – jäädyttimen kanssa tuulettimet ovat hyvä yhdistelmä. Scythen oma vakiotuuletin puhaltaa ilmaa joko alhaalta ylöspäin tai edestä taaksepäin tehostaen ilmavirtausta. Prosessorijäädyttimen tuulettimen tarpeellisuus riippuu käytettävän prosessorin lämpötiloista, mutta sen käyttö ei ole välttämätöntä vähemmän lämpöä tuottavilla prosessoreilla.

Kotelon etuosassa on erillinen irrotettava kehikko kahdelle kiintolevyille. Kiintolevyt vaimennetaan kehikosta irti samanlaisilla kumisilla välikappaleilla kuin alemmassa kiintolevykehikossa. Lisäksi kehikossa on kelkat, joilla kelluvan kiintolevyn saa vedettyä ulos irroittamatta itse kehikkoa. Kiintolevyt ovat perinteisesti vaakatasossa, mutta selvästi erillään toisistaan, jolloin lämmöntuotto ei kuumenna ylempää levyä aivan yhtä paljon, kuin jos kiintolevyt olisivat hyvin lähekkäin kuten perinteisissä koteloissa. Myös liukuvien kelkkojen umpinainen metallipohja estää lämmön johtumista kiintolevystä toiseen. Tämänkin

kiintolevykehikon etupuolelle voidaan tarvittaessa asentaa 120 mm x 120 mm kotelotuuletin puhaltamaan kotelon etupaneelista viileää ilmaa sisäänpäin.

Kotelon etuosassa on myös oma erillinen kotelonsa levyasemalle ja optiselle asemalle, sekä ylimpänä 5,25” paikat kolmelle lisälaitteelle. Kotelon etupaneelin sivut ovat täynnä ilmanottoaukkoja. Etuoven takana olevassa paneelissa on kaksi pienempää ilmanottoluukkuja. Niiden takaa löytyvät pölysuodatinritilät, jotka estävät pölyn kulkeutumisen tuulettimien imussa kotelon sisälle. Suodattimet ovat pestäviä.

Kotelon etu- ja sivupaneelit vaimentavat kolmikerroksisella rakenteellaan kotelon ääniä ja johtavat myös lämpöä pois. Yhteenvetona voidaan todeta, että Antec P180 on paras markkinoilla tällä hetkellä oleva kotelo. Poikkeavan suunnittelun, tukevan teräsrakenteen ja huolellisen viimeistelyn ansiosta kotelo on huippuluokkaa. Ainoa pieni miinus tulee siitä, että erilliset osastot hieman hidastavat ja hankaloittavat johtojen asennusta.

6.11 Käyttöjärjestelmänä Windows XP Professional x64 Edition

Käyttöjärjestelmän valintaa ei tässä tapauksessa tarvitse tehdä kun keskitytään 64-bittiseen Windows-pohjaiseen järjestelmään. Windows XP Professional x64 Edition on vakaa käyttöjärjestelmä audiokäytössä. Windows XP x64:n käyttämisen suurin este kuitenkin on se, ettei kaikille ääni- ja DSP-korteille ole vielä saavutettu 64-bittisiä ajureita. Windows Vistan myötä ajurituki luultavasti laajenee nopeammin kuin tähän saakka. Mitään takuita ei ole siitä, että audiolaitteiden valmistajat tekisivät ajureita Windows XP x64-versioon.

Audiokäyttäjien ei välttämättä kannata siirtyä Vistan käyttöön heti kun se on mahdollista, koska uudet Microsoftin käyttöjärjestelmät ovat usein vaatineet enemmän tai vähemmän korjauspäivityksiä toimiakseen hyvin audiokäytössä. Microsoftin korjauspäivitykset ovat joskus myös aiheuttaneet ongelmia audiokäytössä. Tästä esimerkkinä on Windows XP:n Service Pack 2 (SP2), jossa IEEE1394-väylän nopeutta laskettiin jostain syystä kertomatta asiasta kuluttajille. Tämä vaikutti mm. FireWire-väylää käyttävien äänikorttien toimintaan, koska rajoitettu kaistanleveys vähensi mm. yhtäaikaan toistettavien ja äänitettävien raitojen määrää huomattavasti. Mahdollisten audiokäyttöongelmien vuoksi Vistan tilannetta kannattaa tarkkailla, kunnes käyttöjärjestelmästä on riittävästi käytännön kokemusta. Windows Vistasta on julkaistu RC1-versio (Release Candidate), joka on vapaasti ladattavissa Microsoftin www-sivuilta. Jotkut audiolaitteiden valmistajat ovat jo tehneet beta-versioita Vista-ajureistaan, joten tulevan käyttöjärjestelmän testaaminen on jo jossain määrin mahdollista.

6.12 Sekvensserinä Cakewalk Sonar 5 x64

Sekvensserin valintaan vaikuttavat monet seikat, mutta ehkä eniten ensisijainen käyttötarkoitus ja helppokäyttöisyys. Sekvensserit ovat keskittyneet osittain eri käyttötarkoituksiin ja sen myötä myös niiden ominaisuudet hieman eroavat toisistaan. Digidesign Pro Tools suunniteltiin alunperin vain audion äänittämiseen, vaikka nykyisten versioiden MIDI-ominaisuudet ovat myös hyvät. Steinberg Nuendo taas on suunniteltu erityisesti monikanavaisen äänen tuottamiseen liikkuvaan kuvaan, kuten musiikkivideoihin ja elokuvaan. Cakewalk valmisti alunperin vain MIDI-sekvensserejä, mutta otti audio-ominaisuudet mukaan myöhemmin. Cakewalkin pitkä historia MIDI-sekvensserien valmistajana näkyy myös SONARissa erittäin monipuolisina MIDI-ominaisuuksina. Myös SONARin audio-ominaisuudet ovat vuosien aikana kehittyneet erittäin hyvälle tasolle. Ohjelma tarjoaa 64-bittisellä kaksoistarkkuuksisella liukulukulaskennallaan parhaan signaali-kohinasuhteen ja dynamiikka-alueen kaikkien muiden sekvensserien toimiessa vielä 32-bittisellä sisäisellä tarkkuudella. Ainakin teoriassa kasvanut sisäinen resoluutio parantaa äänenlaatua, mutta käytännössä äänenlaadullisen eron kuuleminen riippuu kuuntelijasta ja mm. äänentoistolaitteiston laadusta. Vaikka SONAR tukee kolmansien osapuolien valmistamia 64-bittistä signaalinkäsittelyä tukevia efektejä, ei suurin osa efekteistä vielä tue ominaisuutta.

SONAR 5 x64 on ensimmäinen täysin 64-bittinen sekvensseri, vaikka suurin osa myös 32-bittisistä sekvenssereistä tukee jo 64-bittisiä prosessoreja. SONAR 5 x64:n asennuslevy sisältää myös 32-bittisen version ohjelmasta, jota voi käyttää 32-bittisellä Windows XP:llä hyödyntäen silti ohjelman sisäistä 64-bittistä kaksoistarkkuuksista liukulukulaskentaa. SONAR 5 tukee useimpien muiden sekvensserien tavoin tuplaydin- ja tuplaprosessorien käyttöä. Ohjelma saattaa olla hieman raskas vanhemmille tietokoneille, eikä sitä suositella käytettäväksi alle 512 Mt keskusmuistin ja 2,8 GHz Pentium 4 tai Athlon 64 2800+ - prosessorin kanssa.

SONAR on saanut olla markkinoilla yllättävän pitkään ainoana 64-bittisenä sekvensserinä. Muilta ohjelmistovalmistajilta on luultavasti tulossa Windows Vistan julkistuksen myötä täysin 64-bittiset versiot sekvenssereistään. Osa ohjelmisto- ja laitevalmistajista ei välttämättä tule tukemaan Windows XP:n 64-bittistä versiota lainkaan.

7 YHTEENVETO

Tietokoneiden ja teknologioiden kehitys on erittäin nopeaa. Osa teknologioista jää käyttöön, kun taas osa unohtuu nopeasti. Uusien teknologioiden todelliset hyödyt tai haitat nähdään usein vasta muutaman vuoden päästä. Tällä hetkellä vaikuttaa siltä, että musiikin tuotanto on kokemassa suurimman muutoksen sitten digitaaliseen äänittämiseen siirtymisen. Uusia teknologioita ei tosin ole otettu käyttöön laajemmassa mittakaavassa monista käytännön syistä, kuten 64-bittisen ajurituen puutteellisuudesta johtuen.

64-bittisiä prosessoriarkkitehtuureja päästään hyödyntämään jo nyt ensimmäisen 64-bittisen sekvensserin ja Windows XP Pro x64:n, sekä kymmenien äänikorttien 64-bittisen ajurituen myötä. Silti musiikin tuotanto ei ole vielä siirtynyt uusien teknologioiden käyttöön laajemmassa mittakaavassa. Osittain tämä johtuu varmaankin varovaisuudesta uusien teknologioita kohtaan, sekä siitä, ettei 64-bittisiä ajureita ole tarjolla kaikille audiolaitteille. Täysin 64-bittistä sekvensseriä ei ole toistaiseksi tarjolla kuin Cakewalkilla. Myös sillä saattaa olla merkitystä, ettei uusien teknologioiden todellisista hyödyistä ja haitoista tiedetä tarpeeksi. Toimiviksi todettuja audiolaitteita ei luultavasti vaihdeta sen takia, ettei 64-bittisiä ajureita ole saatavilla.

Tuplaydinprosessorien käyttöönotto lisää audiotyöasemien suorituskykyä huomattavasti. Parempi suorituskyky lisää yhtäaikaisten raitojen määrää ja reaaliaikaisten efektien käyttömahdollisuuksia sekä mahdollistaa lähes latenssittoman äänittämisen. Myös audion prosessointiin kuluva aika vähenee. Fyysisen keskusmuistin tuki on noussut tasolle, joka mahdollistaa monia uusia käyttötapoja, kuten suoratoiston keskusmuistista. 64-bittiset audio-ohjelmat yleistyvät pikkuhiljaa tehostaen audiotyöasemien toimintaa ja parantaen äänenlaatua. Windows Vistan tulevan julkaisun myötä audiolaitteiden 64-bittinen ajurituki on jo luultavasti paljon kattavampi kuin tällä hetkellä.

Toisaalta esimerkkinä teknologian kehittymisestä suuntaan, joka ei juuri hyödytä audiokäytössä, on äänikorttien korkeat näytteenottotaajuudet. Korkeiden näytteenottotaajuuksien käyttö huonontaa pahimmillaan äänenlaatua ja vähintään kuormittaa audiotyöasemaa turhaan. Myös pakettikytkentäisten väylien jitteriongelmat ovat esimerkki siitä, että IEEE1394- ja USB-väyliä ei ole suunniteltu varsinaisesti audiokäyttöä varten.

Uudet teknologiat tulevat joka tapauksessa muuttamaan digitaalista musiikin tuotantoa merkittävästi parempaan suuntaan. Siirtyminen kaikkialla käytössä olevasta 32-bittisyydestä 64-bittisyyteen ei kuitenkaan tapahdu hetkessä. Kuten kaikessa teknologian kehittämisessä, on 64-bittisyyteen siirtymisessäkin omat ongelmansa. Siksi 32-bittisyys ja 64-bittisyys tulevat elämään rinnakkain luultavasti monen vuoden ajan myös audiotyöasemissa.

Audiotyöaseman komponenttien valinnalle ei ole olemassa absoluuttisia valintakriteereitä ja –perusteita, jotka toimisivat kaikissa tilanteissa. Valinnoissa pitää aina ottaa huomioon audiotyöaseman erityinen käyttötarkoitus kuten mitä tahansa PC-tietokonetta rakennettaessa. Erona on vain erilaiset vaatimukset kuin muissa PC-tietokoneissa.

Koska luotettavuus, hiljaisuus ja yhteensopivuus ovat tärkeitä kriteereitä audiotyöaseman komponentteja valitessa, ei johtopäätöksiä soveltuvimmista komponenteista voi vetää yksinomaan teoreettisten perusteluiden pohjalta. Teoreettinen pohja on silti hyvä lähtökohta komponenttien valinnalle. Audiotyöasemaan valittuja komponentteja tulee testata todellisessa audiokäytössä eikä pelkästään synteettisillä testiohjelmilla. Synteettiset testit eivät välttämättä kerro kuin sen, miten kokoonpano pärjää suorituskäytössä osalta kyseisissä testeissä muihin kokoonpanoihin verrattuna. Komponenttien ja ohjelmien välisestä yhteensopivuudesta ne eivät kerro mitään. Käyttöjärjestelmän, ohjelmien ja ajureiden merkitystä audiotyöaseman toimivuuden kannalta tulisi tutkia jatkossa, koska niiden todellisesta merkityksestä ei löytynyt paljoakaan tietoa.

Loppujen lopuksi on hyvä muistaa, ettei audiotyöasemaan käytetyllä rahamäärällä ole paljon tekemistä sen kanssa, miten hyvin audiotyöasema toimii. On helppo sijoittaa tuhansia euroja esim. serveriemolevyyn pohjautuvaan tuplaprosessorikokoonpanoon, joka ei silti välttämättä toimi audiokäytössä. Toimivuus riippuu paljon valituista komponenteista.

7.1 Suorituskykytestien luotettavuus

Tietokoneiden suorituskykyä mittaavat ohjelmat jaetaan synteettisiin ja luonnollisiin ohjelmiin, sekä näiden yhdistelmiin. Synteettisillä testiohjelmilla pyritään mallintamaan sovellusohjelmien tietokoneelle aiheuttamaa kuormaa. Perinteisiä keinotekoisia testiohjelmiä ovat mm. Whetstone- ja Dhrystone-testiohjelmat. /66/. Audiokäytön kannalta merkittäviä prosessorin suorituskykyä mittaavia testiohjelmiä ovat ainakin ilmaisesta SiSoft Sandra –ohjelmistosta löytyvät CPU Multimedia (Integer ja Floating) –testit, sekä CPU Arithmetic (Dhrystone ALU ja Whetstone FPU) –testit, jotka mittaavat juuri audiokäytössä oleellisten laskutoimitusten nopeutta.

Synteettisten testiohjelmien huonona puolena on, että niillä saadut tulokset eivät vastaa tilannetta todellisten sovellusten kanssa /66/. Luonnollisten ohjelmien hyvänä puolena taas on, että ne kertovat todellisen suorituskyvyn juuri kyseisessä sovelluksessa. Luonnollisten ohjelmien suorituskyvyn vertailukelpoinen mittaaminen on usein ratkaistu testitiedostoilla, jotka aiheuttavat samanlaisen kuorman laitteistolle kaikissa kokoonpanoissa .

Tuotteen menestystä puolueettomissa testeissä voidaan parantaa suunnittelemalla tuote niin, että se pärjää hyvin tietyissä testeissä, jotka yleensä tehdään samalla tavalla. Testiohjelmia, jotka sisältävät komponenttivalmistajien mainoksia, on vaikea pitää täysin puolueettomina. Sama epäily koskee myös tuotteita testaavia Internet-sivustoja, jotka usein saavat tuotteet testeihin mainostamalla kyseisiä valmistajia sivuillaan. Internet-sivustojen puolueettomuutta on vaikea varmistaa muuten kuin kriittisellä suhtautumisella ja testimenetelmien ja tulosten luotettavuutta arvioimalla.

Näytönohjaimien kohdalla ajurihuijaus on jo vanha keino saada parempia testituloksia. Koska testeissä keskitytään näytönohjaimien nopeuden mittaamiseen, on olemassa esimerkkejä, joissa kuvanlaatua hieman huonontamalla on saatu lisää nopeutta ja testeissä parempi tulos. Kuvanlaadun pientä huonontamista ei välttämättä huomaa. Prosessoreilla ajurihuijaus-ongelmaa ei ole, koska prosessoreihin ei ole julkaistu ajureita enää aikoihin. Sen sijaan uudet Core 2 Duo -prosessorit sisältävät maksimissaan 4 megatavua L2-välimuistia. Synteettiset testiohjelmat on toistaiseksi suunniteltu pienempiä välimuisteja hyödyntäville prosessoreille, joten on mahdollista, että Core 2 Duo -prosessorit saavat testiohjelmissa parempia tuloksia kuin mitä niiden pitäisi saada. Asia voi olla myös toisin päin, eli testiohjelmisto on suunniteltu olemassaolevien prosessorien testaamiseen, eikä ohjelma siksi välttämättä osaa antaa oikeansuuntaista tulosta parannellusta tuotteesta. Testiohjelmita tehdäänkin uusia versioita hyvin usein. /44/.

7.2 Audiotyöasemien tulevaisuus

Bittisyyksien kasvu

Vaikka 64-bittisyys ei ole vielä laajassa mittakaavassa löytänyt tietänsä audiotyöasemiin, on jo pitkään ollut puhetta 128-bittisyydestä. Yleensä audioharrastajat vannovat ”suurempi – nopeampi - parempi” -moton nimeen, mutta 128-bittisyydestä ei odoteta suurta tehonlisäystä tai kuultavaa käytännön hyötyä. 128-bittisen laskentatarkkuuden käyttö tuskin auttaa ihmiskorvaa kuulemaan enemmän bittejä ja resoluutiota kuin 64-bittinen laskentatarkkuus. Asiantuntijat uskovat, että musiikin tuotanto on vähintään 10 vuoden päässä seuraavasta suuresta muutoksesta. /16/.

Moniytimisyyden alku

Tuplaytimet ovat vasta alku prosessorien moniytimisyydelle. Tuplaytimet ovat luultavasti jo muutamassa vuodessa vanhentunutta teknologiaa. Intel valmistautuu neljäytimisten serveriprosessorien toimittamiseen jo vuonna 2007 ja myös AMD kehittää neljäytimisiä prosessoreja. Intel valmisteleo kahdeksanytimisten prosessorien toimittamista jo vuonna 2008. /43/.

Hiljaisuus

Proessorien ja virtalähteiden huomattavasti parantuneet hyötysuhteet, sekä yleinen suuntaus suorituskyvyn mittaamiseen wattia kohti lupaavat viileämpää tulevaisuutta, mikä taas helpottaa hiljaisen jäähdytyksen aikaansaamista. Kiintolevyissä kaikkien valmistajien käyttöönottama dynaaminen nestelaakerointi vähentää huomattavasti levyjen äänentuottoa. Kuluttajien tietoisuus hiljaisista tietokoneista ja komponenteista kasvaa koko ajan, mikä kasvattaa vaatimuksia ja edesauttaa hiljaisten komponenttien lisääntymistä markkinoilla. Näytönohjainvalmistajien välinen suorituskykykilpailu muistuttaa hyvin paljon AMD:n ja Intelin välistä kellotaajuuskilpailua ennen Core-arkkitehtuuria. Ei ole vaikea ennustaa, että näytönohjainten kellotaajuuksissa tulee lämmöntuoton kanssa raja vastaan jossain vaiheessa. Ehkä siirtyminen moniytimisiin näytönohjaimiin on lopulta ratkaisu, jolloin saavutetaan myös parempi tehokkuus. Kaiken kaikkiaan tietokoneiden tulevaisuus näyttää hiljaiselta.

Laitteiston jakaminen (Hardware Splitting)

Yksi uusista hyvin mielenkiintoisista ominaisuuksista on laitteiston jakaminen, joka tarkoittaa kaikkien komponenttien virtualisointia käyttöjärjestelmille. Tekniikan myötä samassa tietokoneessa voidaan käyttää ainakin kahta eri käyttöjärjestelmää yhtäaikaan. Käyttöjärjestelmien kaikki ominaisuudet ovat käytössä aivan normaalisti. Käyttöjärjestelmät toimivat rinnakkain ja täysin toisistaan riippumattomasti käyttäen kuitenkin samaa fyysistä laitteistoa. Mahdollisia käyttökohteita audiokäytössä voivat olla esim. yhden käyttöjärjestelmän varaaminen pelkästään sekvensserille ja toisen vaikkapa efektiprosessoreille tai sämplerikäyttöön. Jokainen käyttöjärjestelmä toimii itsenäisesti ja on suorassa yhteydessä itse laitteistoon, I/O-liitäntöihin, väyliin, ajureihin jne. /16/.

Kiitokset

Suuret kiitokset Kirsi Rautajoelle opinnäytetyön sisällön ja kieliasun tarkistamisesta, Mikko Löytömäelle ja Mikko Suontaustalle rakentavasta palautteesta ja kommentista, sekä Kauko Ojaselle opinnäytetyön ohjaamisesta ja tarkistamisesta!