

PRELAZAK SA ANALOGNE NA DIGITALNU A/V TEHNOLOGIJU

Dejan Marinković

Sadržaj

Analogne tehnologije

Zvuk

Prva snimanja zvuka, fonografi i gramofoni.....4

Magnetne trake.....6

Video

Standardi i funkcionisanje (PAL, SECAM i NTSC).....9

Magnetne trake.....10

Digitalne tehnologije

Zvuk

Digitalizacija zvuka.....10

Formati.....12

Video

Digitalizacija videa.....13

Formati.....14

Skorija budućnost.....16

Završna reč.....16

ANALOGNE TEHNOLOGIJE

Zvuk

Prva snimanja zvuka, fonografi i gramofoni

Veliki korak u istoriji multimedijalnih tehnologija i civilizacije uopšte bilo je prvo snimanje zvuka.

Prvi uređaj za reprodukciju zvuka izumeo je švajcarski časovničar Nikola Smooth. Uređaj se sastojao od cilindra na kome se nalaze iglice različite dužine koje proizvode zvuk različite visine i opruge koja služi za okretanje tog cilindra. Takav sistem rada se i dan danas koristi u muzičkim kutijama. interesantno je još pomenuti da su stariji modeli klavira koristili sistem sličan ovom kako bi «sami svirali».

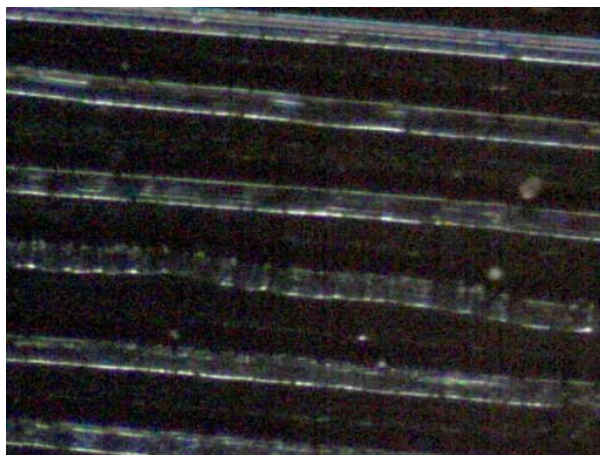
Prvi uređaj za snimanje zvuka, fonograf, konstruisao je Leon Scott. Sastojao se od membrane na koju je pričvršćana iglica. Ona je sa suprotne strane bila u dodiru sa valjkom (cilindrom) na kome se nalazio namotan papir. Registrovan zvuk dovodi do treperenja membrane, koja dovodi do oscilovanja iglice, dok iglica na kraju «urezuje zvuk» na cilindar. Ovakav uređaj nije bio u mogućnosti da reprodukuje snimljen zvuk, pa je bilo potrebno da se informacija urezana na cilindar prebaci na metalni cilindar, pomoću kojeg je kasnije fonograf mogao da reprodukuje snimljen materijal.

Naslednik fonografa i predhodnik gramofona bio je fonograf koga je izumeo Edison. Fonograf je za razliku od fonografa koji je sadržao cilindar sa namotanim papirom imao cilindar na čijoj se površini nalazio mekan material poput kalaja ili voska. Na taj način fonograf je rešio glavni problem fonografa jer je isti cilindar mogao da se koristi za snimanje i kasniju reprodukciju. Međutim, najveća mana fonograma sastojala se u tome što nije postojala mogućnost masovne proizvodnje cilindara sa istim snimljenim materijalom. Ograničenje je bilo na otprilike 25 kopija sa znatno lošijim kvalitetom pri čemu je original takođe gubio na kvalitetu.



Edisonov fonograf

Prvi uređaj koji je počeo masovno da se koristi bio je gramofon, koji je prevazišao glavnu nemogućnost fonografovog cilindra. Za razliku od fonografa gramofon je koristio ravnu površinu (ploču) za urezivanje tonskog zapisa. Dok je kod fonografa iglica vibrirala vertikalno (u zavisnosti od dubine brazde), kod ploče je dubina bila konstantna, a ton je zapisivan horizontalno (horizontalno vibriranje iglice). Takav sistem omogućavao je masovnu proizvodnju bez značajnijih gubitaka u kvalitetu. Prve ploče korišćene na mehaničkim gramofonima radile su na 78 obrtaja u minuti, dok je kasnije postavljen drugi standard na 45 (Single), 33 1/3 (Long Play) i 16 2/3 (Extended Play) obrtaja u minuti koji koriste električni gramofoni. Materijal od koga se izrađuju ploče za el. gramofon kao i stare na 78 obrtaja je PVC, dok su se ostale stare pravile od jačih materijala pa su se teže greble, ali su lakše pucale.



200x zumirana ploča na 33 1/3 obrtaja

Gramofon (el.) je, generalno gledano, prvi uređaj koji je mogao skoro svako da ima, a ne samo bogataši i plemići kakav je bio slučaj sa predhodnima. Kao takav dosta je potpomogao razvoju muzike. Mnogi izvođači su mogli sada da masovno izdaju svoje ploče i na taj način da budu slušaniji i pritom zarade. Naravno, gramofon pored toga ima i puno svojih mana. Ploče su jako skupe i sam proces narezivanja ploča je jako komplikovan. Nije postojala mogućnost posebnog snimanja svakog instrumenta, kao i naknadna obrada snimljenog materijala. Snimanje, miksovanje i mastering su se radili u «realnom vremenu», što je podrazumevalo da su svi muzičari svirali istovremeno tako da pritom ni jedan od njih nije smeo da napravi falš. Efekti su se takođe radili u toku izvođenja, a da se pritom i tu ne napravi greška. To je, dakle, podrazumevalo da ni jedan pojedinac od ogromnog broja ljudi koji su radili istovremeno ne sme da napravi ni najmanju grešku.

S druge strane, ploče su jako osetljive i lako se oštećuju, dovoljno je da dođe do najmanje ogrebotine ili da padne nekoliko trunčica prašine na ploču i gramofon bi već reprodukovao karakteristično lupanje i pucketanje. Održavanje ploča je jako naporno i skupo. Potrebno je imati specialan pribor, kao i tečnosti za čišćenje, koje uglavnom koriste ljudi koji se bave time. O nekim većim ogrebotinama i otpornosti ploča na

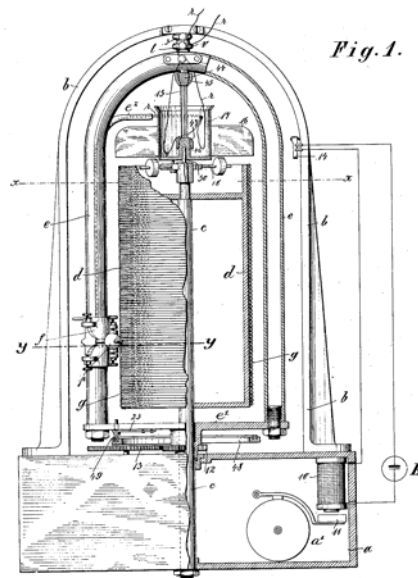
temperaturu ne treba uopšte ni govoriti. Takođe je i dijamantska iglica potrošni materijal, koja bi se vremenom trošila i morala bi da se zameni novom, ili čak da se zameni kompletna magnetna glava

Gramofonska magnetna glava se sastoji od iglice sa dijamantskim vrhom i kalema. Jedan kalem koji se nalazi na samoj iglici koji pokretan, dok je drugi fiksiran i nalazi se na malom rastojanju oko pokretnog kalema. Pokretanje iglice proizvodi malu struju koja se kasnije pojačava i prenosi na zvučnike.

Postoje različite glave za različite tipove ploča u zavisnosti od brzine okretanja, broja kanala ili tipa same ploče. Npr. stare ploče na 78 obrtaja koriste drugačiju iglicu od one koje danas imamo. Pored standardnih mono i stereo glava postoje i višekanalne glave, kao što je na primer kvadrofonična.

Magnetne trake

Sledeća tehnologija snimanja zvuka pojavila se još 1898. godine u obliku telegrafona. Uređaj je snimao i reprodukovao zvuk tako što je magnetni medijum prelazio konstantnom brzinom po površini magnetne glave. Magnetna glava, koja u sebi ima elektro-magnetne kalemove, slične onima kod gramofona, pretvarala je magnetne oscilacije u električne, da bi se na kraju, preko pojačala i zvučnika, taj signal pretvorio u zvuk. Magnetni medijum je u početku bila žica. Bio jako loš, pa je kvalitet bio daleko ispod tada korišćenog fonografa/gramofona. Inače telegrafon se najviše koristio kao diktafon, jer je bio fleksibilniji za snimanje. Kako je bila u pitanju žica, često se dešavalo da «šeta» pa se zvuk gubio s vremena na vreme.



Witnesses:
 Frank J. Ober
 Walter M. Chapin

Inventor:
 Valdemar Poulsen.
 by W. G. Kautzmann
 Att'y.

Patentiran novi sistem za snimanje i reprodukciju zvuka

Prvi uređaj koji je koristio magnetnu traku razvijen je u Nemačkoj. Koristio je traku širine 3 mm koja se kretala velikom brzinom. Brzina proticanja trake je bila oko 90 m u minuti, što bi značilo da je za četvoročesovni snimak bilo potrebno blizu 3 Km trake! Takav sistem uopšte nije bio praktičan s obzirom da je kotur težio blizu 25 Kg!



Kotur sa magnetnom trakom korišćen 50-tih i 60-tih godina

izuzetnu važnost imalo je «pomeranje» frekventog spektra sa njegovog realnog položaja na položaj između 50 i 150 KHz (poznatije kao AC biasing). Visoke frekvencije su daleko stabilije za čuvanje materijala na traci od nižih. S obzirom da traka nije u mogućnosti da dobro očuva signal sa većim amplitudama (kakav imaju niže frekvencije), bilo je neophodno da se čitav spektar pomeri kako bi došlo do boljeg očuvanja zvuka.

Razvoj se kasnije seli u Ameriku i Hollywood. Tamo je ova tehnologija razvijana pre svega iz komercijalnih razloga. Naime, radio je do tada funkcionisao na uživo programu, koji su neki urednici hteli po sveku cenu da zamene studijskim, jer je jednostavniji i jeftiniji. Zapravo ovakav način bi omogućio višestruko emitovanje istog snimka koji bi približno zvučao kao uživo emitovan, dok se vremenom na kvalitetu ne bi mnogo izgubilo. Ovo je bila velika revolucija u odnosu na gramofonske ploče koje su brzo gubile na kvalitetu. Firma koja je najviše ulagala u razvoj magnetofona bila je Crisby, sa kojom je sarađivao, verovatno i najzaslužniji za razvoj ovog sistema, inženjer Mullin. Sa uloženi 50 000 dolara firma Ampex i Mullin su razvili magnetofone sa izuzetnim zvukom za to vreme, da bi kasnije razvili i višetrakne sisteme za stereo zvuk. Ovakvi sistemi su se kasnije preneli na magnetoskop koji je kasnije korišćen na televiziji.

Postavljeni su profesionalni i kućni standardi. Magnetofoni su koristili koture prečnika 27 cm, dok je traka prelazila brzinama od 38.1 cm/s (15 in/s) i 76.2 cm/s (20 in/s) za snimanje kvalitetnijeg zvuka. Sa standardnim protokom moglo se snimiti 30 minuta materijala i on bi zauzimao 730 m trake. Za kućnu varijantu koristio se protok od 19 cm/s (7 in/s).

Sledeći korak bilo je, već pomenuto, višekanalno snimanje koje je podrazumevalo više traka poredanih paralelno. Da ne bi došlo do zabune, treba samo pomenuti da je u pitanju fizički jedna traka koja je virtualno podeljena na dve ili više manjih, od kojih svaka podrazumeva jedan kanal. Naravno sve je kranulo od dva kanala – stereo, koji je i dan danas najčešće u upotrebi. S obzirom da je u pitanju fizički jedna traka sinhronizacija je potpuna i to je jedna od najvećih prednosti magnetnih traka i dan danas. Ovakav način snimanja omogućava laku montažu prilikom samog snimanja upotrebom više mikrofona. Problem montaže je delimično rešen, ali će tek s pojavom digitalne tehnologije montaža biti na vrhunskom nivou – lako za korišćenje, brzo i kvalitetno. Postojale su i ploče sa stereo zvukom mnogo ranije, ali do tad nisu bile upotrebljene u komercijalne svrhe, dok je pojavom trake to bio daleko jeftiniji proces pa je pored za potrebe radio stanica počelo i sa proizvodnjom traka u komercijalne svrhe. Interesantno je još spomenuti da su prve komercijalne trake sa stereo zvukom snimljene 50-tih godina i to sa klasičnom muzikom. Ostali žanrovi su počeli da koriste stereo tek 60-tih godina.

Mnogi su verovatno mislili da je tro i višekanalno snimanje ono što je donela digitalna tehnologija. Ali kao što je već pomenuto, još su ploče koristile višekane sistme. Od izuzetne važnosti za razvoj audio tehnologije bili su i sami muzičari koji su želeli da uzmu stvar u svoje ruke i razviju što kvalitetniji zvuk. Pored toga oni su razvijali montažu zvuka uz pomoć ove tehnologije. Jedan od najpoznatiji bio je gitarista Les Poul koji je sa već pomenutom firmom Ampex istraživao i sa osmokanalnim sistemima.

Ono što je bitno reći za njega je da je on bio jedan od prvih ljudi koji su radili električne gitare. Gibson Les Paul je gitara koja je danas jedna od najpoznatijih u svetu, a njen dizajn se nije bitno menjao od 50-tih godina.

Prve komercijalne trokanalne trake proizvodio je Ampex. Dakle pored levog i desnog, postojao je i treći kanal. Mnogi će napraviti analogiju sa 2.1 sistemom i pomisliti da je ovaj kanal bio rezervisan za bas, ali nije tako. Ovaj kanal je bio namenjen za snimanje glasa, tako da, ako bismo pravili analogiju sa Dolby 5.1 sistemom, ovaj kanal je zapravo bio predhodnik centrala.

Četvorokanalni sistemi su bili jako značajni u pogledu montaže zvuka. Mnogi studiji su paralelno snimali sa velikog broja mikrofona (po sistemu jedan kanal po mikrofону), da bi na kraju izmiksovali taj zvuk u stereo. Mana ovakve montaže je povećanje šuma usled

presnimavanja sa trake na traku. Ovakav način montaže korišćen je 60-tih godina za izradu albuma Beatles-a, Rolling Stones-a i drugih. Naravno, razvila se i kvadrofonija koja je pokušala da pokrije zvuk sa svih strana. Radi se o sistemu koji predstavlja 4 zvučnika - prednji levi i desni i zadnji levi i desni. Kvadrofonija se koristila za izradu albuma Pink Floyd-a kao i Mike Oldfield-a. S obzirom da je Mike radio ambijentale, za to vreme kvadrofonici sistem je bio velika stvar za njegovu muziku. Albumi su izdati i u stereo varijanti kako bi veći broj slušalaca mogao da ih ima.

Do pojave digitalnih sistema (znači do pre 10-20 god), profesionalni studiji radili sa 24 i više kanala, pa je montaža bila daleko fleksibilnija.

Video

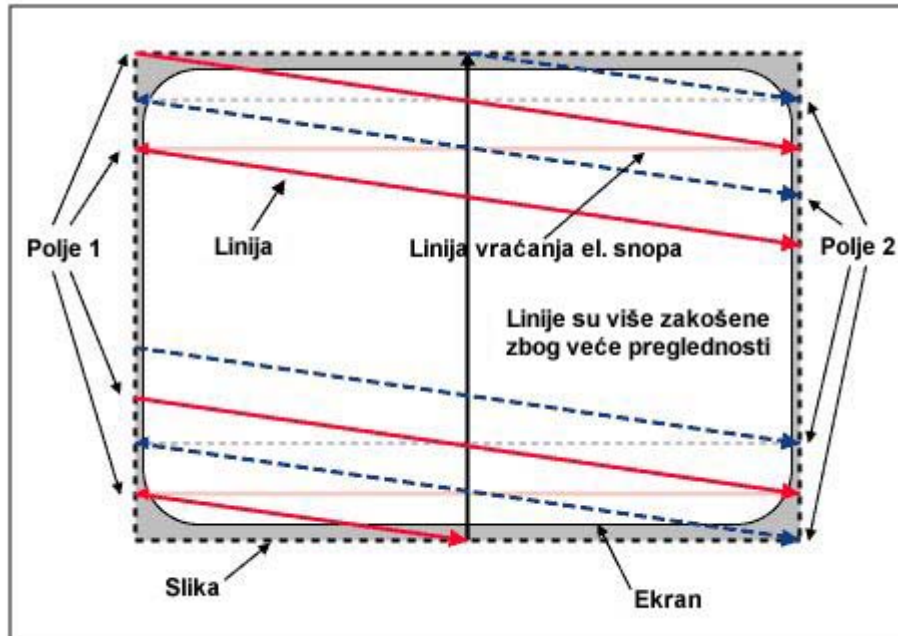
Standardi i funkcionisanje (PAL, SECAM i NTSC)

Video snimanje i reprodukciju obuhvataju dva bitnija uređaja – kamera sa jedne strane i TV ili monitor sa druge.

Za kameru je bitno reći da se sastoji iz tri osnovna dela – okulara, fotoploče i elektronike. Svetlost prolazi kroz razna sočiva u okularu koja usmeravaju svetlost na fotoploču. Fotoploča se sastoji iz velikog broja fotoćelija (tranzistora) koji predstavljaju po jednu tačku slike tako što svetlosni signal koji dođe do njih pretvore u električni. Takvi signali (ima ih koliko i tačaka, odnosno fotoćelija) se kasnije pretvara (modulira) u FM (frekvencna modulacija) signal i sprovodi do magnetne trake.

Monitor se sastoji iz dva osnovna dela, a to su modulator i ekran. Modulator pretvara FM signal u signal koji se šalje ekranu koji emituje sliku. Ekran sadrži katodnu cev, masku i staklenu ploču u kojoj se nalazi tanak sloj fosfora. Katodna emituje snop elektrona koji prolazi kroz rupice na maski i dolazi do fosfornog sloja koji zasvetli određenom bojom u zavisnosti od snopa elektrona.

Kako je za to vreme bilo skupo napraviti monitor koji će emitovati svaku liniju prilikom prelaska el. snopa, napravljen je sistem pomoću kojeg će prvo biti emitovane neparne pa zatim parne linije na ekranu. Ovakav sistem je poznat kao interlejs/isprepletanost (interlace).



Šematski prikaz rada ekrana

U zavisnosti od standarda snabdevanja električnom energijom, odnosno frekvencije naizmenične struje (50 ili 60 Hz), razvijena su dva osnovna TV standarda – PAL i NTSC. PAL sistem se koristi u Evropi dok je NTSC razvijan u Americi i Japanu.

PAL karakteristike:

- 25 slika u sekundi (znači 50 polja u sekundi)
- slika sadrži 625 linija (od kojih je 576 aktivno)
- frekvencija osvežavanja je 50 Hz (broj polja u sekundi)

NTSC karakteristike:

- 29.97 slika u sekundi (59.94 polja u sekundi)
- slika sadrži 525 linija (od kojih je 484 aktivno)
- frekvencija osvežavanja je 59.94 Hz

SECAM je francuski TV sistem koji se koristi u manjoj meri u Evropi i ima potpuno iste karakteristike kao PAL, jedino se razlikuje u komponenti boje.

Magnetne trake

Samim razvojem trake kod audio sistema, traka je preneti i na novonastale video uređaje. Analogno magnetofonu napravljen je magnetoskop, koji je do skora bio nezamenljiv, a i danas se koristi u većim TV kućama. Na razvoju prvih magnetoskopa radila je Američka firma Ampex. Za snimanje i reprodukciju koristila se četvorostruka 2-inčna traka (5.08 cm). Kvalitet slike i zvuka bio je na zadovoljavajućem nivou, a glavni problem je bila nemogućnost emitovanja zamrznute slike. Taj problem je rešen uvođenjem kotura tipa B u Evropi i tipa C u Americi. Nove trake bile su širine od jednog inča (2.54 cm).



Tip B kotur sa trakom korišćen u Evropi

Kasnije je (1960.) Sony razvio video kasetu koja je namenjena pre svega za kućnu upotrebu. Kaseti i video rekorder su bili daleko jeftiniji od magnetoskopa, pa je već tokom 70-tih video rekorder zauzeo važno mesto u privatnim snimcima i reprodukciji. Čak i danas se ova tehnologija uveliko koristi.

DIGITALNA TEHNOLOGIJA

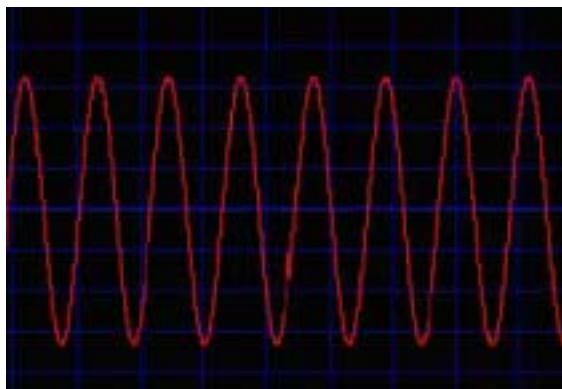
Zvuk

Digitalizacija zvuka

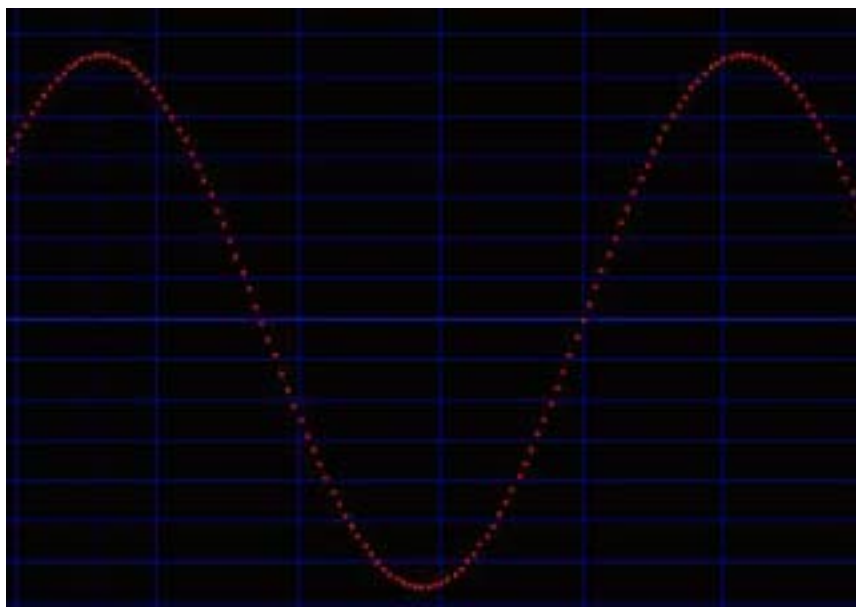
Proces digitalizacije podrazumeva konverziju postojećeg analognog signala u niz jedinica i nula pri čemu dolazi do zaokruživanja tako da signal nije potpuno isti kao ulazni. Iako zvuči kao uništavanje zvuka, proces digitalizacije pored toga što na taj način

deformiše zvuk, drži podalje od zvuka bilo kakve šumove i distorziju koja se javlja prilikom snimanja na traku ili neki drugi analogni medijum. Deformacija prouzrokovana zaokruživanjem je minimalna, a čistina zvuka je na visokom nivou tako da je kvalitet na daleko višem nivou u odnosu na analogne sisteme.

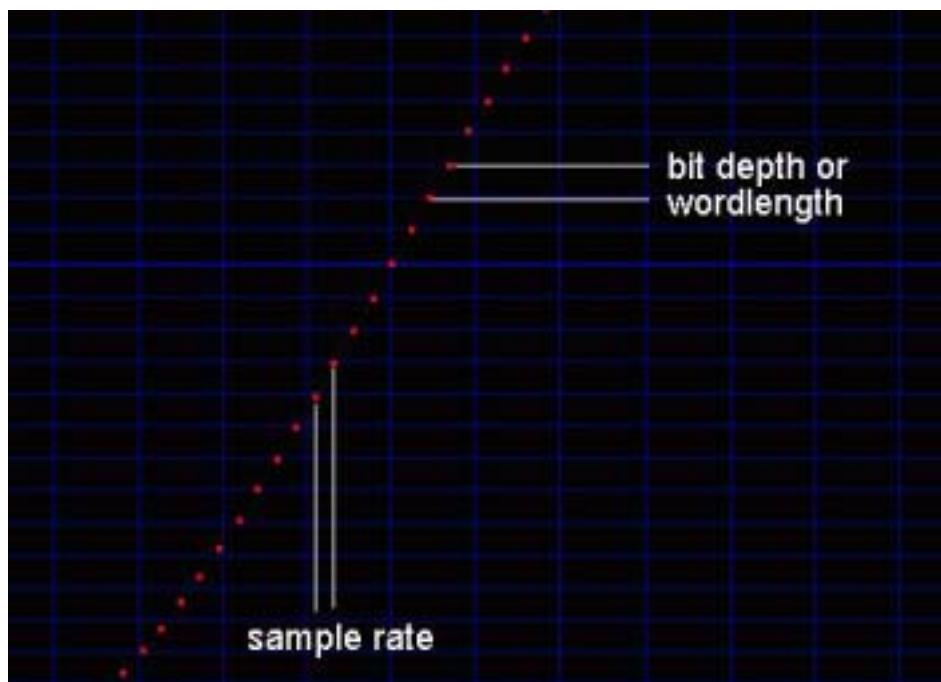
Ovde je prikazan digitalizovan sinusoidni zvuk.



Na prvi pogled linija izgleda neprekidno, međutim kad bi se slika uvećala videli bismo nešto poput ovog.



Linija se zapravo sastoji iz velikog broja tačaka i nije neprekidna kakva bi bila da je analogno modeliran zvuk u pitanju.



Ovde su grafički prikazane dve osnovne karakteristike digitalnog zvuka – sample rate (brzina uzorka) i bit depth (dužina reči). Sample rate je horizontalna definicija zvuka čija se vrednost kreće između 8 i 192 KHz. Bit depth predstavlja vertikalnu definiciju zvuka i njegova vrednost se kreće od 8 do 64 bita. Vrednosti od 8 do 32 su celobrojne (integer), dok je 64-bitna realna (float) vrednost. Na taj način je zaokruživanje svedeno na minimum. Treba još napomenuti da su maksimalne brojke samo trenutne i da kroz samo godinu dana možemo da očekujemo da maksimalne vrednosti budu 384 KHz i 128 bita.

Današnji standardi:

- telefon – 8 bita na 8 KHz
- CD – 16 bita na 44.1 KHz
- DVD – 24 bita na 48 KHz

Kvalitetnija rezolucija zvuka se uglavnom koristi pri muzičkim i filmskim studijima.

Formati

Kod kompresovanih formata se pojavljuje i treća karakteristika vezana za kompresiju, a to je bitrate (brzina protoka). Bitrate predstavlja broj bita (podataka) koji se obradi u sekundi, odnosno u konkretnom slučaju koliki se broj podataka pretvori u zvuk u intervalu od jedne sekunde. S obzirom da nekompresovan zvuk zauzima dosta prostora u odnosu na današnje memorijske medije, javila se potreba da se kompresuje zvuk. Tako su nastali mnogi formati, a ja ću ovde navesti samo nekoliko najpopularnijih i njihove karakteristike:

- mp3 – format koji već duže vreme dominira i koji poseduje solidan kvalitet zvuka, međutim danas postoje daleko kvalitetniji formati. Proizveden je u Fraunhofer laboratorijama 90-tih godina.

- wma – Microsoft-ov audio format koji je trebalo da potisne mp3, međutim kvalitet zvuka je bio poprilično lošiji od zvuka mp3 formata sve do pojave wma9. Ono što ga odvaja od drugih formata, a zbog čega nije nešto popularan kod većine korisnika je mogućnost enkripcije (zaštite) od neovlašćenog umnožavanja (piraterije).

- ogg – novi kodek otvorenog koda koji je po meni na 128 kbit/s ubedljivo najbolji, poseduje mogućnost rada sa više od dva kanala (4.0, 5.1, 7.1...), za razliku od predhodnih.

- mp4 – takođe novi kodek koji je nastao kao naslednik AAC i mp3 kodeka. Razvija ga nekoliko firmi od kojih su najpoznatije Ahead i Apple. Po mom mišljenju na većem bitrate-u Ahead-ov mp4 kodek koji je radio Ivan Dimković daje ubedljivo najbolji zvuk u poređenju sa svim ostalim formatima.

Što se broja kanala tiče uvedeni su novi standardi, pored mono, stereo i kvadrofonijske pojavi su se 5.1 (Dolby surround) i 7.1.

Video

Digitalizacija videa

Digitalizacija videa je nešto složenija međutim princip je isti. Dakle elektro-magnetni signal se pretvara u digitalni waveform talas, samo što u ovom slučaju postoji više elektro-magnetnih talasa koji se konvertuju. Ovde je složenija situacija baš zbog toga što postoji više nekompresovanih formata u zavisnosti od komponentata.

Komponente:

- R – crvena (red)
- G – zelena (green)
- B – plava (blue)

- Y – luma (osvetljenje)
- U (Cb) – komponenta plave (chroma blue)
- V (Cr) – komponenta (chroma red)

Postoje dva osnovna načina sklapanja komponenti da bi se dobio video signal. Prvi je RGB, gde svaka komponenta predstavlja jednu boju (kao i kod snopova katodne cevi) čijim mešanjem se dobija slika u boji.

Drugi, više praktikovani načini su različite kombinacije Y, U i V. Osnovni format je YUV dok su najčešće korišćeni formati na PC-u YUY2 i YV12. Cb i Cr predstavljaju razliku plave/crvene boje i osvetljenja.



YUV slika i posebne komponente

Bitno je još napomenuti da umesto linija ovde rezoluciju čine pikseli (tačke), stoga isprepletanost (interlace) nije neophodan.

Formati

Kao i kod zvuka i ovde iz praktičnog razloga postoji više kompresovanih formata.

Standardi:

- VCD – MPEG1 (Moving Picture Experts Group), 352x288 (352x240 za NTSC), 25 fps (29.97 fps za NTSC), 1150 kbps
- DVD – MPEG2, 720/704x576 u zavisnosti da li je razmera 4:3 ili 16:9 (720/704x480 za NTSC), 25 fps (29.97 fps za NTSC), bitrate do 9800 kbps
- SVCD – MPEG2, 480x576 (480x480 za NTSC), 25 fps (29.97 fps za NTSC), bitrate do 2600 kbps

Pored standarda postoje i razne varijante MPEG4 formata, a najpoznatiji su sledeći:

- DivX 3 – kodek koji se između ostalog smatra nelegalnim zbog postojanja raznih neovlašćenih verzija. Ovaj kodek je napravio revoluciju u prelasku sa osnovnih MPEG formata na DivX.

- DivX 6 – kodek koji razvija DivX networks, komercijalan je, daje kvalitetniju sliku u odnosu na DivX 3, ali daleko lošiju u odnosu na XviD

- XviD – kodek otvorenog koda, trenutno najboljeg kvaliteta u odnosu na sve slične, jednina mana su mu performanse.

- wmv – Microsoft-ov video kodek, namenjen pre svega reprodukciji na internetu zbog svoje mogućnosti da da bolji kvalitet na manjim bitrate-ovima za razliku od ostalih, ali je zato daleko slabijeg kvaliteta u odnosu na XviD na većem bitrate-u. Takođe poseduje mogućnost zaštite od piraterije.

Skorija budućnost

Glupo bi bilo ne pomenuti tehnologije koje će u najskorije vreme zaživeti i potisnuti DVD standard. U pitanju je razvoj HDTV i BlueRay medija kao i standarda. Interesantno je da HDTV razvijan još od 1997.-me godine do danas. Ovakav standard bi trebao da obuhvati rezoluciju od 1024x768 piksela kao i nekompresovan zvuk, što bi predstavljalo veliki korak u odnosu na DVD.

Takođe bi u skorije vreme trebalo HDTV da zameni film u bioskopima, tako da će i tu doći do prevlasti digitalne tehnologije, bez obzira što je do skora film smatran za tehnologiju koja nudi najbolji mogući kvalitet.

Još jedan interesantan podatak u vezi sa tim je uvođenje daljinske kontrole bioskopa, tako da će najverovatnije prenos biti omogućen putem satelitske radiodifuzije.

ZAVRŠNA REČ

Digitalna tehnologija je sama po sebi napravila veliki skok u odnosu na analognu u pogledu kvaliteta i brzine uopšte. Jedna jako bitna karakteristika je i ekonomičnost koja je za posledicu imala veoma brz razvoj kao i pristupačnost. Da li je digitalnom tehnologijom napravljen samo korak napred? Nije. Mnogi Hollywood-ski reditelji i producenti se i dalje zadržavaju na filmskim kamerama, bez obzira što sada postoje HDTV kamere koje bi trebalo da zamene filmske. Takođe se mnogi muzički producenti vraćaju na analogne miksete jer distorzija koju one proizvode daju punu boju zvuku, dok je digitalan zvuk zbog svoje čistine potpuno hladan. Najbolje je, dakle, napraviti dobar kompromis između ova dva i koristiti prednosti svake. Tačno je da će jednog dana digitalna tehnologija u potpunosti zameniti analognu, ali danas je analogna u dosta slučajeva ispred digitalne.