

VIRTUAALISEN MUSIIKINTUOTANNON TEKNOLOGIAT

OPINNÄYTETYÖ

Lahden Ammattikorkeakoulu
Mediatekniikan koulutusohjelma
Teknisen visualisoinnin suuntautumisvaihtoehto

8.5.2006
Matti Helminen

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön aihealueena on tietokonepohjainen musiikintuotanto. Tähän alueeseen sisältyy historia, jossa kerrotaan siitä, mistä kaikki sai alkunsa ja edetään kronologisesti aina nykyaikaan asti kertoen samalla vuosien mittaa tapahtuneista kehityskaskeista. Henkilöhistoriaa ei tässä työssä ole käsitelty kuin muutamasta tärkeästä henkilöstä, jotka ovat edesauttaneet synnyttämään tietokonepohjaisen äänentuotannon alaa.

Yksi tärkeä osa-alue on myös termistö, joka saattaa lukijalle olla vierasta. Työn sisältö on yritetty pitää helppolukuisena, mutta koska aihe on ajoittain kovin tekninen, saattaa jotkin kohdat tuntua hieman vaikeilta ymmärtää. Termistöä on myös yritetty pitää englanninkielisenä mahdollisimman paljon, sillä useille termeille ei suomenkielisiä vastineita löydy.

Aihealueeseen kuuluu myös yhtenä tärkeimmistä osista elektroninen äänen synnyttäminen. Tässä osassa kerrotaan erilaisista aaltomuodoista, sekä siitä, miten ne syntyvät ja mitkä niiden erityisominaisuudet ovat.

Case-osiossa tutkitaan kahteen eri synteesimalliin perustuvien syntetisaattoreiden mallintamista Synthedit-ohjelmalla.

Tämän työn tavoitteena on kertoa lukijalle nykyaikaisesta digitaalisen äänen tuotannosta tietokoneilla. Alue on todella laaja, eikä työssä ole voitu kertoa kaikesta kaikkea, vaan joidenkin osa-alueiden tiedot jäivät pakostakin vain pintaraapaisuiksi. Silti työssä on pyritty esittämään kaikki tärkeimmät asiat, joiden pohjalle virtuaalinen musiikintuotanto perustuu.

Avainsanat: virtuaalisuus, digitaalisuus, musiikkiteknologia

ABSTRACT

The objective of this thesis was to study different methods of virtual music technology. The work is arranged chronologically. It begins from the early history of virtual music. Later it goes deeper into electronic sound with some complicated examples on how the sound is created via different waveforms. The terminology can be somewhat difficult to understand so one chapter is dedicated to terminology and explanations.

The main focus has been on how virtual music has been created on computers and its peripherals, such as midi-controllers. While some information is given on different music production tools, such as digital and analogue synthesizers, it has not been the main point of this work.

An other main point of this thesis has been midi and the technology behind it. It is important to know how midi works to understand modern virtual music production. While this technology has been available since the 1980's, it is still the most used and supported digital protocol.

While this work does not actually examine any particular area of virtual music technology, it gives a basic understanding of modern music production on computers.

Key words: virtual, digital, music technology

1	Johdanto.....	1
2	Virtuaalisen musiikintuotannon historia.....	2
	2.1 Theremin	4
3	Virtuaalisen musiikintuotannon termistöä	4
	3.1 Oskillaattori	4
	3.2 Suodin (filter)	5
	3.3 Taajuus (frequency).....	5
	3.4 Amplitudi	5
	3.5 Vaihe (phase)	5
	3.6 Envelope.....	6
	3.7 LFO (low frequency oscillator)	7
	3.8 Harmonia	7
	3.9 Sekvensseri.....	7
	3.10 Plugin-formaatit.....	7
	3.10.1 VST	8
	3.10.2 DXi	8
4	Elektroninen Ääni.....	8
	4.1 Siniaalto.....	8
	4.2 Kanttiaalto	9
	4.3 Pulssiaalto.....	10
	4.4 Saha-aalto.....	10
	4.5 Kolmioaalto	11
5	Äänen digitalisointi.....	11
	5.1 Oversampling.....	12
	5.2 Fourier-muunnos	12
6	Virtuaalisen musiikintuotannon apuvälineet.....	13
	6.1 Sampleri	13
	6.2 Analogisyntetisaattori	13
	6.3 Digitaalisyntetisaattori	13
	6.4 Rumpukoneet.....	13
	6.5 Midi-kontrollerit.....	14
	6.5.1 Dj-tyyppiset kontrollerit.....	14
	6.5.2 Midi-koskettimistot.....	14
	6.5.3 Perkussio- sekä rumputyyppiset kontrollerit	14
	6.5.4 Mikserityyppiset kontrollerit	15
	6.5.5 Puhallinkontrollerit.....	15
7	Digitaalisen Musiikintuotannon tekniikat	16
	7.1 Ohjelmapohjainen synteesi	16
	7.2 Eri formaatit.....	16
	7.3 Hyödyt ja haitat	16
8	Synteesimallit.....	17
	8.1 Subtraktiivinen synteesi (subtractive synthesis).....	17
	8.1.1 Subtraktiivisen synteessin toimintatapa.....	18
	8.3 Additiivinen synteesi (additive synthesis).....	18
	8.3.1 Harmonia.....	19
	8.3.2 Amplitudi.....	19
	8.3.3 Envelope	20
	8.4 Granulaarinen synteesi (Granular Synthesis)	20
	8.4.1 Toimintamalli	20
	8.5 FM-Synteesi (Frequency Modulation)	21
	8.6 Modulaarinen Synteesi (Modular Synthesis).....	21
	8.7 Vokaalisynteesi.....	22

9	MIDI (Musical instrument digital interface)	22
9.1	General Midi	24
9.2	Midin datamuoto	24
9.3	Note-on ja note-off –viestit.....	25
9.4	Aftertouch.....	25
9.5	System-viestit	25
9.6	Midi-kontrolleri data	26
9.7	Midi-tiedon kontrollointi.....	26
9.8	Midi-kanavat.....	26
9.9	Midi-nuottien nimistä.....	27
10	Musiikintuotanto-ohjelmat	27
10.1	Nuotinnusohjelmat.....	28
10.2	Tracker-ohjelmat	28
10.3	DAW-ohjelmat (Digital Audio Workstation/digitaaliset audiotyöasemat)	29
10.4	Propellerheads Reason	29
10.5	Cubase	30
10.6	Rebirth rb-338	31
11	Case	32
11.1	Synthedit.....	32
11.1.1	Subtraktiivinen syntetisaattori.....	33
11.1.2	FM-syntetisaattori	35
12	Päätämä	37

1 JOHDANTO

Virtuaalinen musiikki on laaja käsite, joka laajimmillaan käsittää kaiken henkilökohtaisista matkapuhelimen soittoäänistä kaapattuihin puheluihin sekä verkossa tapahtuvaan musiikin vaihtamiseen sekä myyntiin. Kuten hollantilainen arkkitehti Rem Koolhaas sanoi: ”Virtuaalisuus on kaikkea, mikä ei kulminoitu massaan.” (Duckworth 2005, 157.).

Virtuaalisuus itsessään on erittäin laaja käsite. Se sisältää mm. sellaisia osa-alueita, kuin virtuaalitodellisuus sekä virtuaalisovellukset. Toisaalta myös virtuaalinen musiikintuotantokin voidaan ymmärtää monella tavalla. Tässä työssä virtuaalisuudella tarkoitetaan lähinnä digitaalisuutta. Työn otsikkona olisi voinut olla myös digitaalisen musiikintuotannon teknologiat, mutta se olisi ollut harhaanjohtava. Digitaalisella ja virtuaalisella musiikintuotannolla ei sinänsä ole juurikaan eroa, mutta digitaalisella musiikintuotannolla voidaan käsittää myös musiikintuottaminen digitaalisilla apuvälineillä, kuten syntetisaattoreilla sekä digitaalimiksereillä, joka ei ole ollut tämän opinnäytetyön tärkeimpiä osa-alueita. Tässä työssä virtuaalisuus on mielletty enemmän tietokonepohjaiseksi musiikintuotantoalustaksi.

2 VIRTUAALISEN MUSIIKINTUOTANNON HISTORIA

Ensimmäisen tietokonepohjaisen musiikintekosovelluksen voidaan katsoa syntyneen vuonna 1957, kun amerikkalainen Max Mathews, joka työskenteli siihen aikaan AT&T:llä, kehitti MUSIC-nimisen tietokoneohjelman IBM 704-tietokoneelle. Koska IBM 704 oli kovin hidas tietokone, ohjelma ei kyennyt reaaliaikaiseen musiikintuotantoon eikä sillä pystynyt soittamaan kuin yhtä nuottia kerrallaan, eli ohjelma oli monofoninen. Vuotta myöhemmin syntyi MUSIC II, joka kykeni tuottamaan neljän nuotin yhtäaikaisen polyfonian. Vaikka ohjelmat ajettiin aikansa tehokkaimmilla tietokoneilla, oli musiikin tuottaminen erittäin hidasta ja luodakseen minuutin verran musiikkia, tietokoneen piti laskea sitä tunti. MUSIC III syntyi vuonna 1960 ja sisälsi ns. unit generatorin, jonka ansiosta äänen tuottaminen helpottui huomattavasti. MUSIC IV ja MUSIC V lähinnä lisäsivät ohjelman tehokkuutta. (Short History of Computer Music 2006.)

1970-luvun loppuun mennessä melkein sata yliopistoa ja tutkimuskeskusta tutkivat tietokonepohjaista säveltämistä sekä siihen liittyvää työtä. Tyypillinen musiikin tutkimuskeskus oli rakennettu yhden suuren päätietokoneen ympärille. Pienemmissä tutkimuskeskuksissa säveltäjien piti jakaa tietokone muiden kanssa, ja heidän piti luultavasti työskennellä keskellä yötä. Siihen aikaan työ tuotti enemmän tutkimusraportteja kuin itse musiikkia. Suurin osa tutkimuksista julkaistiin The Journal of the Audio Engineering Society:ssa tai The Computer Music Journalissa. Tutkimustuloksia jaettiin myös kansainvälisillä tietokonemusiikin konferensseissa, joita alettiin pitää vuodesta 1974 lähtien. (Short History of Computer Music 2006.)

Eri tutkijat kehittivät tutkimuskeskuksissa MUSIC-ohjelmaa eteenpäin, ja siitä syntyikin useita eri variantteja, kuten MUSIC 360, MUSIC 4BF, MUSIC 11. 1970-luvun suurimpia tutkimuskeskuksia olivat mm. M.I.T. sekä The Center for Computer Research in Music and Acoustics (CCRMA).

Uudelle vuosikymmenelle tultaessa analogiset syntetisaattorit nopeine vasteaikoineen sekä helppokäyttöisine kontrolleineen syrjäyttivät kumminkin hitaan sekä monimutkaisen tietokonesäveltämisen. (Short History of Computer Music 2006.)

1968 Max Matthews suunnitteli vielä ohjelman nimeltä GROOVE, joka mahdollisti analogisen syntetisaattorin kontrolloimisen tietokoneen kautta. Se

mahdollisti käyttäjän analogiselle syntetisaattorille antamien käskyjen nauhoittamisen sekä muokkaamisen. (Short History of Computer Music 2006.)

Mikroprosessorin keksimisen sekä henkilökohtaisten tietokoneiden markkinoille tulon johdosta tietokonepohjainen säveltäminen otti taas harppauksen eteenpäin. 1978 Computer Music Journal – lehdessä julkaistiin kaavio, jolla voitiin liittää Apple II suoraan analogiseen syntetisaattoriin. Apple II:sta tuliikin ensimmäinen musiikin harrastajien käyttämä henkilökohtainen tietokone, joka ei ollut suuri keskustietokone jossakin tutkimuskeskuksessa. Mikroprosessorit mahdollistivat myös digitaalisen äänen tuottamisen ja harrastelijat rakentelivatkin Apple II:n mahtuvan 16-äänisen piirilevyn. Kaupallisiakin versioita piirilevyistä myi mm. Mountain Hardware. (Short History of Computer Music 2006.)

Commodore 64 vuonna 1982 sisälsi sisäänrakennetun syntetisaattoriin SID, joka pystyi tuottamaan neljä yhtäaikaista ääntä. Vaikka tämä piiri oli tarkoitettu tietokonepelien äänien tuottamiseen, pian Commodore 64:lle alettiin tehdä musiikintuotanto-ohjelmia.

Midi-standardin, 1983, kehittämisen ansiosta tietokoneet oppivat kommunikoimaan sellaisten syntetisaattoreiden kanssa, joilla on midi-valmiudet. Tästä alkoi uusi tietokonepohjaisen musiikintuotannon aikakausi. 1984 Steinberg esitteli ensimmäisenä midi-pohjaisen sekvensseriohjelman, josta myöhemmin tuli vielä nykyäänkin aktiivisessa kehitystyössä oleva Cubase. Monet muut valmistajat seurasivat perässä, ja tämä johti kilpailuun, jossa jokainen valmistaja yritti saada suurempaa markkinaosuutta tuotteilleen kehittämällä aina vain uusia ominaisuuksia. 1990-luku oli tracker-ohjelmien sekä mod-musiikin aikakautta. Tämä johtui pitkälti siitä, että monet demoryhmät alkoivat käyttää tracker-ohjelmia omien demojensa musiikin sävellyksessä sen helppokäyttöisyyden sekä ilmaisuuden takia. 2000-luvulle tultaessa VST-teknologian mahdollistamat virtuaali-instrumentit aloittivat esiinmarssinsa. Tietokoneiden tehojen kasvaessa myös näiden virtuaali-instrumenttien äänenlaadut paranivat, ja musiikkia voitiin jo tuottaa pelkillä virtuaalisilla instrumenteilla.

2.1 Theremin

Yksi ensimmäisistä elektronisista instrumenteista oli monofoninen Theremin, jonka alunperin kehitti Lev Sergeyevich Teremin Venäjällä n. vuonna 1920. Kun Teremin muutti USA:han, hän muutti nimensä Thereminiksi ja kehitti sekä patentoiki alkuperäisen keksintönsä. RCA tuotti thereminiä suuria määriä 1930-luvulla. (Wikipedia, Theremin 2006.)

Kontrolloidakseen soitinta muusikko seisoo sen edessä liikuttaen käsiään kahden metallisen antennin läheisyydessä. Käsien etäisyydellä näistä antenneista kontrolloidaan äänenkorkeutta sekä amplitudia. Pienet ja nopeat liikkeet voivat luoda tremoro- ja vibrato-efektejä. Tyypillisesti oikea käsi kontrolloi äänenkorkeutta ja vasen äänenvoimakkuutta. Heterodyynisiin oskillaattoreihin perustuen theremin luo audiosignaalin liittäen yhteen kaksi hyvin korkeataajuisia radio-signaalia. Ihmiskehon kapitanssi antennien läheisyydessä vaikuttaa audiosignaalin äänenkorkeuden muutokseen samalla tavalla kuin ihminen, joka liikkuu huoneessa, voi vaikuttaa tv- tai radiosignaaliin vastaanottoon. Liikkeiden tarkka kontrolloiminen voi saada aikaan erittäin kompleksisia sekä ekspressiivisiä ääniä. Yleensä thereminin tuottama ääni on pitkä ja taajuudeltaan portaattomasti vaihtelevaa, mutta taitava soittaja voi luoda sillä myös staccatto-nuotteja. (Wikipedia, Theremin 2006.)

3 VIRTUAALISEN MUSIIKINTUOTANNON TERMISTÖÄ

3.1 Oskillaattori

Oskillaattoria käytetään luomaan periodillisia aaltomuotoja. Oskillaattori itsessään sisältää vahvistimen, johon syötetään takaisin sen sisäinen audiosignaali samassa vaiheessa, jolloin syntyy jatkuva periodillinen aaltomuoto. VCO, voltage controlled oscillator, on yleisin fyysinen oskillaattori, jonka tuottamaa audiosignaalia kontrolloidaan jännitteen muutoksilla. Virtuaaliset oskillaattorit ovat myös usein mallinnettu VCO:n tapaisiksi. Oskillaattori on tärkein elementti elektronisessa äänen tuotannossa.

3.2 Suodin (filter)

Suodin on oskillaattorin jälkeen tärkein komponentti luotaessa virtuaalisia instrumentteja. Kaikista yksinkertaisimmassa muodossaan suodin vaimentaa tai korostaa audiosignaalin tiettyjä taajuuksia. Yleisimmät suodinmallit ovat:

Low Pass – päästää läpi matalia taajuuksia, suodattaa korkeita taajuuksia.

High Pass – päästää läpi korkeita taajuuksia suodattaen matalia.

Band Pass – eroaa kahdesta edellä mainitusta siinä, että käyttäjä voi määrittellä itse ylä- ja alaleikkausalueet.

3.3 Taajuus (frequency)

Ääni on värähtelyä, joka voidaan aistia korvalla. Kun tärykalvo värähtelee, kuulemme ääntä. Nopeutta, jolla tärykalvo värähtelee, kutsutaan värähtelyn taajuudeksi. Taajuutta mitataan hertseillä. Sen ollessa 1Hz, värähtää (eli käy kerran maksimissa ja minimissä) ääniaalto kerran sekunnissa. Tämä on liian matala taajuus ihmiskorvalle kuultavaksi. Normaali ihmiskorva kuulee n. 20Hz – 20 000Hz väliset taajuudet. (Prager 2005, 263.)

3.4 Amplitudi

Amplitudi on yksinkertaisesti äänenvoimakkuus, jota mitataan desibeleissä (Prager 2005, 263). Joka 3 dB:n välein äänenvoimakkuus kaksinkertaistuu.

3.5 Vaihe (phase)

Vaihe on matemaattinen riippuvuussuhde usean saman tai eri aaltomuodon välillä, jossa kahden aaltomuodon oskillaatio tapahtuu samaan tai eri aikaan. Vaihetta voidaan käyttää kumoamaan tai vahvistamaan perusharmoniaa lisäämällä siihen identtinen aaltomuoto samassa tai eri aallonvaiheessa. Luovasti käytettynä vaiheella voidaan luoda synteettisiä tekstuureita kahden eri aaltomuodon välille liikuttamalla toisen paikkaa ensimmäiseen nähden. Tämä luo chorus-tyyppisen efektin. (Prager 2005, 267.)

3.6 Envelope

Envelope kontrolloi sitä, miten ääni muuttuu ajan myötä. Jos ajatellaan esimerkiksi huilun ääntä, se ei ala heti suurimmalla amplitudilla, vaan kasvaa hiljalleen siihen. Kun taas rummun tai jonkin kielisoittimen ääni alkaa heti amplitudin maksimilla. Tämä mielessä voidaan syntetisaattorin envelopemuuttujalla luoda ääneen aidon kuuloista tuntua säätämällä sen envelopea. (Prager 2005, 270.)

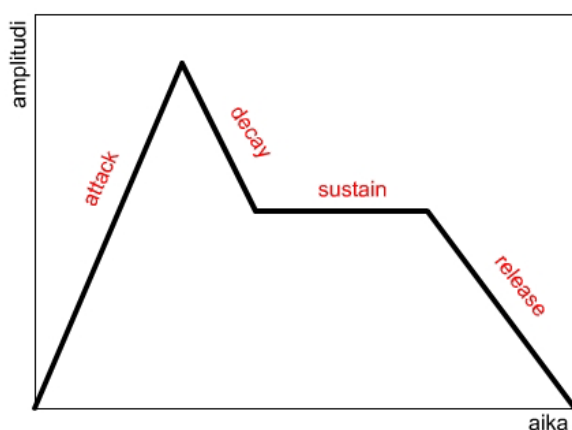
Envelope-moduulia kutsutaan joskus myös ADSR-moduuliksi. Nimitys johtuu envelopen attack, decay, sustain sekä release määritteistä. Envelopeen kuuluu neljä perusparametria:

Attack – määrittää sen, kuinka kauan aaltomuodon amplitudilta kestää saavuttaa sen maksimi siitä hetkestä kun nuotin soittaminen on aloitettu.

Decay – määrittää, kuinka kauan kestää amplitudilta laskeutua Sustain-parametrin määrittelemälle tasolle.

Sustain – määrittää nuotin soidessa, kuinka kauan aaltomuodon amplitudi pysyy samana.

Release – määrittää sen, kuinka kauan amplitudilta kestää tippua nolnaan, nuotin pois kytkemisen jälkeen.
(Prager 2005, 270.)



Kuva 1. Envelopen vaikutus äänen amplitudiin.

3.7 LFO (low frequency oscillator)

LFO tuottaa erittäin matalia ääniaaltoja. Ne ovat niin matalia, että ihmiskorva ei niitä kuule (alle 20Hz). Oskiloivan aaltomuodon nousevia ja laskevia muotoja voidaan käyttää säätämään muita syntetisaattorin asetuksia.

(Duffell 2005, 79). Elektronisessa musiikissa lfo:ta käytetään yleensä muokkaamaan syntetisaattorin suotimen katkaisutaajuutta (filter cutoff).

3.8 Harmonia

Harmonisen oskillaattorin alin mahdollinen taajuus on nimeltään perustaajuus tai perusharmonia. Tämä taajuus määrää äänenkorkeuden aallon värähdellessä minimistä maksimiin. Harmoninen oskillaattori tuottaa myös muita taajuuksia, jotka ovat tämän perustaajuuden kerrannaisia, näitä taajuuksia kutsutaan yleisesti harmonioiksi. (Wikipedia, Harmonic 2006.).

Erilaiset aaltomuodot tuottavat erilaisia harmonioita, esimerkiksi kanttiaalto tuottaa vain parittomia harmonioita. Harmonisella sarjalla tarkoitetaan tätä harmonioiden sarjaa, joka on perusharmonian kerrannainen.

3.9 Sekvensseri

Kaikki musiikki voidaan rikkoa sekvensseiksi. Sekvensseri on yksinkertaisesti laite, fyysinen tai virtuaalinen, joka auttaa luomaan musiikkia toistamalla ääniä tietyssä järjestyksessä sekä määritellyissä aikajaksoissa.

3.10 Plugin-formaatit

Tässä osiossa on lueteltuna kaksi tärkeää plugin-teknologiaa PC-puolella. Macintosh-puolella on omat teknologiansa, eikä niitä ole tässä työssä käsitelty.

3.10.1VST

1996 Steinberg esitteli uuden virtuaalstudio tekniikan (VST). Siihen asti äänen nauhoittaminen tietokoneelle oli ollut hankalaa ja kallista, sillä se vaati erityisiä DSP-laitteita prosessoimaan analogista signaalia digitaaliseksi. VST antoi käyttäjälleen mahdollisuuden kiertää tämä käyttämällä digitoinnissa hyväkseen tietokoneen omaa laskentatehoa. Tämä johti lopulta sellaisten ohjelmapohjaisten efektiprosessoreiden, kuten delay ja reverb esittelyyn, jotka toimivat aliohjelmina isäntäohjelmissa, kuten Cubase. Steinberg antoi vapaaseen levitykseen VST:n kehityskaaviot, joka johti satojen plugin:ien kehitykseen kehitysyhteisöissä. 1999 Steinberg lisäsi teknologiaan mahdollisuuden generoida ääntä ja vastaanottaa Midi-dataa. Tekniikan nimeksi tuli VST-instruments. (von Seggern 2005, 310)

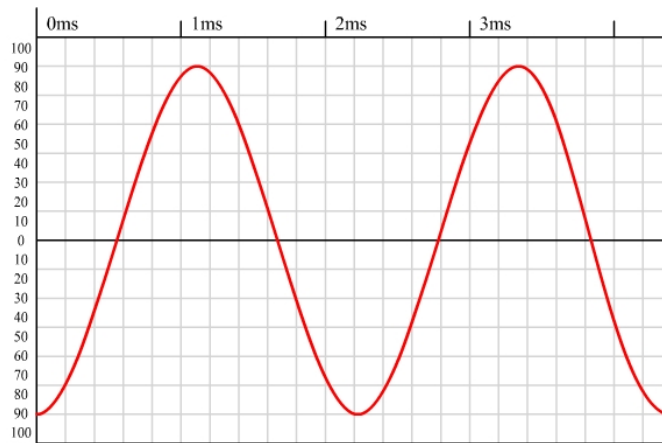
3.10.2DXi

Dxi (DirectX instruments) tekniikan kehittivät yhteistyössä Microsoft ja Cakewalk. VST:n kilpailijaksi suunniteltu teknologia julkaistiin jo seitsemän vuotta sitten. Vaikka se oli (ja on vieläkin) suosittu formaatti, automatisointimahdollisuuden puuttuminen oli sen suurin puute. Tämä puute korjattiin Cakewalkin SONAR:n julkistuksen aikoihin, jolloin uusi versio DirectX:stä julkaistiin ja joka mahdollisti viimeinkin automatisoinnin.

4 ELEKTRONINEN ÄÄNI

4.1 Siniaalto

Siniaalto on jaksollinen ja se on yksi tärkeimmistä ja tunnetuimmista aaltomuodoista. Toisin kuin muut aaltomuodot, siniaalto pitää sisällään vain yhden taajuuden ilman harmonioita. Se on tärkeä rakennuspala luotaessa monimutkaisempia aaltomuotoja, sillä kaikki muut ovat periaatteessa siniaallon kerrannaisia. (Prager 2005, 264)



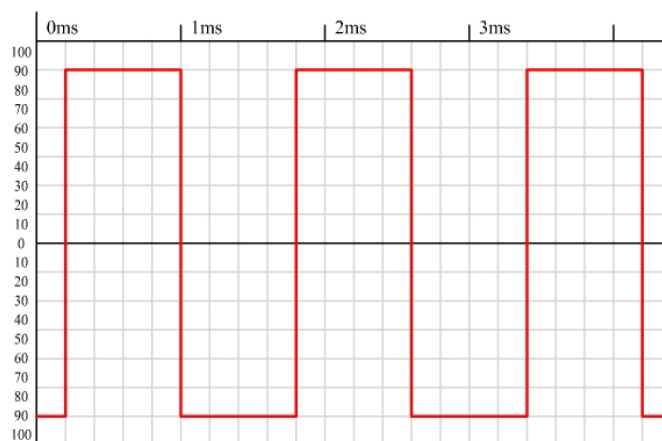
Kuva 2. Ihanteellinen siniaalto.

4.2 Kanttiaalto

Kanttiaalto on toinen yleinen aaltomuoto, joka muodostuu useista parittomista harmonioista. Tämä tarkoittaa, että jokainen kanttiaallon harmonia on muodostettu kertomalla perusharmonia parittomalla numerolla. Ideaalinen kanttiaalto vaihtelee ainoastaan kahden tason välillä, mikä on todellisuudessa mahdotonta, sillä tämä tarkoittaisi, että aallon pitäisi nousta aallonpohjasta hetkessä sen maksimiin. (Prager 2005 ,264.)

Esimerkki:

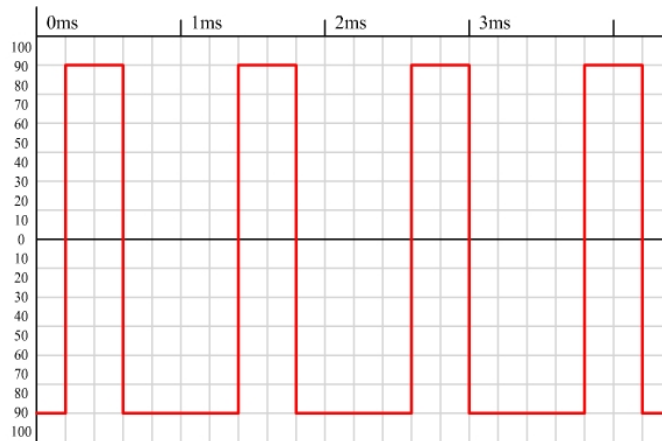
Otetaan kanttiaalto, joka oskiloii 220Hz taajuudella. Ensimmäinen eli perusharmonia olisi tällöin 220Hz, kolmas harmonia 660Hz ($220\text{Hz} \cdot 3$), viides olisi 1100Hz ($220\text{Hz} \cdot 5$) jne. Jos perusharmonian amplitudi olisi asetettu 0dB:n, kolmas harmonia olisi kolmasosan tästä, viides viidesosan jne. (Prager 2005 ,265.)



Kuva 3. Ihanteellinen kanttiaalto

4.3 Pulssiaalto

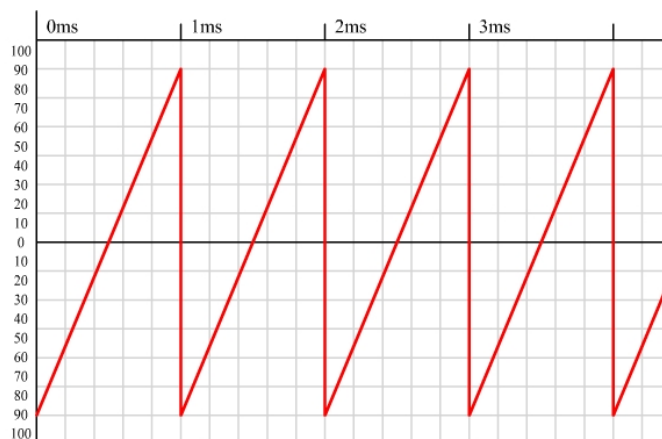
Pulssiaalto eroaa kanttiaallosta vain siinä, että se sisältää myös toisen, kuu-
dennen ja kymmenennen harmonian. Sen synnyttämä ääni on hieman terä-
vämpi kuin kanttiaallon. (Prager 2005, 265.)



Kuva 3. Ihanteellinen pulssiaalto.

4.4 Saha-aalto

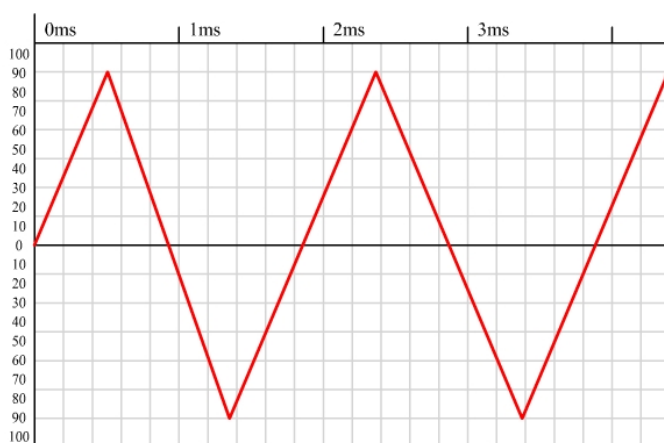
Saha-aalto on luultavasti kaikkein täydellisin aaltomuoto, sillä se sisältää
kaikki luonnollisen sarjan harmoniat. Kuten edelläkin, ihanteellista saha-
aaltoa ei voida synnyttää fyysisesti, sillä se tarkoittaisi aallon siirtymistä het-
kessä sen maksimista sen pohjaan. (Prager 2005, 265.)



Kuva 4. Ihanteellinen saha-aalto.

4.5 Kolmioaalto

Kolmioaalto näyttää harmoniselta rakenteeltaan samanlaiselta kuin sahaaalto, mutta se on amplitudiselta rakenteeltaan erilainen. Kolmioaalto sisältää parittomia harmonioita kuten kanttiaalto, mutta vaikka kolmioaalto sisältää saman harmonisen sarjan, jokaisen harmonian amplitudit eroavat huomattavasti toisistaan. Esimerkiksi jos perusharmonia on 220Hz, jonka amplitudi on asetettu 0dB:n, kolmas harmonia olisi 660Hz, kuten kanttiaallollakin, mutta tämän kolmannen harmonian amplitudi olisi perusharmonian kolmannuksen neliö, eli yksi yhdeksäsosaa ($1/9$). Lopputuloksena lisäharmoniat ovat hiljaisempia. (Prager 2005, 265.)



Kuva 5. Ihanteellinen kolmioaalto.

5 ÄÄNEN DIGITALISOINTI

Jotta analogisella nauhurilla nauhoitettua ääntä voitaisiin käyttää tietokoneella, se pitää ensin muuntaa digitaaliseen muotoon biteiksi (eli ykkösiksi ja nolliksi). Digitaalinen koodi voidaan esittää esim. kahden jännitetason muutoksina. Muunnoksessa menetetään aina osa analogisesta informaatiosta. (Salo 2004, 6.)

Tarkkuus, millä ääni digitalisoidaan, riippuu näytteenottotaajuudesta. Kaikki digitaaliset nauhoitinlaitteistot tallentavat äänen pilkkomalla sen palasiin. Nyqvistin teorian mukaan näytteenottotaajuuden pitäisi olla vähintään kaksinkertainen digitalisoitavan äänen korkeimpaan taajuuteen verrattuna. Koska normaali ihmiskorva pystyy aistimaan ääntä välillä 20Hz – 20kHz, Nyqvist laski, että pystyäkseen digitalisoimaan kaiken kuultavan äänen, pitää jokai-

nen sekunti pilkkoa vähintään 40 000 palaseen. Tämä on äänenlaatu, jota kutsutaan yleisesti CD-tasoiseksi.(Duffell 2005, 10.)

Yhtä tärkeä kuin näytteenottotaajuus, on näytteen resoluutio. Yleisimmät resoluutiot ovat 8-, 16-, ja 24-bittiset. 8-bittinen järjestelmä, eli binäärijärjestelmässä ilmaistuna 2^8 (256) numeroinen resoluutio mahdollistaa 256 arvon ilmaisemisen yhdessä näytteessä (joita on 40 000 / sekunti). Tämä voi tuntua paljolta, mutta se ei ole sitä. 16-bittinen järjestelmä pystyy jakamaan jokaisen näytteen jo 65 536 arvoon, joka riittää jo hyvin peruskäyttäjälle. Ammattilaisjärjestelmissä nyky-standardina on 24-bittinen, eli 16 777 216 arvoa / näyte.

5.1 Oversampling

Oversampling on tekniikka, jolla digitaalista ääntä, joka on luotu 44.1kHz, 44.8kHz tai jopa 96kHz näytteenottotarkkuudella, voidaan tarkentaa ennestään lisäämällä ääneen näytteiden välille lisää informaatiota interpoloimalla. Oversampling-tekniikassa nämä uudet näytteet luodaan automaattisesti ottamalla kahden vierekkäisen näytteen informaation ja laskemalla niiden välisen keskiarvon. Oversampling-arvot kerrotaan yleensä, kuinka moneen osaan yksi näyte jaetaan. 128x tarkoittaisi siis, että jokainen käsiteltävän digitaalisen äänen näyte jaettaisiin 128 osaan. (Duffel 2005, 11.)

5.2 Fourier-muunnos

Sähköinen signaali voidaan määrittää yhtä tarkasti kahdella eri tavalla: taajuusmuotoisena sekä aikamuotoisena. Fourier-muunnos määrittää tämän signaalin juuri taajuusmuotoisena. Digitaalisen äänen käsittelyssä Fourier-muunnosta vielä tärkeämpi on fast-Fourier –muunnos.

6 VIRTUAALISEN MUSIIKINTUOTANNON APUVÄLINEET

6.1 Sampleri

Sampleri on apuväline, joka toimii eräänlaisena äänimuistipankkina. Se voi olla joko fyysinen laite tai virtuaalinen plugin-ohjelma. Sampleri ottaa sisään-
sä midi-informaatiota ja lähettää audiodataa.

6.2 Analogisyntetisaattori

Tämä jo 1970-luvun puolivälissä esitelty syntetisaattorimallin äänentuotanto perustui subtraktiiviseen synteessimalliin. Jännitekontrolloidut oskillaattorit (VCO – voltage controlled oscillator) tuottivat äänen, jota muokattiin suotimilla. Yleistä näille analogisille syntetisaattoreille oli se, että ajan mittaan ne menivät epäviireeseen. Analogiset syntetisaattorit korvattiin 1990-luvun alkupuolella digitaalisilla syntetisaattoreilla ja sampleilla. Kuuluisimpia analogisia syntetisaattoreita ovat luultavasti Moog modular, sekä sen jälkeläinen MiniMoog.

6.3 Digitaalisyntetisaattori

Digitaalisyntetisaattori on analogi-syntetisaattorin jälkeläinen, jonka arkkitehtuuri perustuu digitaalisten signaaliprosessorien (DSP) käyttöön. Tähän syntetisaattoriryhmään kuuluvat nykyään melkein kaikki markkinoilla olevat mallit. Ensimmäisiä digitaalisia syntetisaattoreita olivat Synclavier sekä Yamaha DX7. Nämä kummatkin perustuivat Fm-synteesiin, mutta Synclavier käytti hyväkseen myös digitoituja ääniä.

6.4 Rumpukoneet

Rumpukone on laite, joka on suunniteltu emuloimaan rumpujen tai muiden perkussiosoitinien ääniä. Useimmat modernit rumpukoneet ovat sekvenssereitä, joiden ääni tuotetaan yleensä toistamalla digitoituja ääninäytteitä. Tunnetuimpia rumpukoneita ovat Rolandin TR-808 sekä sen jälkeläinen TR-909.

6.5 Midi-kontrollerit

6.5.1 Dj-tyyppiset kontrollerit

Dj-tyyppisillä kontrollereilla tarkoitetaan esimerkiksi Hercules DJ Consolen tapaisia midi-kontrollereita. Nämä kontrollerit eroavat tavallisista midi-kontrollereista siinä, että ne pyrkivät emuloimaan oikeiden dj-työkalujen, kuten levylautasten sekä dj-miksereiden toimintaa. Kontrollerit sisältävät yleensä potentiometrejä, liukukytkimiä sekä hakupyöriä, jolla voidaan esim. kelata kappaletta eteen ja taaksepäin.



Kuva 6. Hercules DJ Console

6.5.2 Midi-koskettimistot

Tämä on perinteisin midi-kontrollerityyppi. Midi-koskettimisto koostuu yleensä 2-8 oktaavisesta pianokoskettimistosta, pitch-bend- sekä modulaatiopyöristä. Joissain koskettimistoissa voi olla myös muitakin midi-kontrollerityyppejä, kuten potentiometrejä sekä liukukytkimiä.

6.5.3 Perkussio- sekä rumputyyppiset kontrollerit

Rumpu-kontrollerit ovat yksi yleinen kontrolleriryhmä. Yleisimmät tämän ryhmän edustajat ovat Midi-rumpukitit. Perkussiokontrollerit toimivat midi-rumpujen tapaan, mutta ovat yksinertaisempia, pöytämällisiä laitteita. Ne si-

sälvätvät joukon paineherkkiä kytkimiä, joita käyttäjä voi soittaa rumpujen ta-
paan.



Kuva 7. M-Audio Trigger Finger – perkussiokontrolleri.

6.5.4 Mikserityyppiset kontrollerit

Tämä kontrolleriryhmä tarjoaa mikserityyppisen käyttöliittymän käyttäjälleen. Kontrolleri ei itsessään sisällä fyysisten mikserien toiminnallisuutta, vaan sitä käytetään kontrolloimaan studio-ohjelmien virtuaalisia mikseriä.



Kuva 8. Behringer BCF 2000 - mikserikontrolleri

6.5.5 Puhallinkontrollerit

Puhallinsoittimien soittajilla on ollut midi-valmiudet jo vuosia. Akain EWI (electronic wind instrument) esiteltiin ensimmäisen kerran 1980-luvun loppu-
puolella. Itse kontrolleriosassa puhaltimessa on suukappale ruo'onlehdellä ja samanlainen sormitus kuin saksofonissa.

7 DIGITAALISEN MUSIIKINTUOTANNON TEKNIIKAT

7.1 Ohjelmapohjainen synteesi

Ohjelmopohjaiset syntetisaattorit ovat fyysisten syntetisaattoreiden virtuaalisia kopioita, joita voidaan liittää musiikintuotanto-ohjelmiin. Nämä niin sanotut virtuaaliset syntetisaattorit ovat usein halvempia kuin saman syntetisaattorin fyysiset vastineet. (Prager 2004, 261.)

7.2 Eri formaatit

Ohjelmopohjaiset syntetisaattorit voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

RAM-pohjaiset – Tähän ryhmään kuuluvat ohjelmat käyttävät hyväkseen tietokoneen omaa sisäistä RAM-muistia soittaakseen digitaalisia sampleja.

Massamuistipohjaiset – Ryhmään kuuluvat käyttävät sekä tietokoneen RAM- että massamuistia soittaakseen digitaalisia sampleja.

CPU-pohjaiset – Tämän tyyppiset ohjelmat käyttävät lähinnä tietokoneen prosessointitehoa luodakseen äänisignaalia.

7.3 Hyödyt ja haitat

Ohjelmopohjaisten syntetisaattoreiden hyödyiksi voidaan lukea niiden hinta, joka voi olla jopa ilmainen tai yleensä kumminkin pienempi kuin fyysisen vastineen hinta. Markkinoilla on useita ilmaisia syntetisaattoreita, jotka eivät jää kaupallisten varjoon. Virtuaalisyntetisaattorit voivat perustua myös modulaariseen rakenteeseen, joka tarkoittaa sitä, että käyttäjän ei välttämättä tarvitse tyytyä pelkästään esim. kolmeen oskillaattoriin, vaan käyttäjä voi halutesaan lisätä niitä tai muita suotimia ja efektejä. Fyysisiä modulaarirakenteeseen perustuvia syntetisaattoreitakin on, mutta ne ovat kalliita, vanhoja (esim. kuuluisin Moog modular) ja niiden ongelmana on suuri tilantarve, sillä kun jokainen eri osanen on oma moduulinsa, voi yksi käyttäjän omiin tarpeisiinsa räätälöimä syntetisaattori viedä kokonaisen räkkikaapin.

Hyötynäkökohtana voi olla myös virtuaali-instrumenttien saatavuus. Vanhojen, jo tuotannosta poistuneiden syntetisaattoreiden tai instrumenttien saatavuus on yleensä heikkoa tai niiden hinnat ovat nousseet korkeiksi.

Haittapuolina voidaan pitää virtuaalisyntetisaattoreiden latenssia, joka on suoraan verrannollinen tietokoneen tehoon tai prosessikuormaan. Nykyaikaiset musiikintuotantoon räätälöidyt tietokoneet pystyvät tosin ajamaan useimman käyttäjän tarpeisiin riittävän määrän yhtäaikaista virtuaalisyntetisaattoreita. Toisaalta taas tarpeeksi nopea tietokone voi kääntää latenssiajan hyödyksi tuottamalla lähellä nollaa olevan latenssiajan. Haittana saattaa olla myös virtuaalisen instrumentin virtuaalisuus. Kun käyttöliittymänä instrumenttiin on tietokone, voi tuntuma jäädä usein huonoksi.

Ohjelmapohjaiset syntetisaattorit voidaan jakaa periaatteessa kahteen pääryhmään: fyysisten syntetisaattoreiden ja instrumenttien emulaatioihin, sekä virtuaali-instrumentteihin, jotka eivät perustu mihinkään todelliseen soittimeen tai syntetisaattoriin. Nämä pääryhmät voidaan jakaa vielä kahteen alaryhmään: ns. stand-alone ohjelmiin sekä plug-in ohjelmiin. Stand-alone ohjelmat toimivat itsenäisinä instrumentteina, eikä niitä voida liittää studio-ohjelmiin. Plug-in ohjelmat taas vaativat studio-ohjelman toimiakseen.

8 SYNTEESIMALLIT

8.1 Subtraktiivinen synteesi (subtractive synthesis)

Robert Moog, syntetisaattoreiden uranuurtaja, kehitti 1967 vuonna ensimmäisen subtraktiiviseen synteesiin perustuneen syntetisaattorin, modular moog:in. Modular moog oli myös modulaarinen syntetisaattori, ja käyttäjän piti tehdä kaikki kytkennät syntetisaattorin eri moduuleista toisiinsa käsin.

Subtraktiivisella synteessillä tarkoitetaan sellaista äänen tuotantotapaa, jossa äänen muokkaamiseen käytetään erilaisia suotimia, joista yleisimmät ovat yli- ja alipäästösuotimet. Vaikka subtraktiivisella synteessillä yleensä tarkoitetaan analogista synteesiä, suurin osa nykyäänkin myytävistä syntetisaattoreista, niin fyysisistä kuin virtuaalisistakin, perustuu tähän synteesimalliin. Periaatteessa voidaan sanoa, että jokaisessa syntetisaattorissa, jossa äänen muokkaamiseen käytetään suotimia, on subtraktiivisia ominaisuuksia. Suotimien lisäksi äänen muokkauksessa voidaan käyttää myös erilaisia mui-

ta kontrollereita, kuten LFO:ta tai envelopegeneraattoria ja erilaisia modulaattoreita, kuten PWM:ia (Pulse Width Modulator). (Prager 2005. 284.)

Subtraktiivinen synteesi perustuu viiden päämoduulin käyttöön:

- oskillaattorit (oscillators)
- suotimet (filters)
- envelopet (envelopes)
- LFO (low frequency oscillators)
- kohinageneraattorit (noise generators)

8.1.1 Subtraktiivisen synteessin toimintatapa

Ääni syntyy oskillaattorissa, josta se johdetaan suotimeen. Suodin suodattaa oskillaattorin tuottamasta äänestä tiettyjä taajuuksia. Envelope muuntaa suotimen efektiä esim. luomalla hitaan alukkeeseen siihen. Sillä voidaan myös pidentää suotimen tuottamaa efektiä, tätä kutsutaan yleisesti filter envelopeksi. Suotimen jälkeen ääntä käsitellään vahvistimessa, jonka ulostuloa kontrolloi toinen envelope generator, tässä tapauksessa amp envelope (vahvistin envelope), joka muokkaa äänenvoimakkuuden dynamiikkaa. Siitä ääni johdetaan mikseriin monitoroitavaksi. (Prager 2004, 284.)

Vain yhden oskillaattorin käyttäminen äänen muodostukseen tuottaa yleensä tulokseksi kovin "ohuen" äänen, joten yleensä niin fyysisissä kuin myös virtuaalisissa syntetisaattoreissa käytetään vähintään kahta (kolmen ollessa yleisin) oskillaattoria äänen muodostukseen. Modulaarisissa rakenteissa käyttäjä voi määrittää itse käytettyjen oskillaattoreiden määrän, mutta fyysisten modulaaristen syntetisaattorien tapauksessa käytettävissä olevien oskillaattoreiden määrä rajoittuu niiden fyysiseen lukumäärään. Virtuaalisten modulaaristen syntetisaattoreiden oskillaattoreiden määrää ei ole yleensä rajoitettu, mutta tietokoneen teho määrää hyvin pitkälle käytettävissä olevien moduulien määrän.

8.3 Additiivinen synteesi (additive synthesis)

Itse asiassa ensimmäinen instrumentti, joka käytti additiivista synteessimallia äänentuotannossa, oli Hammondin B3-urut. Ääni syntyi pyörivien mekaanis-

ten kiekkojen vaikutuksesta elektromagneettisessa kentässä. Tällaista yhtä kiekkoa kutsuttiin elektromekaaniseksi oskillaattoriksi.

Additiivisen synteesimallin idea perustuu siihen, että monimutkaisia ääniä voidaan luoda summaamalla tai lisäämällä yksinkertaisempia ääniä yhteen. Jokaisella tällaisella yksinkertaisemmalla äänellä on oma amplitudi envelopensa, joka mahdollistaa näiden komponenttien toisistaan riippumattoman riippumattoman kontrolloimisen. (Prager 2005. 375.)

Additiivinen synteesi perustuu Jean Babtiste Fourierin tutkimukseen, jonka mukaan jokainen aaltomuoto, yksinkertainen tai monimutkainen, voidaan rikkoa siniaaltojen sarjoiksi, jotka oskiloivat eri taajuuksilla ja amplitudeilla. Siinä missä subtraktiivinen synteesi perustuu äänen muodostamiseen vähentämällä siitä taajuuksia suotimilla, additiivinen synteesi on sen vastakohta. Additiivinen synteesi on tässä opinnäytetyössä esitellyistä synteesimalleista kaikkein monimutkaisin. (Prager 2005. 375.)

Vielä jonkin aikaa sitten additiiviseen synteesiin perustuvat virtuaalisyntetisaattorit olivat harvinaisia. Tämä johtui additiivisen emulaation vaaditun prosessointitehon suuruudesta. Nykyisin tämä ei ole enää ongelma tietokoneiden nopean laskentakapasiteetin kasvun vuoksi. (Prager, 376.)

8.3.1 Harmonia

Additiivisessa synteesissä harmoniat ovat äänentuottamisen avainelementit. Harmoniaksi kutsutaan oskillaattoria, joka generoi siniaaltoa tietyllä taajuudella, sekä amplitudilla. (Prager, 377.)

8.3.2 Amplitudi

Amplitudeja käytetään muokkaamaan signaalin muotoa säätämällä sen yksittäisiä harmonisia äänenvoimakkuuksia, joka on tärkeitä luotaessa monimutkaisia aaltomuotoja. Kuvassa (jotain) on tyypillisen kanttiaallon harmonisiin osiin jako. Kuvasta ilmenee, että aaltomuoto on rakentunut ensimmäisestä, kolmannesta, viidennestä, seitsemännestä, yhdeksännestä, yhdenneštoista sekä kolmannestatoista harmoniasta. Siitä voidaan myös havaita, että jokaista harmoniaa perusharmonian jälkeen on hiljennetty huomatta-

vasti, tämä antaa kanttiaallolle sen luonteenomaisen äänen. (Prager 2005. 377.)

8.3.3 Envelope

Harmonoiden sekä amplitudien ohella envelope on suuressa osassa additiivista synteesiä. Jokaiselle harmonialle äänessä annetaan oma attack/decay envelope. Envelope voi antaa tietylle harmonialle hitaan tai nopean attack:n ja vaimenemisen, mikä on erittäin hyödyllistä mallinnettaessa monimutkaisempia aaltomuotoja, kuten kitaran tai pianon tuottamaa. Juuri näiden envelopejen luonti tekee additiivisesta synteesisestä raskaan, sillä niitä tarvitaan paljon luotaessa monimutkaisia aaltomuotoja. (Prager, 378.)

8.4 Granulaarinen synteesi (Granular Synthesis)

Synteessimallin historia ulottuu vuoteen 1947, jolloin brittiläinen fyysikko Dennis Gabor ehdotti mahdollisuudesta rikkoa ääni palasiin. Tämä idea antoi avant-garde säveltäjä Lannis Xenakiselle idean kokeilla granulaarisen synteessin varhaista muotoa: leikata ääninauhaa palasiksi ja liittää ne toisiinsa satunnaisessa järjestyksessä. Curtis Roads oli ensimmäinen, joka kokeili tietokonepohjaista granulaarista synteesiä. Se oli hidas prosessi, joka vei usein viikkoja, ennen kuin saatiin valmiiksi lyhyt segmentti ääntä. Ensimmäisen reaaliaikaisesti mallintavan granulaarisen syntetisaattorin kehitti Barry Truax 1986. (Duffell 2005. 134.)

Granulaarinen synteesi on hyvin kokeellinen synteessimalli. Markkinoilla on muutamia ohjelmia, jotka käyttävät tätä mallia ja suurin osa näistä ohjelmista on itsenäisten sekä kokeellisten syntetisaattorisuunnittelijoiden tuotoksia.

8.4.1 Toimintamalli

Tämä synteessimalli perustuu äänen pilkkomiseen. Granulaarinen synteesi pilkkoo äänen yleensä 5-100ms pituisiin paloihin, joita voidaan soittaa sitten missä järjestyksessä tahansa. Yleensä tähän malliin perustuvat syntetisaattorit tarjoavat jokaisen "jyväsien (grain)" itsenäisen äänenkorkeuden ja amplitudin kontrolloimisen. (Duffell 2005. 134.)

Grainable-synteesi on tämän synteesimuodon variantti, jossa yhdistyy granulaarinen synteesi sekä wavetable-synteesi.

8.5 FM-Synteesi (Frequency Modulation)

John Chowning kehitti fm-synteesin vuonna 1973. Hän huomasi, että ketjutamalla kaksi oskilaattoria yhteen voitiin luoda realistisia ääniä ja rikkaita äänitekstuureita. Hän julkaisi tutkimuksensa "Journal of the Audio Engineering Society" julkaisussa. Tutkimuksessa käsitellyistä asioista tuli laajalti tunnettuja ja johti hiljalleen siihen, että 1983 esiteltiin ensimmäinen fm-synteesiin perustuva syntetisaattori Yamaha DX7. Tämä syntetisaattori oli myös ensimmäinen, jossa oli Midi-liitäntä. (Prager 2004, 329.)

FM-synteesi eroaa periaatteessa subtraktiivisesta synteesistä vain siinä, missä järjestyksessä "päämoduuleja" käytetään ja miten ne konfiguroidaan. Fm-synteesi perustuu kahden osan, carrierin, sekä modulatorin käyttöön

Kummatkin näistä osista koostuu oskilaattorista, envelopegeneraattorista sekä vahvistimesta. Tällainen yksi osa on nimeltään operaattori. Kun kaksi operaattoria yhdistetään toisiinsa niin, että carrierin ulostulo reititetään modulaattorin sisääntuloon, saadaan tulokseksi hyvin yksinkertainen fm-synteesimalli.

8.6 Modulaarinen Synteesi (Modular Synthesis)

Modulaarinen synteesimalli eroaa siinä muista synteesimalleista, että se ei periaatteessa ole erillinen äänenmuodostusmalli, vaan modulaarisessa synteesissä käyttäjälle annetaan vapaat kädet reitittää signaalit eri moduulien välillä niin kuin itse haluaa. Case-osiossa rakennetaan modulaarista rakennetta hyväksikäyttäen kaksi erilaisiin synteesimalleihin perustuvaa syntetisaattoria.

8.7 Vokaalisynteesi

Vokaalisynteesissä on kyse ihmisäänen foneettisten ominaisuuksien simuloinnista. Tähän synteesimalliin perustuva syntetisaattori käyttää simulaatiossa esitallennettuja foneemeja, jotka ovat pienimpiä foneettisia yksiköitä puheessa. Foneemit ovat tallennettu syntetisaattoriin Fast Fourier transformia käyttäen. (Prager, 446.)

Ohjelma ottaa syötteenä käyttäjän syöttämän tekstin ja pilkkoo sen foneettisiin palasiin soittaen jokaista palasta kohden sitä vastaavan tallennetun foneettisen äänen. Tämä synteesimalli on vielä suhteellisen uusi, mutta markkinoilla on jo muutamia siihen perustuvia ohjelmasyntetisaattoreita, kuten Zero-G:n Vocaloid-ohjelmat, sekä VirSyn'in Cantor-ohjelma.

9 MIDI (MUSICAL INSTRUMENT DIGITAL INTERFACE)

1970-luvun loppuun mennessä syntetisaattorimarkkinoille oli kehittynyt kolme vahvaa luokkaa: Fairlight ja Synclavier, joiden tuottajat etsivät uusia ja mahdollisesti tuottaviakin markkinoita korkeamman laatutason markkinoista. Tätä luokkaa tasapainottivat uudet syntetisaattorimallit, joita voitiin liittää tietokoneisiin ja joiden markkinaosuus kehittyi hitaasti mutta varmasti. Näiden välillä oli vanhin mutta suurin markkinaosuus, jännitekontrolloidut (voltage-controlled) analogiset syntetisaattorit, joka tosin oli jäämässä uuden Midi-sukupolven markkinoiden varjoon. (Manning 2004, 286.)

Yamaha oli tuottanut akustisia soittimia jo vuodesta 1887 ja kiinnostui 1960-luvulla elektronisen musiikintuotannon mahdollisuuksista. Ensimmäinen yritys tuottaa analogista syntetisaattoria vuonna 1973 johti GX1-syntetisaattoriin, joka oli kumminkin käyttäjien mielestä liian kallis ja vaikea käyttää. Tämä johti 1977 vuonna C80-syntetisaattoriin, joka oli edeltäjänsä parempi ja joka löysi tiensä mm. Paul McCartneyn, Electric Light Orchestran sekä Kraftwerkin kokoonpanoihin. (Manning 2004, 287.)

Rolandista tuli vuonna 1972 (samana, jona yritys oli perustettu) ensimmäinen analogisten syntetisaattoreiden valmistaja Japanissa SH-1000 myötä. Myöhemmin päivänvalon näkivät mm. Jupiter-4 (1978) sekä Jupiter-8 (1980), jota käyttivät mm. Duran Duran sekä Tangerine Dream.

Analogisten syntetisaattorimarkkinoiden kilpailijaksi nousi myös Carminen J. Bonnanon 1975 perustama Octave Electronics. Yrityksen markkinointivoimaa lisäsi ennestään yhdistyminen elektroniikankorjausyhtiön kanssa 1979, jonka tulos oli Octave Plateau Electronics. Tämä uusi yhteistyö johti 1983 julkaistuu Voyetra Eight –syntetisaattoriin. Toisin kuin useat muut alan yritykset, Octave Plateau Electronics selvisi uudelle Midi-aikakaudelle mutta ei syntetisaattoreiden, vaan Midi-ohjelmistojen tuottajana. (Manning 2004, 287.)

Ennen Midi-aikakautta eri valmistajien syntetisaattorimallit olivat täysin yhteen sopimattomia toisten valmistajien tuotteiden kanssa, sillä niiden jännite- tasot olivat erilaisia. 1980-luvun alussa valmistajat alkoivat suunnitella omia digitaalisia kontrollikäyttöliittymiä. Siinä missä eri jännitetasoiset jännitekontrolloidut syntetisaattorit tuottivat edes jonkinlaista ääntä kytkettynä toisiinsa, yhteensopimattomat digitaaliset syntetisaattorit eivät tuottaneet ääntäkään kytkettyinä toisiinsa. Tämän aikakauden prototyyppijärjestelmiä olivat mm. Yamahan Key Code system sekä Sequential Circuits:n SCI Digital Interface, jotka olivat täysin kykenemättömiä kommunikoidaan keskenään. Idea universaalista liitännätavasta sai alkunsa 1981 NAMM-messuilla. Tästä USA:laisesta organisaatiosta oli tullut tärkeä foorumi musiikkiteollisuudelle, ja nämä kokoontumiset vetivät alan ihmisiä eri puolilta maailmaa yhteen. Dave Smith suostutteli I. Kakeashin Rolandilta sekä Tom Oberheimin mukaan tutkimukseen. Edistys oli nopeata ja jo muutaman kuukauden päästä Smith kutsui yhteiseen kokoukseen useita syntetisaattorivalmistajia. Vaikka kokous koostuikin vain yhteisten linjausten esittelystä tiedonsiirtoprotokollalle, se oli kumminkin ensimmäinen tärkeä askel. Vuoden päästä esiteltiin tarkempi ehdotus NAMM-kokouksessa. Vaikka edistysaskelia olikin otettu, protokollalla ei pystytty vieläkään lähettämään muita kuin yksinkertaisia päällä/pois-nuottiviestejä. (Manning 2004, 289.)

1983 kesällä kehitystä jatkoivat suurimmalta osin japanilaiset yritykset jättäen ainoaksi amerikkalaiseksi yritykseksi Sequential Circuits:n. Lokakuuhun mennessä laajennettu spesifikaatio oli valmis ja se sai nimen midi. Tämä kehitys esiteltiin viimeinkin maailmalle Robert Moogin kirjoittaman artikkelin muodossa Keyboard-lehdessä. Tällaisen pioneerin hyväksynnän saamisella oli suuri arvo. (Manning 2004, 290.)

Vuoden loppuun mennessä Sequential Circuits sekä Roland tuottivat jo Midi-yhteensopivia syntetisaattoreita. Vuonna 1983 NAMM-kokoontumisessa demonstroidut mallit vakuuttivat viimeisetkin valmistajat tämän tekniikan toi-

mivuudesta. Vasta perustettu MIDI-yhdistys julkaisi Midi-spesifikaatiot 1983 keväällä, ja vuoden loppuun mennessä useimmat valmistajat olivat alkaneet valmistamaan syntetisaattoreita, jotka olivat Midi-yhteensopivia. (Manning 2004, 290.)

9.1 General Midi

General Midi, tai GM on spesifikaatio syntetisaattoreille, joka pitää sisällään useita vaatimuksia. Siinä missä Midi itsessään tarjoaa vain protokollan, joka varmistaa, että erilaiset instrumentit toimivat keskenään perustasolla (esim. painamalla kosketinta midi-koskettimistolta), siihen liitetty äänimoduuli soittaa nuotin. GM laajentaa tätä standardia kahdella tavalla: Se vaatii, että kaikki GM-yhteensopivat instrumentit pystyvät vähintään 24 yhtäaikaisen nuotin polyfoniaan ja se liittää moniin parametreihin sekä kontrolliviesteihin tietyt arvot, jotka on jätetty määrittelemättömiksi Midi-standardissa. Se määrittelee myös 128 ohjelmallista soitinta. (Wikipedia, General Midi 2006.)

9.2 Midin datamuoto

Midi-datan formaatti on 1 alkubitti, 8 databittiä sekä 1 lopetusbitti ilman pariteettia. Midi-portin nopeus on 31 250 bit/s. Yleisimmät midi-viestit ovat 2-3 tavun kokoisia (poikkeuksina system exclusive- ja reaaliaika-viestit). Tällaisen monitavuisen viestin muoto on seuraavanlainen:
(Brice 2001. 189.)

Taulukko 1. Midi-viestit

Tavu 1	Statustavu, joka kertoo vastaanottajalle vastaanotettavan informaation tyyppin seuraavissa datatavuissa.
Tavu 2	Ensimmäinen datatavu.
Tavu 3	Toinen datatavu (tarvittaessa).

9.3 Note-on ja note-off –viestit

Kaksi 8-bittistä datatavua note-on/off, jotka seuraavat statustavua, joista ensimmäinen viittaa nuotin numeroon ja toinen sen painovoimaan. Nuotin numeroarvo viittaa sen korkeuteen. Kuten edellä jo mainittiin, nuottien arvot liikkuvat välillä 0-127. Jokainen kokonaisluku tarkoittaa yhtä nuottia puoli askelta toisistaan erossa. Toinen tavu viittaa kosketusherkkiin koskettimistoihin ja määrittää voiman, jolla kosketinta on painettu (velocity). Tavallisissa mekaanisissa pianoissa painovoima ei pelkästään vaikuta äänenvoimakkuuteen vaan myös soitetun nuotin äänenväriin. Kosketusherkit koskettimistot koodaavat tämän informaation 8-bittiseen tavuun, joka seuraa note-on –viestiä. Äänimoduulit voivat tulkita tämän datan monella eri tavalla, ja jotkin hienos-tuneemmat järjestelmät voivat emuloida myös äänenväriin muutoksia, jollaisia akustisiin kosketinsoittimiin tottuneet käyttäjät voisivat odottaakin. (Brice 2001, 190.)

9.4 Aftertouch

Jotkin midi-koskettimistot lähettävät myös aftertouch-dataa. Tämä tarkoittaa voimaa, jolla kosketinta painetaan sen jälkeen, kun se on ensin painettu pohjaan. Normaaleissa akustisissa kosketinsoittimistoissa tällaista mahdollisuutta ei ole, mutta esimerkiksi emuloitaessa jotakin puhallinsoitinta voidaan jo soivan äänen voimakkuutta säätää helposti voimalla, jolla kosketinta painetaan. (Brice 2001, 91.)

9.5 System-viestit

System-viestejä on kolmenlaisia: yleinen (common), reaaliaikainen (real-time) sekä yksinomainen (exclusive). Nämä viestit eivät ole kanavakohtaisia, joten ne välittyvät jokaiselle moduulille midi-ketjussa. Yleiset viestit sisältävät esimerkiksi Song pointer –viestin, joka määrittää kohdan, jossa ollaan menossa kappaleessa, sekä Song select –viestin, joka määrittää mahdollisen kappalevalinnan välillä 1-128 (statustavu, jota seuraa vain yksi datatavu). Kumpikin näistä viesteistä ovat tarpeellisia, kun yhden midi-järjestelmän informaatio synkronoidaan toisen järjestelmän kanssa. (Brice 2001, 193.)

9.6 Midi-kontrolleri data

Jokaisessa syntetisaattorissa on suuri määrä erilaisia asetuksia, joita voidaan säätää. Suhteellisen yksinkertaisessakin soittimessa on filter, filter cutoff, filter resonance sekä neljä erilaista envelope-parametria (attack, decay, sustain, release). Sen sijaan että jokaisella valmistajalla olisi oma standardinsa, luotiin Midi-standardi universaaliksi liitännätavaksi.

Midi-data koostuu 128 erilaisesta ”jatkuvaista kontrollerista (continuous controller, CC)”. Muutamille niistä annettiin nimet, kuten äänenvoimakkuus ja pannaus, mutta loput jätettiin vain numeroiksi. CC-numerot käyttävät eräänlaista liukuvaa skaalaa 0-127 välillä, eli jokainen parametri voi siis sisältää minkä arvon tahansa väliltä 0-127. Koska informaatio on vain midi-dataa, sitä voidaan myös nauhottaa ja toistaa midi-sekvensseristä. (Brice 2001. 189.)

Joissain tapauksissa 128 eri arvoa yhdelle CC-numerolle on liian vähän. Ratkaisu tähän on liittää kaksi CC-numeroa yhteen MSB:ksi (Most Significant Bit) sekä LSB:ksi (Least Significant Bit). Ensimmäinen kontrolleri näistä jakaa mahdollisten asetusten alueen 128 osaan. Toinen kontrolleri jakaa jokaisen näistä 128 arvosta vielä 128 eri arvoon. Tämä mahdollistaa 16 384 eri arvon käyttämisen. Tällaisten kontrollereiden käyttäminen tosin lisää liikennettä midi-verkossa rajusti ja voi aiheuttaa jopa data-häviötä. Tällöin on kaksi mahdollisuutta: joko voidaan poistaa kontrollereita tai käyttää apuna Midi-filter -järjestelmiä. (Duffell 2005, 151.)

9.7 Midi-tiedon kontrollointi

Kun käyttäjä painaa midi-koskettimella jonkin koskettimen pohjaan, lähettää se sarjan viestejä midi-kaapelia pitkin. Viestit kulkevat sarjassa: ensimmäinen note-on -viesti kertoo, että nuotti on päällä. Seuraava viesti kertoo, mikä nuotti on kyseessä. Seuraava nuotin painolujuuden, ja viimeinen käyttäjän vapauttaessa koskettimen, lähettää note-off -viestin.

9.8 Midi-kanavat

Normaalissa midi-systeemissä on 16 kanavaa. Näille jokaiselle kanavalle voidaan määritellä oma soittimensa. Midi-in -liittimellä varustettu syntetisaattori voidaan määritellä ottamaan midi-tietoa vastaan vain tietyltä kana-

valta. Joissain syntetisaattoreissa tai sampleereissa voi olla kaksi midi-in – porttia (A ja B), joten se voi reagoida periaatteessa 32 eri midi-kanavaan. Standardiksi on muodostunut, että rummut käyttävät kanavaa 10.

Standardin nuotinvälitysroolin lisäksi midiä voidaan käyttää kahteen muuhun tärkeään tarkoitukseen. Ensimmäinen koskee tempoa ja synkronisaatiota. Kaikki midi-instrumentit toimivat MIDI time code:n alaisina, joka pitää huolen tempon tasaisuudesta nauhoitettaessa ja soitettaessa. MIDI time code:a (MTC) voidaan käyttää myös instrumenttien yhdenaikaiseen soittamiseen. Useimmiten MTC:tä käytetään niin, että sekvensseri pitää kaikki muut laitteet synkronissa. (Brice 2001, 193.)

Toinen tärkeä rooli midillä on automaatio. Virtuaaliset instrumentit lähettävät säädettäessä jotakin ominaisuuttaan jatkuvaa midi control change –dataa, joka voidaan tallentaa isäntäohjelman sekvensseriin. Toistettaessa tätä sekvenssiä toistuvat myös automatisoidut ominaisuuksien muutokset. Ohjelmepohjaisissa syntetisaattoreissa periaate on sama. Isäntäohjelmassa on virtuaalisia midi-portteja, joihin virtuaali-instrumentit liitetään.

9.9 Midi-nuottien nimistä

Oktaavi koostuu 12 nuotista. Täydellinen tai ”kromaattinen” oktaavi C:ssä olisi C, C#, D, D#, E, F, F#, G, G#, A, A#, B. Jokaiselle oktaaville on annettu myös numero, jolla sen löytää midi-koskettimistolta. Yleisesti kutsuttu keski-C on tekniseltä nimeltään C3. Sen yläpuolella on C4 ja alapuolella C2. Saman oktaavin nuotit nimetään samalla tavalla, esim. E4 tai F2. Midi-systeemi käyttää myös erilaista nuottien merkitsemistapaa. Keski-C on tässä systeemissä numero 63, ja loput nuotit numeroidaan tämän mukaan. (Duffell 2005. 81.)

10 MUSIIKINTUOTANTO-OHJELMAT

Vielä kymmenen vuotta sitten tietokonemuusikon ohjelmavaihtoehdot olivat harvat. Nykyisin vaihtoehtoja on monia, joista jokainen muusikko voi löytää omanlaisensa ohjelman tyydyttämään omia tarpeitaan.

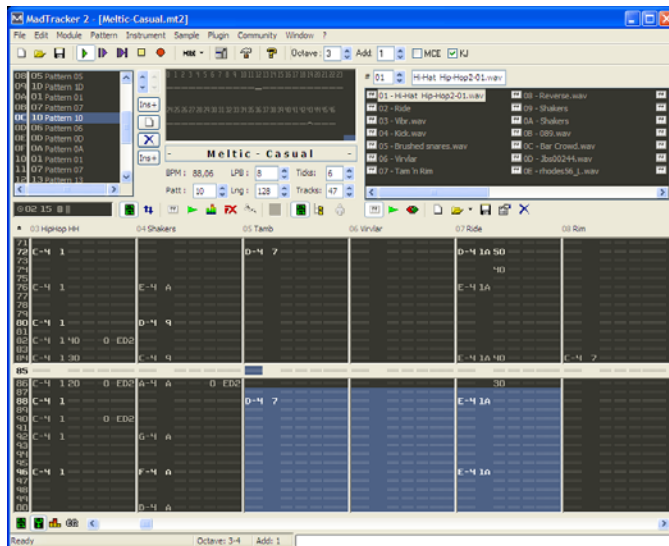
10.1 Nuotinnusohjelmat

Nuotinnusohjelmat tarjoavat käyttäjälleen virtuaalisen nuottiviivaston sekä piano-roll –näkyvän. Ohjelmat eivät yleensä sisällä minkäänlaista äänentuo-
tantotekniikkaa, vaan ne toistavat nuotteja midin kautta.

10.2 Tracker-ohjelmat

Tracker-ohjelmat ovat askel-sekvenssereitä, joihin käyttäjä syöttää kaiken informaation näppäimistöltä usealle monofoniselle kanavalle. Tracker-ohjelman käyttöliittymä on pääosin numeerinen. Kokonaiset kappaleet koostuvat useasta multikanavaisesta patternista, jotka on ketjutettu yhteen.

Fairlight CMI oli ensimmäinen digitaalinen sekvensseri. Se perustui Tony Fursen 1970-luvun loppupuolella suunnittelemaan tuplaprosessoritietokoneeseen. Fairlightin käyttöjärjestelmänä oli QDOS, joka oli modifioitu versio motorolan MDOS:sta ja jossa oli primitiivinen graafinen käyttöliittymä. Vaikka Fairlight oli ensimmäinen tietokonepohjainen sekvensseri, Ultimate Soundtracker, vuonna 1987 Amigalle oli ensimmäinen tracker-ohjelma, joka oli saatavilla amatöörimuusikoille ilman kallista tietokonetta. Koska wavetable-synteesiin perustuvat äänikortit olivat vielä 1990-luvun alussa kalliita sekä FM-synteesiin perustuvien korttien äänenlaatu oli kovin heikko, tarvittiin uudenlainen äänenmuodostustapa. General-midi luotiin kotikäyttäjän tarpeisiin korvaamaan FM-synteesikortteja. Siinä missä midi-formaatissa tiedostoon tallennetaan vain nuotit sekä kontrolleridata, tracker-formaatin tiedostoihin tallennetaan myös äänet, joita toistetaan kappaleessa. Vaikka tracker-ohjelmien huippukausi sijoittuikin viime vuosikymmenelle, kehitystyötä on jatkettu, ja esim. MadTracker tarjoaa jo täydellisen VST-tuen. (Wikipedia, Tracker 2006.)



Kuva 9. MadTracker.

10.3 DAW-ohjelmat (Digital Audio Workstation/digitaaliset audiotyöasemat)

Nämä ohjelmat tarjoavat käyttäjälleen täydellisen musiikintuotantoympäristön. Ne voivat sisältää valmiiksi jo kaiken tarpeellisen aina virtuaalisista instrumenteista efektilaitteisiin sekä miksereihin, kuten Propellerheads:n Reason. Toisaalta ne voivat tarjota vain rungon, jonka päälle käyttäjä voi ladata omat instrumenttinsa sekä efektinsä. Tämän ryhmän selkeimpiä edustajia ovat Steinbergin Cubase-sarjan ohjelmat, Digidesignin Pro Tools, sekä hieinan vanhempi Sonarin Cakewalk.

10.3.1 Propellerheads Reason

Reason koostuu virtuaalisesta rakkikaapista, johon käyttäjä voi ladata haluamansa määrän erilaisia syntetisaattoreita, sampleja sekä efektejä ohjelman kirjastosta, joita voidaan ohjelmoida ohjelman omalla sekvensserillä. Ohjelmalla voidaan automatisoida käytännössä kaikkien virtuaaliinstrumenttien sekä efektien kaikki ominaisuudet. Reason eroaa siinä muista DAW-ohjelmista, että siihen ei voida ladata ulkoisia instrumentteja eikä sillä voi nauhoittaa digitaalista audiota ulkoisesta lähteestä.

Reason 3.0 koostuu kahdesta erilaisesta syntetisaattorimallista: Subtraktori, joka toimii subtraktiivisen synteessin periaatteella, sekä Malmströmista, joka pohjautuu graintable-synteesiin. Lisäksi ohjelma sisältää rumpukoneen, kaksi sampleria sekä joukon efektejä.

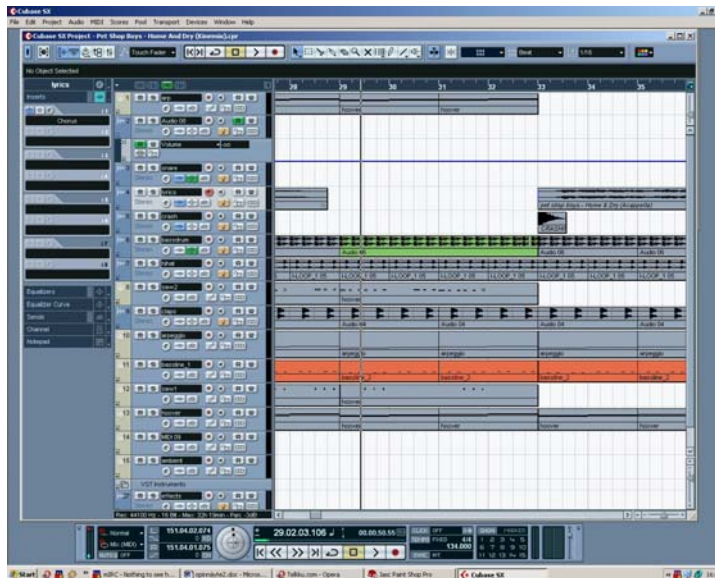
Eräs ohjelman haittapuolista on se, että sen on tehnyt yksi yritys. Fyysinen studio-räkki koostuu yleensä eri valmistajien erilaisista syntetisaattoreista sekä efektiprosessoreista, joilla jokaisella on oma tietty karakterinsa. Reasonin kohdalla kaikki virtuaalilaitteet räkissä on tehnyt yksi ja sama yritys. Vaikka Reason-ohjelman virtuaali-syntetisaattorit kuulostavat laadukkailta, kuulostavat ne silti hieman samanlaisilta. (Duffell 2005, 33.)



Kuva 10. Reason 3.0

10.3.2 Cubase

1984 Steinberg esitteli ensimmäisen midi-sekvensseriohjelmansa, josta 1989 tuli Cubase. Tämä työkalu oli suunniteltu auttamaan musikoita tallentamaan omia suorituksiaan midi-sekvensserillä. Siihen aikaan tietokoneiden tehot olivat vielä riittämättömiä tallentamaan digitaalista audiota. Steinberg oli kumminkin ensimmäinen yritys, joka suunnitteli sovelluksen, jolla voitiin nauhoittaa sekä midi-, että audio-informaatiota. 1996 Cubase VST mahdollisti virtuaali-instrumenttien käyttämisen korvaamaan monia fyysisiä moduuleita studioissa. Nykyisin Cubase SX-ohjelmistot tarjoavat täydellisen työaseman musiikintuottajille.



Kuva 11. Steinberg Cubase SX2.

10.3.3 Rebirth rb-338

Rebirth oli ensimmäisiä virtuaalisia instrumentteja. Se esiteltiin yleisölle NAMM-kokouksessa vuonna 1997. Se sisälsi kaksi tb-303 – analogisyntetisaattorin emulaatiota, yhden tr-808 –rumpukone-emulaation sekä uudemmassa versiossaan vielä yhden tr-909 –rumpukone-emulaation. Tämä virtuaalinen ”studio” ei itsessään pitänyt sisällään erillistä midi-sekvensseriä, kuten nykyaikaiset studio-ohjelmat, vaan jokaisella instrumentilla oli oma askel-sekvensserinsä, samaan tapaan kuin näiden virtuaalisten instrumenttien fyysisillä vastineilla.



Kuva 12. Propellerheads Rebirth rb-338.

11 CASE

Tässä osiossa tutkitaan Synthedit-ohjelmalla tuotettujen virtuaali-instrumenttien toimintaa. Tutkimuksen kohteena ovat subtraktiseen sekä fm-synteesiin perustuvat mallit. Additiivinen synteesimalli on jätetty pois, sillä sen mallintaminen Synthedit-ohjelmalla olisi erittäin työlästä johtuen synteesimallin vaatimista suurista oskillaattorimääristä. Vaikka osiossa puhutaan monesti kontrollijännitteistä, tarkoitetaan tällä emuloitua jännitettä, jota reititetään virtuaalisesti syntetisaattorin sisällä.

11.1 Synthedit

Ohjelmalla voidaan suunnitella erilaisia moduuleja käyttäen virtuaalisia instrumentteja, jolle voidaan määritellä virtuaalisia käyttöliittymiä sekä kytkentöjä. Tuotetut instrumentit voidaan tallentaa VST-muotoisiksi, jolloin niitä voidaan käyttää kaikissa DAW-ohjelmissa, jotka tukevat VST-teknologiaa. Ohjelma mallintaa tarkasti analogisten komponenttien toimintaa aina jännitetasolle asti. Toisaalta ohjelman äänenkäsittelyrutiini estää joidenkin feedback-tyyppisten konfiguraatioiden rakentamisen, koska se käsittelee ääntä lohkoittain. Tämä tarkoittaisi sitä, että takaisinsyötettyyn ääneen muodostuisi pieni viive joka kerta, kun se syötettäisiin takaisin. Tätä ongelmaa ei ole fyysisissä laitteissa, sillä ne käsittelevät ääntä reaaliajassa näyte kerrallaan.

11.1.1 Subtraktiivinen syntetisaattori

Yksinkertainen subtraktiiviseen synteesiin perustuva syntetisaattori koostuu oskillaattorista, suotimesta, sitä kontrolloivasta envelopesta sekä äänen ulostulosta ja sitä kontrolloivasta envelopesta.

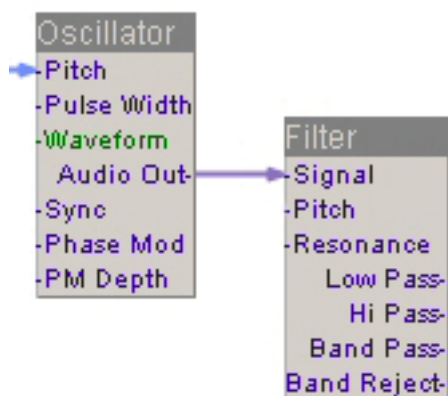
Synthedit-ohjelman oskillaattori toimii samalla periaatteella, kuin fyysinenkin vastine ja vaatii sisääntulosignaalkseen vähintään äänenkorkeus (pitch) kontrollijännitteen.

Tässä mallissa ainoa tarvittava sisääntulosignaali on juuri äänenkorkeussignaali. Signaali saadaan joko Midi-koskettimistolta, jonka tuottama midi-data on ensin muunnettu kontrollijännitteeksi, tai sitten suoraan jännitettä kontrolloivasta liukukytimestä tai potentiometrillä (kuva1.).



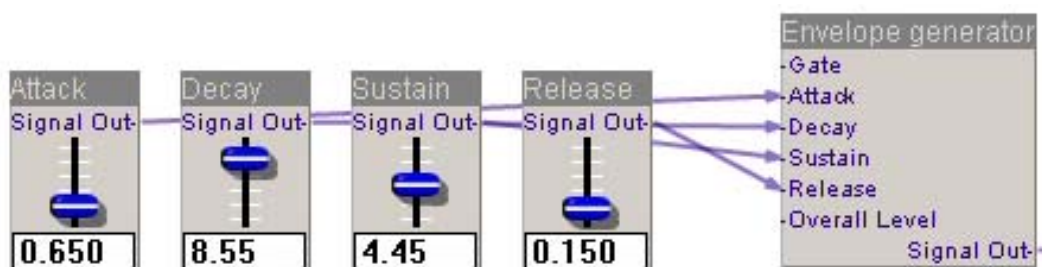
Kuva13. Kontrollijännite saadaan potentiometrillä.

Oskillaattorin ulostulosta audiosignaali johdetaan suotimen sisääntuloon. Synthedit-ohjelman suodin voi ottaa sisälleen tämän audiosignaalin lisäksi myös suotimen leikkaantumiskohdan taajuutta kontrolloivan jännitteen sekä resonanssijännitteen, jolla voidaan korostaa taajuuksia leikkauskohdan lähetyvillä.



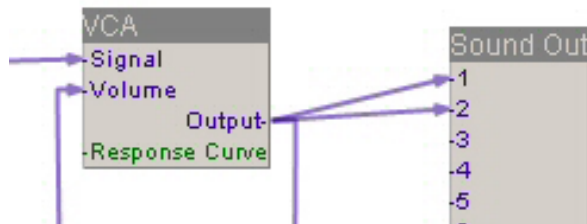
Kuva 14. Oskillaattorista saatu audiosignaali johdetaan suotimeen käsiteltäväksi.

Suodin itsessään ei tee vielä mitään, vaan sille pitää johtaa audiosignaalin taajuuden leikkauskohtaa kontrolloiva jännite. Se voidaan johtaa, kuten edellä oskillaattoriin, kytkimestä, mutta normaalisti tätä taajuutta kontrolloi ADSR (Attack, Decay, Sustain, Release) -moduuli, eli envelope. Synthedit ohjelman envelope-moduulille pitää määrittellä ulkoiset ADSR-kontrollerit. Helpointa tämä on reitittää jokaiselle arvolle erikseen oma liukukytimensä, jolloin kaikkia envelopen arvoja on mahdollisimman helppo kontrolloida.



Kuva 15. Envelope ja sitä kontrolloivat liukukytimet.

Suotimesta saatu käsitelty signaali voitaisiin periaatteessa johtaa jo ulostuloon, mutta jotta ääni ei jatkuisi loputtomasti, pitää suotimen ja ulostulon välille lisätä vielä amp-envelope kontrolloimaan äänen amplitudia. Koska ADSR-kontrolleri ei itsessään ota sisään äänisignaalia, pitää suotimen ulostulo reitittää erityiseen VCA-moduuliin (kuva N). Tämä moduuli toimii jännitekontrolloituna vahvistimena, johon voidaan reitittää jokin kontrolleri tai moduuli kontrolloimaan äänenvoimaakkuutta, tässä tapauksessa ADSR-moduuli. Kuten edellä, envelopeen pitää reitittää Attack, Decay, Sustain sekä Release –kontrollerit, eli 4 liukukytkintä. Näin äänen amplitudin kontrolloiminen helpottuu. VCA-moduulista äänisignaali voidaan johtaa jo ulostuloon.

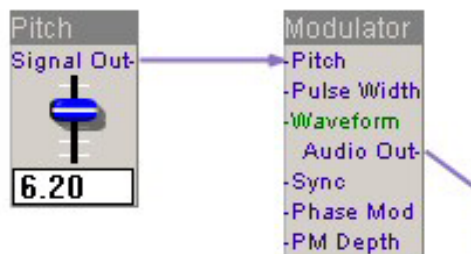


Kuva 16. VCA-moduuli mahdollistaa äänisignaalin amplitudin kontrolloimisen

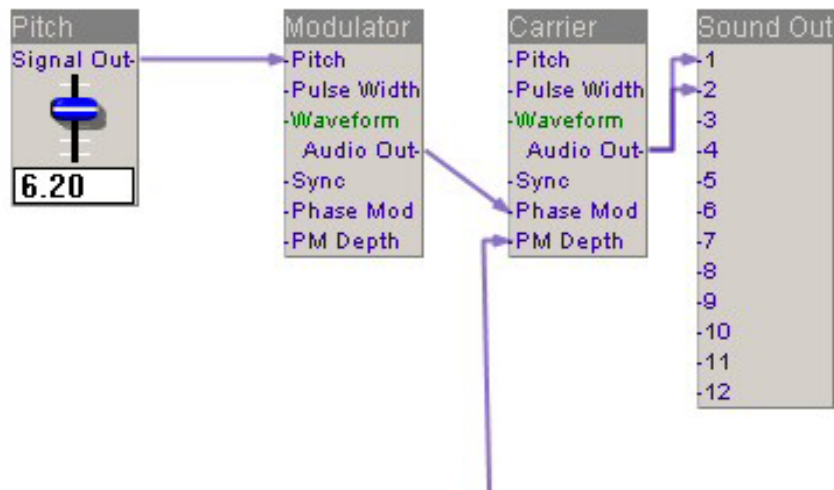
Tällainen perurakenne luo tyypillisen synteettisen äänen, johon voidaan lisätä tekstuuria lisäämällä oskillaattoreita. Kolmella oskillaattorilla, jotka ovat asetettu tuottamaan erilaisia aaltomuotoja, saadaan lopputulokseksi jo huomattavasti elävämmän kuuloista ääntä.

11.1.2 FM-syntetisaattori

Koska fm-syntetisaattori perustuu kahden osan, modulatorin sekä carrierin käyttämiseen, yksinkertaisin kokoonpano olisi vain kaksi VCO:ta kytkettynä toisiinsa niin, että ensimmäisen VCO:n ulostulo moduloi toisen taajuutta.

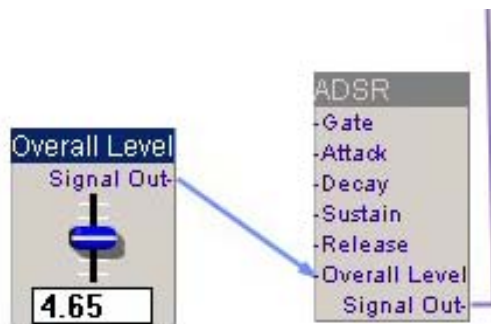


Kuva 17. Äänenkorkeus saadaan liukukytimen tuottamasta kontrollijännitteestä.



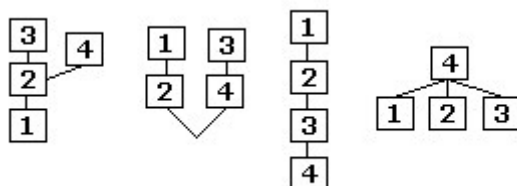
Kuva 18. Fm-syntetisaattorin perusrakenne.

Tällaisenaan syntetisaattorin ääni kuulostaa lähinnä lyhytaaltoradion viritysääneltä. Modulaation syvyyttä voidaan säätää lisäämällä carrier-oskillaattoriin kytkin Phase Mod-kohtaan. Tässä mallissa siihen on käytetty ADSR-moduulia.



Kuva 19. ADSR-moduuli kontrolloi carrier-oskillaattorin modulaation syvyyttä.

Kuten subtraktiivisessa syntetisaattorissa, myös FM-syntetisaattorissa äänen voidaan saada lisää tekstuuria lisäämällä oskillaattoreita. Kuvassa N. on erilaisia mahdollisia tapoja liittää oskillaattoreita toisiinsa fm-synteesiin perustuvassa syntetisaattorissa.



Kuva 20. FM-syntetisaattorin mahdollisia oskillaattoreiden yhteenliittämistapoja.

12 PÄÄTÄNTÄ

Virtuaalinen musiikintuotanto elää tällä hetkellä nousukauttaan. Tietokoneiden laskentatehojen kasvaessa myös virtuaalisen musiikintuotannon teknologiat kasvavat. Vielä 10 vuotta sitten oli miltei mahdotonta mallintaa reaaliaikaisesti additiiviseen synteessimalliin perustuvaa virtuaali-instrumenttia. Nykyisin tämä on mahdollista ja samalla tietokoneella voidaan ajaa useitakin virtuaali-instrumentteja ilman pelkoa äänen katkeilemisesta.

Vaikka digitaalisten syntetisaattoreiden markkinat voivat hyvin, tietokonepohjaiset sovellukset ovat vieneet niiltä markkina-alaa. Syitä tähän ovat mm. ohjelmistojen halvemmat hinnat, parempi muokattavuus, sekä se tosiasia, että virtuaali-instrumentti ei vaadi lainkaan fyysistä tilaa. Harrastelijoilla on mahdollisuus rakentaa omanlaisensa virtuaali-instrumentit aina viimeistä liukukimien paikkaa myöten ilman kalliita fyysisiä komponentteja ja moduuleita.

Monet musiikintuottajatkin ovat nykyään siirtyneet käyttämään virtuaali-instrumentteja sekä studio-ohjelmistoja. Useat live-esiintymisetkin nykyään ovat siirtyneet tietokoneelle. Esimerkiksi Madonnan viimeisimmän kiertueen taustamusiikki tuli suoraan kolmelta Macintosh-tietokoneelta, joissa jokaisessa musiikin toistamisen hoiti Pro-tools –studio-ohjelma. Tämä mahdollisti helpon reaaliaikaisen seurannan sekä tarvittaessa voitiin hypätä edelle tai palata takaisinpäin ajassa.

Tulevaisuudessa tullaan näkemään yhä enemmän virtuaalisia instrumentteja, jotka pystyvät emuloimaan oikeita soittimia tarkasti sekä reaaliaikaisesti. Fyysinen mallinnus tekee tuloaan, ja se on yksi lupaavimmista teknologioista tällä hetkellä. Virtuaalinen musiikintuotanto on kulkenut pitkän matkan aina ensimmäisistä reikäkorttisovelluksista monipuolisiin DAW-ohjelmiin. Siltikin vielä on näkemättä se viimeinen vallankumous, sillä monilla ihmisillä on ennakkoluuloja virtuaalisia tekniikoita kohtaan. Vaikkakin nykyisin tietokonealustat ovatkin melko vakaita, on aina olemassa se vaara, että tietokone jumiutuu. Tämä ei studiotyöskentelyssä sinänsä aiheuta kuin harmia, mutta live-esiintymisessä tilanne voi olla toinen.

LÄHTEET

Kirjalähteet

Salo, Markku. P. 2004. Tietokoneavusteinen musiikki. Helsingin Yliopiston Kirjapaino, Helsinki.

Duffel, Daniel. P. 2005. Making Music With Samples. Backbeat Books, San Francisco.

Brice, Richard. P. 2001. Music Engineering. 2. Painos. Newnes, A division of Reed Educational and Professional Publishing Ltd., Oxford.

Duckworth, William. P. 2005. Virtual Music. Taylor & Francis Group, New York.

Manning, Peter. P. 2004. Electronic and Computer Music. Oxford University Press. Oxford, New York.

Prager, Michael. P. 2005. Sampling and Soft Synth Power! Thompson Course Technology PTR. Usa.

von Seggern, Jon. P. 2005. Laptop Music Power! Thompson Course Technology PTR. Usa.

Verkkolähteet

UCSC Electronic Music Studio Home Page, Short History of Computer Music [verkkodokumentti] [viitattu 30.3.2006]. Saatavissa: <http://arts.ucsc.edu/ems/music/equipment/computers/history/history.html>

Wikipedia, Harmonic [verkkodokumentti] [viitattu 30.3.2006]. Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Harmonic>

Wikipedia, Theremin [verkkodokumentti] [viitattu 30.3.2006]. Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Theremin>

Wikipedia, Tracker [verkkodokumentti] [viitattu 30.3.2006]. Saatavissa:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Tracker>

Wikipedia, General MIDI [verkkodokumentti] [viitattu 30.3.2006]. Saatavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/General_MIDI

Kuvalähteet

Kuva 6.

Musikhaus Thomann Cyberstore 2006, Hercules Dj Console,
http://www.thomann.de/thoiw3_artikel-176358.html, 4.4.2006

Kuva 7.

Musikhaus Thomann Cyberstore 2006, M-Audio Trigger Finger,
http://www.thomann.de/thoiw3_maudio_trigger_finger_midi_drumcontroller_proinfo.html 4.4.2006

Kuva 8.

Musikhaus Thomann Cyberstore 2006, Behringer BCF 2000,
http://www.thomann.de/thoiw3_behringer_bcf_2000_proinfo.html 4.4.2006

Kuva 9.

MadTracker 2006, MadTracker, http://www.madtracker.org/img/ss_main1.gif,
4.4.2006

Kuva 10.

Propellerheads Reason 3.0

Kuva 11.

Steinberg Cubase SX2

Kuva 12.

Vintage Synth Explorer 2006, Propellerhead Software ReBirth RB-338 v2.0.
<http://www.vintagesynth.com/index2.html> 4.4.2006

Kuvat 13-20.

Synthedit