

## Signaalitasot digitaaliaudiossa

Viime vuosina äänitteiden tasot ovat nousseet, ainakin jos tutkimme äänitteiden suhteellista äänenvoimakkuutta. Taiteellisen sisällön taso on myös vaihdellut eri äänitteiden välillä. Tämä artikkeli ei kuitenkaan käsittele näistä kumpaakaan tällä kerralla, vaan pohdimme äänitystasojen vaikutusta äänitys- ja miksausprosessien eri vaiheissa.

Monille äänittäjille on varmasti tuttu ajatus äänittää mahdollisimman ”kuumana” eli mahdollisimman lähelle maksimitasoa. Tämä pitää paikkansa, kun tallennusmedia on analoginen ääninauha, jolloin nauhan pohjakohina asettaa omat rajoitteensa. Voimakkaampi äänitystaso tuo myös mukaan tietyissä tilanteissa positiivisia ilmiöitä, kuten nauhakompressiota tai transienttien pehmeää leikkautumista.

Väite on myös varsin yksiselitteinen 16 bitin tarkkuudella tapahtuvassa digitaalisessa tallennuksessa, missä digitaalisen tallennuksen puutteet, kuten kvantisointisärö, tulevat suhteellisen helposti esille.

Mutta onko asia näin yksiselitteinen aikana, jolloin 24-bittinen tallennus on yleisesti saatavilla kotiaänittäjänkin budjetilla? Teoriassa 24-bittisen tallenteen noin 140 desibelin dynamiikka mahdollistaisi teoriassa hiiren hengityksen ja suihkukoneen lentoonlähdön autenttisen toiston alkuperäisellä voimakkuudellaan samalla äänitteellä, jos löytyisi toistolaitteet, jotka pystyisivät tähän.

Miten tulisi toimia 24-bittisen audion kanssa?

Edelleen kuitenkin useaa äänittäjää kalvaa pelko siitä, että matalammalla tasolla tallennettu raita ei käytä riittävästi bittejä ja tarkkuus kärsii. Väitän, että data on tallennettu 24-bitin tarkkuudella riippumatta siitä käytetäänkö kaikkia bittejä arvon ilmaisemiseen. Vertauksena voitaisiin käyttää vaikka sitä, että käytettäessä mittanauhaa, jossa on merkit millimetrin välein on mittaustulos yhtä tarkka riippumatta siitä mittaammeko sillä kuulakärkikynän vai ovenkarmin pituutta. (Ulkomaisella alan internet-keskustelupalstalla joku esitti vertauksen, että emmehän aja autollakaan jatkuvasti suurinta mahdollista nopeutta saadaksemme käytettyä nopeusmittarin koko skaalan 220 km/h asti) Tottakai erona tässä on se, että mitä matalammalla tasolla tallennamme sitä pienempi on hyötyään suhde kvantisointivirheisiin. 24-bitin tallennuksessa kvantisointivirheet ovat kuitenkin lähes tasolla -140 dBfs, joka on kymmeniä desibelejä alle parhaimmankin ad-muuntimen pohjakohinan.

Harvoin kuitenkaan tulemme ajatelleeksi, että jos 24-bittisestä tallenteesta käytetään vain 16 bitin tarkkuutta ovat äänityksen piikit tasolla -48 dBfs, toisin sanoen 24 bitin tallennustekniikka tuo 16-bittiseen verrattuna 48 desibeliä lisää dynamiikkaa. Tässäkin tapauksessa tarkkuus on lopullisesti menetetty vasta silloin, jos tämä signaali normalisoidaan 0 dBfs tasoon. Karkeana arviona bittien ja desibelien suhteesta voidaan käyttää kaavaa yksi bitti vastaa 6,02 desibeliä. Vaikka keskimääräinen äänitystasomme olisi noin -20 dBfs, on käytössämme 20-21 bittiä, piikeillä vielä enemmän.

Mitä vaikutuksia analogiaelektronikan puolella?

Valtaosa ammattiaudiolaitteista on suunniteltu toimimaan +4 dBu nimellistasolla. Tämä tarkoittaa sitä, että laite toimii varmimmin suunnittelijan tavoitteiden mukaisesti kun signaalin keskimääräinen taso on +4 dBu:n tasolla. Tällöin signaali-kohinasuhde on riittävä, mutta laitteessa riittää headroomia vielä transientteja varten. Useimmissa

ammattivaatimukset täyttävissä laitteissa signaalin leikkautumispiste on vähintään +24 dBu:n tasolla, paremmissa vielä korkeammalla. Tämä jättää transienteille headroomia vielä noin 20 desibeliä, joka on useissa normaaleissa käyttötilanteissa varsin riittävästi. Sen sijaan huokeammalla valmistetuissa laitteissa leikkautumispiste voi olla huomattavasti matalammalla tasolla, tämän lisäksi laitteen käytös voi muuttua huomattavan epälineaariseksi ennen varsinaista leikkautumista.

Digitaalisen ja analogisen signaalin äänenvoimakkuuksien suhteelle ei ole olemassa mitään yksiselitteistä standardia. Toisin sanoen ei ole olemassa virallista päätöstä paljonko 0 tai -20 dBfs on analogisena jännitteenä. Parhaassa tapauksessa ad- ja da-muuntimissa on tasonsäädin, jolla tämän tason saa asetettua ympärillä olevalle analogiselle laitteistolle sopivalle tasolle. Joskus taas tehtaan täti on tehnyt tämän päätöksen puolestamme. Esimerkkejä elävästä elämästä: yhden laitteen muuntimissa +4 dBu edustaa digitaalista tasoa -15 dBfs, josta voimme päätellä 0 dBfs:n sijaitsevan noin +19 dBu tasolla. Kun taas eräässä huokeamman luokan muuntimessa 0 dBfs edustaa +16 dBu:n analogista tasoa, arvatenkin muuntimen analogiasteen puutteiden takia.

Parhaassa tapauksessa muuntimien analogisten vahvistinasteiden leikkautumispisteet ovat mitotettu huomattavasti yli digitaalisen huipputasoa. Usein nämä leikkautumispisteet voivat kuitenkin olla vain muutaman desibelin yli digitaalisen täyden tason. Selkeästi ammattikäyttöön suunnitelluissa laitteissa on tehty vähemmän kompromisseja kytkennöissä ja komponenttien laadussa, kuin halvemmissä laitteissa.

Ilman riittävän tarkkaa ja luotettavaa mittauskalustoa voidaan vain arvailla, ovatko muuntimemme yhä lineaarisen vahvistuksen alueella skaalan yläpäässä, koska valitettavan usein valmistajat ilmoittavat esitteissään säröarvot mitattuna sillä tasolla, joka saa aikaan pienimmän numeron.

Luonnollisesti tilanne on yhtäläillä haastava vaikka AD-muuntimemme toimisikin kiitettävän lineaarisesti skaalan yläpäähän asti, jos muunninta edeltävä laite, useimmiten esimerkiksi mikrofonetuaste, ei jaksa säröytymättä syöttää muuntimelle täyttä 0 dBfs tasoa. Vaikka tilanne olisi niin ideaalinen, että kumpikin edellämämainituista laitteista hoitaisi tehtävänsä moitteettomasti, muodostaa nollassa läheisyydessä taltioiminen yhden haasteen lisää. Usein laitteen suunnittelijat ovat ystävällisesti asettaneet etupaneliin vähintään LED-valon, joka välkähdyttää aina signaalitasoa ylittäessä sallitun. Joskus meillä on jopa useammalla ledillä toteutettu mittari kertomassa signaalin luonteesta. Mutta voimmeko olla varmoja, että kyseiset varoittimet ovat riittävän nopeita ja tarkkoja havaitsemaan lyhyiden iskuäänien aiheuttamia yliohejuuksia ennen kuin on liian myöhäistä? Koska mittarit seuraavat jo menneitä signaalitasoa, valon syttyessä kesken äänityksen on yliohejuus tapahtunut.

Tähän perustuen voidaan väittää, että äänitystason jättäminen rehellisesti muutaman desibelin päähän absoluuttisesta maksimista vapauttaa äänittäjän tekemään muutakin kuin tutkimaan, josko jossain vilkahtelee punaisia valoja. Varsinkin kun aiemmin tuli todettua, että tämän tasonpudotuksen vaikutus tallennustarkkuuteen on hyvin marginaalinen.

Mutta mitä tapahtuu laatikon sisällä?

Tarvitseeko meidän enää pohtia signaalitasoja sen jälkeen kun äänisignaali on muutettu digitaaliseen muotoon jatkokäsittelyä varten? Keskitymme tässä lähinnä tietokonepohjaisiin äänitysjärjestelmiin ja suljemme analogisen tai digitaalisen mikserin

ympärille rakennetun studion tarkastelun vähemmälle huomiolle. Valtaosa markkinoilla olevista audiosekvensseriohjelmistoista perustuu 32-bittiseen (tietyissä ohjelmissa 64-bittiseen) liukulukulaskentaan, jossa olemassaolevan 24-bittisen sanan perään lisätään 8-bittinen eksponentti, jolla kyseistä lukua voi skaalata lähes rajattomasti. Teoriassa on mahdollista vaimentaa signaalia 100 desibeliä, sen jälkeen vahvistaa signaalia saman verran ja saada aikaan alkuperäinen aaltomuoto. Se, kuinka hyvin tämä käytännössä toteutuu, riippuu siitä, miten hyvin työasema suorittaa tarvittavat laskutoimitukset. Liukulukulaskennan ansioista 0 dBfs:n ylittävät signaalit eivät leikkaudu ennen kuin ne muutetaan takaisin analogisiksi kokonaislukuihin perustuvilla muuntimilla tai niitä käsitellään kokonaislukulaskentaan perustuvilla digitaalisilla työkaluilla.

Tiettävästi ainoa markkinoilla oleva kokonaislukulaskentaan perustuva työasema/ohjelmisto on Pro Tools HD, joka perustuu (48-bittiseen) kokonaislukulaskentaan. Tosin Pro Tools HD:kin sisältää 0 dBfs:n yläpuolisille signaaleille varatun 9 bitin, eli noin 54 dB:n, puskurialueen. En aio arvioida eri laskentatapojen vaikutuksia äänenlaatuun.

Liukulukulaskentaan perustuvalla ohjelmistolla ei periaatteessa tarvitse pohtia sisäistä signaalitasoa ennen kuin signaalia pitää muuttaa analogiseen muotoon tai siirtää digitaalisesti kokonaislukumuodossa. Ohjelmistojen sisällä ajettavissa plug-in:eissä haastavaksi asian tekee se, että käyttäjällä ei välttämättä ole saatavilla tietoa siitä millä tavoin plug-in:it käsittelevät audiodataa. Valtaosa plug-in:eistä toimii isäntäohjelmaa suuremmilla sisäisillä tarkkuuksilla. Yleisimpiä tapoja ovat mm. 24-bittinen ja 48-bittinen kokonaisluku (single ja double precision) sekä 32-64 -bittinen liukulukulaskenta. Asia on kunnossa niin kauan kuin plug-init toimivat aiotulla tavalla myös 0 dBfs:n yläpuolella. Poikkeuksen tekevät plug-init, jotka mallintavat jonkin analogisen laitteen, esimerkiksi kompressorin, toimintaa. Nämä plug-init eivät välttämättä anna toivottua tulosta liian korkeilla signaalitasoilla.

Myös koneen sisäisillä prosessorikorteilla, kuten UAD tai Powercore, ajettavat plug-init siirtävät usein dataa kokonaislukumuodossa, samoin kuin ulkoiset digitaaliset prosessorit. Koska aiemmassa prosessoinnissa saattaa signaalitaso nousta, voi näissä siirroissa tapahtua käyttäjän huomaamatta digitaalista leikkautumista.

Yhtälailla tarkkuutta vaatii ulkoisten analogisten prosessorien liittäminen ketjuun. Vaikka digitaalinen leikkautuminen vältettäisiin AD- ja DA-muunnoksissa, 0 dBfs tason läheisyyteen tallennettu signaali voi olla liian korkealla tasolla suhteessa ulkoisen laitteen optimaaliseen toimintatasoon nähden.

### Inter-sample peak

Yksinkertainen digitaalinen tasomittari kertoo yliohejuksesta sen, onko 0 dBfs saavutettu ja yleensä vilkuttaa "OVER" valoa silloin kun signaali on ylittänyt 0 dBfs:n rajan tietyn ajan verran. On kuitenkin joitain tilanteita missä tietynlainen prosessointi saa aikaan digitaaliselta signaalitasoltaan matalamman signaalin, joka voi AD-muunnoksen (ja siihen liittyvän alipäästösuodatuksen) jälkeen tuottaa useita desibelejä yli 0 dBfs:n olevia signaaleja. Ilmiötä kutsutaan englanniksi nimellä inter-sample peak, enkä ole löytänyt sille järkevää suomennosta. Eli nämä ovat piikkejä, jotka tapahtuvat kahden samplen välissä. Kun tätä signaalia suodatetaan (esimerkiksi da-muunnoksen yhteydessä) voi signaalin huipputaso ylittää 0 dBfs, vaikka signaalinen huippuarvo olisi alle 0 dBfs. Tämän takia voi tulla tilanteita, joissa DA-muunnoksen yhteydessä mittareiden mukaan kaikki on kunnossa, mutta signaali DA-muuntimen analogiasteessa voi olla säröllä. Näissä tilanteissa muodostuu tärkeäksi se kuinka reiluksi DA-muuntimen yliohejuusvara on mitotettu.

### Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan todeta, että jos äänittäessä käytetään maltillisia signaalitasoja saatetaan menettää hieman tarkkuutta muunnoksissa, minkä merkityksestä voidaan olla montaa mieltä. Jos äänityksen huipputasot ovat esimerkiksi -5 dBfs tai jopa -10 dBfs, jää miksausvaiheessa pelivaraa kanavan digitaaliselle prosessoinnille. Tämän lisäksi tarve myöhemmässä vaiheessa tapahtuvaan eri plug-inien, digitaalisten ja analogisten signaaliprosessorien väliseen tasosovitukseen vähenee. Parhaassa tapauksessa äänitteiden äänenlaatu voi jopa parantua. Vaikka äänitteestä olisi tarkoituksena tehdä myöhemmässä vaiheessa kanttiaaltoa, voimme siitä huolimatta tehdä miksauksen käyttäen maltillisia tasoja. Mitään yleisiä desibeliarvoja on hankala antaa, koska äänitettävä materiaali sanelee loppujenlopuksi käytettävät työtavat. Tämän vuoksi on tärkeää tarkistaa signaalitasoja ja tutustua huolella käytössä olevaan laitteistoon.

Lähteet:

Bob Katz - Mastering audio, the art and the science (2nd edition), S. 69-72, 74-75, 77-81, 220.

Alesis HD 24 Manual, S.97

Behringer ADA 8000 Manual, S.7

[http://akmedia.digidesign.com/support/docs/48\\_Bit\\_Mixer\\_26688.pdf](http://akmedia.digidesign.com/support/docs/48_Bit_Mixer_26688.pdf) s.3 (luettu 27.9.2009)

[http://www.tcelectronic.com/media/PoCo\\_Man\\_US\\_2310.pdf](http://www.tcelectronic.com/media/PoCo_Man_US_2310.pdf) s.38 (luettu 27.9.2009)