

4 Multimedialian elementit webissä

4.1 Kuva webissä

- Näyttävän hypermedian keskeinen elementti on kuva.
- Kuvankäsittelyyn liittyy sekä teknisiä (miten) että sisällöllisiä piirteitä (mitä ja kenelle). Seuraavassa käsitellään lähinnä kuviin liittyviä teknisiä piirteitä (sisällöstä & suunnittelusta tyydytään kurssin puitteissa antamaan vain vinkkejä)
- Kuvankäsittely on muiden multimediaelementtien (ääni, animaatio, video) ohella tyypillisesti aiheeseen erikoistuneiden ammattilaisten heiniä. Kuitenkin erityisesti kuvien tallentamiseen (tiedostomuodot, pakkaaminen) liittyvä osaaminen on olennaisessa osassa hypermedian osaamista.
- WWW:ssä kuvat toimivat sekä varsinaisena sisältönä että osana sivuston ulkoasua (erilaiset ikonit, taustakuvat). Kuvat aiheuttavat yleensä suurimmat ongelmat hitaan verkkoyhteyden käyttäjälle: esimerkiksi pakkaamattoman kuvan tiedostokoko saattaa olla satoja kertoja tarkoituksenmukaisesti pakattua suurempi. Kuvat ovat usein myös saavutettavuuden esteenä: tieto on pyrittävä mahdollisuuksien mukaan esittämään kuvan ohella myös tekstimuodossa (*toisteisuus*).
- Perehdytään seuraavaksi tietokoneella esitettävän kuvan perusteisiin ja erilaisiin kuvaformaatteihin.

Kuvan esittäminen tietokoneella

- Kuva esitetään tietokoneella *pikseleinä*
 - Kukin pikseli on tietyn värinen, väri muodostuu kolmesta pääväristä: punainen, vihreä ja sininen (RGB)
 - pikseleiden lukumäärä näytöllä ilmoitetaan käsitteellä resoluutio
- *Resoluutio* ilmoittaa näytöllä näkyvien pikseleiden lukumäärän
 - yleisiä resoluutioita:
 - VGA (Video Graphics Array): 640 x 480, SVGA (Super Video Graphics Array): 800 x 600
 - XGA (Extended Graphics Array): 1024 x 768, SXGA (Super Extended Graphics Array): 1280 x 1024, UXGA (Ultra Extended Graphics Array): 1600 x 1200
 - kuvan koko määritellään pikseleinä, joten tietty kuva näyttää suurella resoluutiolla pienemmältä kuin pienellä resoluutiolla ja päinvastoin
- Resoluutio voidaan ilmaista myös pikseleinä/matka, DPI (skanneri, laser-tulostin, ...)

Demo: Värien muodostaminen

- väri esitetään tietokoneessa punaisen, vihreän ja sinisen värien avulla

Esimerkki:

punainen: 100% punaista, 0% vihreää ja 0% sinistä

musta: 0% kaikkia värejä

valkoinen : 100% kaikkia värejä

- järjestelmästä käytetään nimeä RGB (Red, Green, Blue) (vrt. CMYK-esitystapa kirjapainoissa)
- Kuva tietokoneen ruudulla esitetään sekä tietokoneen muistissa että näyttölaitteella:
 - väri-informaatiosta pidetään kirjaa *näyttömuistilla* (usein näytönohjaimessa)
 - *näytönohjain* muuntaa näyttömuistin videosignaali
 - *näytön* tehtävä on esittää signaali. LCD-näytössä jokaista pääväriä (RGB) vastaa monokromaattinen alipikseli; CRT-näytöissä värillinen valo syntyy ammuttaessa elektronitykillä fluorenssoivaan pintaan

- Värien lukumäärä
 - näyttö ja näytönohjain määräävät, kuinka monta eri väriä pikseli voi esittää (tietokone voidaan myös konfiguroida siten, että maksimikapasiteettia ei käytetä, esim. tehokkuussyistä tai sopivan ajurin puuttuessa)
 - käytettävissä olevien värien lukumäärä ilmoitetaan joko kuvan *värisyvyytenä (bittitaso)* tai *värien lukumääränä* (värien lukumäärä = $2^{\text{bittitaso}}$)

Esimerkki: 8-bittinen näyttömoodi → värejä käytettävissä $2^8 = 256$ kpl

- Yleisiä värisyvyyksiä:
 - 8-bittiset värit: 256 väriä
 - 16-bittiset värit: 32000 väriä (32 sävyä/pääväri, $32 \times 32 \times 32$)
 - 24-bittiset värit: 16,7 milj. väriä (TrueColor)
 - 32-bittiset värit: 16,7 milj. väriä (TrueColor) + alpha-kanava -informaatio
- Pöytätietokoneissa TrueColor on tyypillisin, kun taas *mobiililaitteissa* käytetään pienempiäkin bittimääriä.

Väripaletit

- Jos käytettävissä on esim. vain 8-bittinen näyttö, joudutaan käyttämään *indeksoitua väripalettia* värien esittämiseen
- Väripaletti
 - joudutaan käyttämään 256-väristen näyttöjen yhteydessä
 - väripaletti muodostuu 256 väristä, jotka valitaan miljoonista eri värisävyistä
 - informaatio valituista 256 väristä talletetaan väritaulukkoon (Color Look-up Table), jossa kukin alkio sisältää RGB-informaation ko. väristä
 - väritaulukon väreihin viitataan indeksoinnin avulla: (esim. väri 1 = musta väri, 2 = valkoinen, jne.)
 - jos sovellus tai sovelluksessa näytettävä kuva sisältää enemmän värejä, loput värit "pyöristetään" lähimpään käytössä olevaan värisävyyn tai käytetään rasterointia (engl. Dithering)
- Eri sovelluksilla voi olla käytössä eri paletit, mikä aiheuttaa näytön välkehdintää ja vääristyneitä värejä vaihdettaessa aktiivista sovellusta Värien

Kuvaformaatit

- Digitaaliset kuvaformaatit voidaan jakaa karkeasti kahteen päätyyppiin:
 - *bittikarttakuviin* (rasterigrafiikkaan) sekä
 - *vektorigrafiikkaan*
- Käytännössä kuvatiedosto voi olla myös sekoitus edellämainituista (esim. vektorigrafiikka, joka sisältää upotetun alielementin, joka on bittikarttakuva)
 - Tärkeää onkin huomata ne oleelliset erot, joita näillä kuvien muodoilla on!

Bittikarttakuva

- Bittikarttaesityksessä jokaisen kuvan pikselin väri määritellään kuvatiedostossa erikseen
 - kuvainformaatio mallinnetaan suoraan pikseleinä
 - kuvankäsittelyohjelma muuttaa suoraan pikseleitä
 - bittikarttakuva voidaan myös koostaa useasta tasosta (engl. *layer*). Erityisesti kuvankäsittelyohjelmien omissa tiedostomuodoissa taso
 - raakamuotoisen bittikarttakuvan esittäminen vaatii vain vähän laskentatehoa



Lähikuva --->



Vektorigrafiikka

- Kuvan elementit ovat erillisiä *objekteja* (viivoja, kaaria, suorakaiteita, ympyröitä, ...)
 - kustakin objektista talletetaan vain piirto-ohjeet (esim. "piirrä kohtaan (100, 50) vihreä ympyrä, jonka säde on 20 ja viivanpaksuus 3")
 - kuvia voidaan suurentaa ja pienentää sekä muokata laadun kärsimättä
 - objekteja voidaan siirtää ja poistaa ilman, että se vaikuttaisi muihin objekteihin; objektin voi tuoda toisten objektien eteen tai piilottaa niiden taakse
- pikseliesitys näyttöä varten muodostetaan vasta esitettäessä kuvaa jossakin sovelluksessa → monimutkaisen kuvan näyttäminen vaatii paljon prosessointitehoa
 - vektorigrafiikkaa voidaan toki käyttää pelkästään kuvien työversiossa ja julkaista kuvat pikseligrafiikkana esimerkiksi paremman yhteensopivuuden takia
 - soveltuu hyvin esim. tietokoneella tehtyjen piirrosten ja kaavioiden esittämiseen
- Valokuvastakin voidaan tehdä vektorigrafiikkaa, mutta se vaatii älykkään sovelluksen ja tarkoitukseen soveltuvan kuvan, jotta lähes jokaisesta pikselistä ei tulisi omaa objektia (suuri tiedostonkoko)

- Vektorigrafiikkaa käytetään paljon *suunnittelussa ja mallintamisessa*; etu piilee juuri objektiajattelussa
 - vektorigrafiikka sopii myös kolmiulotteisten (n-ulotteisten) objektien esittämiseen (2-ulotteinen projektio ruudulle tarvittaessa)
 - koska objektit esitetään (on mahdollista esittää) tietokoneen tunnistamassa muodossa, voidaan objektien avulla suorittaa kuvien tuottamisen ohella myös automaattista päättelyä ja laskentaa (esim. animointi)

Kuvan bittikarttaesitys

- Mustavalkeat kuvat
 - jokainen pikseli on talletettu yhtenä bittinä (1 tai 0)
 - 640 x 480 -resoluutioinen mustavalkea kuva vaatii 37,5 Ktavua levytilaa pakkaamattomana
 - mustavalkeiden kuvien esittämiseen käytetään usein rasterointia
- Harmaasävyiset kuvat
 - jokainen pikseli on talletettu tavuna (arvo välillä 0 - 255)
 - 640 x 480 -resoluutioinen kuva vaatii yli 300 Ktavua levytilaa
- 8-bittiset kuvat
 - 1 tavu/pikseli
 - kuvassa max 256 eri väriä (värit voidaan yleensä valita täysväripaletista)

- 640 x 480 -resoluutioinen kuva vaatii yli 300 Ktavua levytilaa (sama kuin harmaasävyinen kuva)
- 24-bittiset kuvat
 - jokaisen pikselin esittämiseen käytetään 3 tavua (RGB)
 - tukee 256 x 256 x 256 eri väriä ja värisävyä (16 777 216)
 - 640 x 480 -resoluutioinen kuva vaatii yli 900 Ktavua levytilaa
- Kuvatiedostoja käsitellään editointivaiheessa yleensä pakkaamattomina, koska näin säilytetään kuvan laatu mahdollisimman hyvänä. Raakamuotoinen bittikarttakuva vie kuitenkin paljon tilaa:
 - Esimerkiksi HD-laatuinen (1920x1080x24 bit) valokuva vie sellaisenaan *6,2 megatavua*
 - Kuvien pakkaaminen on siis perusteltua. *Webissä kuvien pakkaaminen on erittäin tärkeää.*

4.2 Kuvaformaatin valinta web-julkaisuun

Motivaatio

- WWW on heterogeeninen ympäristö erilaisia sovelluksia ja päätelaitteita. Niin kuvalla kuin millä tahansa webissä julkaistavalla medially, on tärkeää valita tiedostomuoto, joka on *sovellus- ja laiteriippumaton*
- *Sovellusriippumaton* tiedostomuoto voidaan lukea ja tulkita millä tahansa sovelluksella, joka kyseistä muotoa tukee
 - Kaikki sovellukset eivät tue kaikkia tiedostomuotoja, mutta mikä tahansa sovellus voi (teoriassa) tukea sovellusriippumatonta muotoa
- *Laiteriippumaton* tiedostomuoto voidaan esittää missä tahansa laitteessa, joka tukee kyseisen median esitystä
 - Kaikki päätelaitteet eivät välttämättä silti kykene esittämään tätä muotoa (esim. jos tietokoneessa ei ole äänikorttia, ei se voi luonnollisestikaan toistaa ääniä)
- Soveltajan kannalta *sovellus- ja laitteistoriippumattomuuden takaamiseksi on motivoitua tukeutua avoimiin standardeihin*

Bittikarttapohjaiset kuvaformatit

- Sekä GIF, JPEG, PNG että TIFF ovat *laitteistoriippumattomia kuvaformatteja*
- TIFF (Tagged Image File Format)
 - käytetään hyvin erityyppisten kuvien tallettamiseen (mustavalkea, harmaasävyinen, 8- ja 24-bittinen RGB ym.)
 - hukkaamaton kuvaformaatti
- GIF (GIF87a, GIF89a)
 - Graphics Interchange Format (GIF) kehittäjinä UNISYS ja CompuServe
 - hukkaamaton pakkausalgoritmi (perustuu Huffman-koodaukseen)
 - 8 bittiä/pikseli eli ainoastaan 256 väriä: miljoonien värisävyjen esittäminen 256 värin avulla toki hukkaa väri-informaatiota vaikka pakkausalgoritmi onkin hukkaamaton
 - soveltuu tietokonegrafiikan pakkaamiseen (vähän värejä, isoja tasavärisiä alueita, teräviä reunoja)
 - tukee lomittamista (interlacing, kuvan latautuminen osissa)

- GIF89a tukee useita eri kuvia samassa tiedostossa ja animaatiota
- LZW-pakkausalgoritmi patentoitu (UNISYS): patentin haltijalla on mahdollisuus periä lisenssimaksuja algoritmin käytöstä (kuvien editoimiseen ja esittämiseen käytettävät ohjelmat)
- PNG (Portable Networks Graphics)
 - kehitettiin korvaamaan GIF ja osittain myös TIFF
 - ei patenttisuojaa eikä siten lisenssimaksuja (vrt. GIF)
 - tukee alfa-kanavia (muuttuva läpinäkyvyys), gamma-korjausta ja kaksiulotteista lomittamista (kuvan vähittäinen latautuminen)
 - 5 - 20 % tehokkaampi hukkaamaton pakkaus kuin GIF:issä
 - ei animointia (siihen oma formaatti MNG)
 - tukee truecolor-, harmaasävy- ja 8-bittisiä palettikuvaformaatteja
 - kuvankäsittelysovellukset tukevat hyvin PNG:tä, mutta WWW-selaimet puutteellisesti (uudet selaimet tukevat myös PNG-kuvia)

Häviöllisesti pakattu bittikarttamuoto: JPEG

- JPEG (Joint Photographic Expert Group)
 - standardi vuodesta 1992
 - 24bittiä/pikseli (16M väriä)
 - tarkoitettu täysväristen ja harmaasävyisten kuvien pakkaamiseen (valokuvat), ei sovellu mustavalkoisten ja tietokonegrafiikan pakkaamiseen
 - käyttää hukkaavaa pakkausta, jonka astetta voidaan säätää (kuvan koko, laatu, nopeus)
 - pakkausalgoritmi käyttää hyväkseen ihmisen näköaistin ominaisuuksia: perusajatuksena on hukata enemmän informaatiota, jota ihmissilmä ei havaitse
 - hyvä kuvanlaatu 10 -20 kertaisella pakkauksella, välttää aina 100 asti (4- 5 kertaa pienempi kuin GIF). Päästään todella suuriin pakkausasteisiin
 - kuva jaetaan 8x8 lohkoihin, joihin tehdään DCT (Discrete Cosine Transformation) ja tämän jälkeen pakataan

JPEG ja häviöllisen pakkauksen haasteet

- *Ongelmana* suurilla pakkausasteilla kuvan rasteroituminen pakkauksessa käytettäviin lohkoihin
- JPEG ei käsittele hyvin teräviä rajauksia (esim. teksti kuvassa)
- Erityisen huonosti JPEG taltioi pikseligrafiikkaa, näytönkaappauksia ja tekstiä



Häviötön pakkaus



Täysi pakkaus



Muokattu ja uudelleenpakattu

Wavelets

Wavelets

- Wavelet-muunnosta käytävä pakkausalgoritmi, jolla saavutetaan alkuperäistä JPEG:iäkin suuremmat pakkaustasot paremmalla kuvanlaadulla
- Esimerkiksi JPEG 2000 –standardi käyttää wavelets-muunnosta
- vaatii tietokoneen prosessorilta suorituskykyä ja nykyään vielä erikoissovellukset sekä kuvan pakkaamiseen että esittämiseen (selainlaajennus)

Vektorigrafiikka

SVG (Scalable Vector Graphics)

- Uusi vektorigrafiikkaformaatti WWW-käyttöön, W3C-suositus, perustuu XML-kieleen
 - kuvauskieli, kuvat tekstiformaatissa (pieni koko, hakutoiminnot mahdollisia), DOM-standardin mukainen, selaimet eivät tue tällä hetkellä ilman selainlaajennuksia, kuvankäsittelyohjelmistot osittain

Esimerkki yksinkertaisesta SVG-kuvasta:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<svg version="1.1" baseProfile="full"
  width="100%" height="100%"
  xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
  <circle cx="50" cy="30" r="20"
    stroke="black" stroke-width="5" fill="red"/>
</svg>
```

Laitteistoriippuvia kuvaformaatteja

- Laitteistoriippuvia kuvaformaatteja ovat esim. BMP, WMF, PAINT, PICT ja XBM
- Microsoft Windows: BMP ("Windows bitmap")
 - standardikuvaformaatti Windows-ympäristössä
 - kuva voidaan tallettaa 24-bittisenä, pakkaus mahdollista RLE:n avulla (Run Length Encode)
- WMF (Windows Meta File): Windowsin vektorigrafiikkaformaatti
- Macintosh: PAINT ja PICT
 - PAINT-formaattia käytettiin alunperin MacPaint-ohjelmassa, alunperin vain mustavalkeiden kuvien esittämiseen
 - PICT-formaattia käytettiin alkujaan MacDraw-ohjelmassa (vektoripohjainen)
- X-windows: XBM
 - ensisijainen grafiikkaformaatti X-ikkunointiympäristöissä, tukee 24-bittisiä bitmap-kuvia

Ohjelmistoja

- Kuvankäsittelyyn on tehty hyvin suuri joukko ohjelmistoja. Seuraavassa muutamia yleisesti käytettyjä (muuta esim. : Paintshop Pro, Pixel Image Editor...):
- *Adobe Photoshop*
 - ks. <http://www.adobe.com/products/photoshop/main.html>
 - ammattikäyttöön tarkoitettu (valo)kuvankäsittelyohjelmisto
 - tukee sekä pikseli- että vektorigrafiikkaa
- *CorelDRAW ja PhotoPaint*
 - ks. <http://www.corel.com/>
 - ammattikäyttöön tarkoitettuja kuvankäsittelyohjelmistoja
 - Draw: vektorigrafiikka; PhotoPaint: pikseligrafiikka

- **GIMP**

- ks. <http://www.gimp.org>

- ilmainen kuvankäsittelyohjelmisto Unix- ja Linux-ympäristöihin, nykyään saatavilla myös Windows- ja Mac-versiot

- ei tue vektorigrafiikkaa

- **Paint.net**

- ks. <http://www.getpaint.net/>

- Ilmainen (open source) kuvankäsittelyohjelmisto Windowsille, paljon toimintoja

- ei tue vektorigrafiikkaa

- **Inkscape**

- ks. <http://www.inkscape.org/>

- Ilmainen (open source) ohjelmisto vektorigrafiikalle

- Tukee SVG-muotoa

Ohjeita ja vinkkejä

- PNG vai JPEG?
- WWW-grafiikassa on tällä hetkellä käytännössä kaksi kuvatiedostoformaattia valittavana, PNG ja JPEG. Ominaisuuksiltaan parempiakin vaihtoehtoja on, mutta käytännössä ne karsiutuvat pois (puutteellinen selaintuki)
- Nyrkkisääntöjä:
 - ikonit ja kuvat, joissa on vähän värejä ja isoja, yksivärisiä alueita, PNG:ksi (tietokonegrafiikka, ...)
 - kuvat, joissa paljon värejä ja jatkuvia värisävymuutoksia, JPEG:ksi (valokuvat, ...)
- *Haasteena* on läpinäkyvyyden koodaaminen kuviin (PNG tukee, mutta tukeeko selain?)
- Myös GIF voi tulla joskus kyseeseen, erityisesti kun halutaan animaatioita

GIF-ohjeita

- GIF-kuvissa voi olla maksimissaan 256 väriä, joten värien valinta on tärkeää:
 - kaiken perusta on kuvassa käytetty väripaletti, joka kertoo, mitä värejä kuvassa esiintyy
 - paletin värien valinnassa tulee huomioida, että (tällä hetkellä pientä) osaa käytössä olevista tietokoneista käytetään 8-bittisessä näyttötilassa
 - näytön välkehähdinnän ja värivirheiden välttämiseksi WWW-selaimet eivät vaihda käyttämäänsä väripalettiä, vaan ne käyttävät 216 värin kiinteää palettiä
 - loput 40 väriä on varattu käyttöjärjestelmän kuva-elementeille, esimerkiksi työpöydän ikoneille.
- Palettivaihtoehtoja:
 - käyttöjärjestelmän väripaletti
 - Web-turvallisten värien paletti (http://en.wikipedia.org/wiki/Web_safe_colors)

- mukautuva eli adaptiivinen paletti (värit valitaan kuvasta)
- Rasterointi
 - voidaan simuloida värejä, joita ei ole paletissa
 - kannattaa käyttää, kun kuvassa on paljon värejä ja se on luonteeltaan valokuvamainen, ja kun halutaan pehmeitä gradientteja
 - ei kannata käyttää läpinäkyvissä kuvissa eikä kuvissa, joissa on tasaisen värin alueita
- GIF-tiedoston koon pienentäminen
 - pienempi kuvakoko
 - vähennetään värejä (8-bittisen sijasta käytetään esim. 6-bittisiä värejä)
 - pienissä kuvissa vältetään lomituksen käyttöä (interlacing)
 - suositetaan suuria, tasavärisiä alueita (ei rasteroituja!)

JPEG-ohjeita

- JPEG-pakkaus perustuu ihmisen näkökyvyn huijaamiseen hävittämällä sellainen kuvainformaatio, jota silmä ei pysty erottamaan.
- Pakkausasteeseen voidaan vaikuttaa kun kuvaa tallennetaan JPEG-muotoon kuvankäsittelyohjelmalla.
- Sopiva pakkausaste riippuu pakattavasta kuvasta. Toisia kuvia voi pakata paljonkin ilman, että kuvan laatu kärsii kun taas toiset kuvat eivät kestä juurikaan pakkaamista.
- JPEG-pakkaus on aina kompromissi tiedostokoon ja kuvan laadun välillä. Sopiva pakkaustaso löytyy vain kokeilemalla varsinkin minimoitaessa tiedostokokoa.
- Muistettavaa JPEG-kuvista:
 - vältä peräkkäisiä JPEG-pakkauksia samalle kuvalle
 - JPEG-pakkaus häivyttää teräviä rajauksia (esim. teksti)
 - JPEG tukee progressiivista latautumista, mutta se sopii vain hyvälaatuisiin kuviin

4.3 Ääni webissä

- Ääni on multimedian ja siten hypermedian keskeisiä osa-alueita, joka on kuitenkin tietokonemaailmassa ollut pitkään vähemmällä huomiolla
- Ääniä käytetään:
 - sellaisenaan (musiikki, kuunnelmat, äänikirjat)
 - elokuvan ja animaation osana (taustamusiikki, tehosteet, taltioidut äänet)
 - käyttöliittymien osana (tehosteet, palaute, ohjaus)
- Äänen käsittelyyn liittyy luontaisia piirteitä tai rajoitteita:
 - ihmisen kuuloaisti ja muisti ovat riittämättömiä äänen käsittelyyn sellaisenaan
 - äänen keskeinen ulottuvuus on aika: äänen pysäyttäminen esimerkiksi videokuvan tavoin ei ole mielekäästä
 - äänen rooli on perinteisesti ollut tietokoneympäristössä varsin vähäinen ja siten äänen käsittelyn perinne on lyhyt ja suppea (vrt. esimerkiksi graafisen käyttöliittymän kehittyminen ja siihen liittyvät standardikäsitteet)

- monotoninen taustaääni rasittaa/ärsyttää helposti käyttäjää enemmän kuin esimerkiksi näytön kiinteä taustaväri
- Ääni on tärkeä osa mitä tahansa esitystä; paitsi ääni, myös sen puuttuminen luovat omaa ominaista tunnelmaansa (vrt. mykkäelokuvat, kirjan lukeminen ääneen, liikkuminen kuulosuojaimet päällä)
- Aidossa hypermediassa äänen rooli on toimia kerronnan tukena (ns. *äänikerronta*).
- Äänen merkitys WWW-hypermediassa on korostunut viime vuosina erityisesti Internetin parantuneen siirtokapasiteetin ansiosta
- Esimerkiksi Internet-radiot, Web-musiikkikaupat, soitto-ohjelmiin integroidut suosittelijajärjestelmät, ääniblogit, kannettavat digitaaliset soittimet ja muut mielenkiintoiset sovellukset ovat tuoneet äänen jokaisen Web-käyttäjän ja –soveltajan saataville
- Seuraavassa ääntä käsitellään erityisesti Web-hypermedian näkökulmasta teknisellä painotuksella

Idea: äänen esittäminen digitaalisesti

- Äänen digitaaliseen esittämiseen liittyy seuraavat vaiheet:
 1. Ääni on kaasumaisessa väliaineessa etenevää värähtelyä, jonka mikrofoni muuntaa värähtelyn analogiseksi vaihtojännitteeksi
 2. Analoginen ääni saadaan digitaalseksi *digitoimalla*. Digitointi toteutetaan ottamalla analogisesta signaalista näytteitä tiettyinä aikaväleinä (AD-muunnos)
 3. Tallennettujen digitaalisten ääninäytteiden suurta tilantarvetta vähennetään turhaa informaatiota poistamalla ja jäljelle jäävää informaatiota pakkaamalla
 4. Äänisignaalin rekonstruointi tapahtuu muuntamalla digitoitu ääni takaisin analogiseen muotoon (DA-muunnos) ja välittäminen äänentoistosta vastaavalle laitteistolle (vahvistin & kaiuttimet), joka tuottaa ilmaan värähtelyä tuotetun analogisen signaalin perusteella
- Webin keskeinen erityispiirre äänen digitaalisessa esittämisessä ja välittämisessä on tiedonsiirtoon käytettävän kanavan resurssien rajallisuus

Äänen esitysmuodot Webissä

- Seuraavassa käydään läpi joukko äänen keskeisiä esitysmuotoja Webin näkökulmasta
- MPEG-1 Audio Layer 3 (MP3)
 - MP3 on standardoitu formaatti digitaalisen äänen muuntamiseen koodattuun muotoon (encoding) sekä hukkaavaan pakkaamiseen
 - MP3 kehitettiin vuonna 1991
 - Standardin virallinen nimi on ISO/IEC 1172-3 Layer 3
 - MP3 lienee edelleen suosituin muoto musiikin jakelemiseen Webissä
 - MP3-tiedostojen päätte on *yleensä* .mp3
- Advanced Audio Coding (AAC)
 - AAC on osa vuonna 1998 julkaistua MPEG-4 –standardia
 - AAC pyrkii parantamaan aikaisempien versioiden (MPEG-1 ja MPEG-2) ominaisuuksia

- AAC on käytössä esimerkiksi Applen iTunes-mediasoittimessa, iTunes-verkkokaupassa sekä saman valmistajan kannettavassa digitaalisessa soittimessa. Myös Playstation Portable (PSP) tukee ohjelmistopäivityksen jälkeen AAC-muotoa
- AAC-tiedostojen päätte on yleensä .aac
- RealAudio
 - RealNetworksin kehittämä formaatti, joka mahdollistaa myös digitaalisten äänivirtojen toteuttamisen (streaming)
 - streaming viittaa äänen (ja liikkuvan kuvan) jakamiseen siten, että virtaa voidaan toistaa samalla kun sitä ladataan (puskurointi)
 - RealAudio on yleisesti käytössä esimerkiksi Internet-radioiden lähetyksimuotona
 - RealAudion ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 1995.
 - Tiedostopäätte on yleensä joko .ra, .rm tai .ram
 - RealAudion soittaminen tapahtuu pääasiassa RealNetworksin omalla RealPlayer-soittimella

- Windows Media Audio (WMA)
 - WMA on Microsoftin vastaus standardoidulle MP3-muodolle ja sittemmin Applen käyttämälle AAC-muodolle
 - WMA on osa Windows Media –kehystä
 - WMA-tiedostojen pääte on yleensä joko .asf tai .wma
 - WMA-tiedostojen soittaminen tapahtuu yleensä Windows Media Player -soittimella
- Musical Instrument Data Interface (MIDI)
 - MIDI poikkeaa edellisistä formaateista siten, että digitoidun äänen ja musiikin sijaan MIDI-muoto esittää ohjeet (~nuotit) musiikin soittamiseen
 - MIDI mahdollistaa musiikin siirtämisen elektronisten soittimien ja tietokoneiden välillä
 - Ensimmäinen MIDI-versio julkaistiin jo vuonna 1983
 - MIDI-tiedostojen pääte on tyypillisesti joko .mid tai .midi
- Muita vaihtoehtoja: AU, WAVE, Vorbis, AIFF, ...

Ääni ja CSS

- Cascading Style Sheets, level 2 (CSS2) esittelee mahdollisuuden ilmiasun (~tyylin) määrittelemiseen puhesyntetisaattorilla tuotetulle äänelle (Aural Style Sheets)
- Äänen ilmiasu määritellään vastaavalla tavalla kuin dokumentin ulkoasu, CSS-sääntöinä:

```
h1, h2, h3, h4, h5, h6 {  
  voice-family: paul, male;  
  cue-before: url( trombone.au);  
  elevation: above;  
  /** jne. etc. **/  
}
```

- CSS2-tyyliä avulla puheäänelle voidaan määritellä esimerkiksi korkeus, voimakkuus, suunta vaaka- ja pystysuunnassa. Myös esimerkiksi numeroiden ja välimerkkien lukutapaan voidaan ottaa kantaa
- Äänen syntetisointiin liittyvien määritysten ohella CSS2 mahdollistaa ns. äänikoneiden (auditory icons) määrittelemisen
- CSS2 mahdollistaa myös HTML-standardista puuttuvan taustamusiikin määrittelemisen

Lopuksi

- Ääni ja muut multimediaelementit tekevät hypermediasta hypermediaa, mutta multimedian soveltaminen edellyttää tekijältä paljon
- Tekninen taito on toki tärkeää, mutta lopulta kyse on sisällöstä. Hyväkin sisältö voidaan kuitenkin pilata huonolla teknisellä toteutuksella
- Äänen esittäminen Webissä on tekstimuotoiseen sisältöön verrattuna ongelmallista, koska käytössä ei ole HTML-kieltä vastaavaa yleisesti hyväksyttyä ratkaisua
- Äänen tallentamiseen ei ole myöskään käytössä vastaavia yksinkertaisia ja helppokäyttöisiä välineitä kuin valokuvien, joiden määrä Webissä on viime vuosina lisääntynyt digikameroiden myötä räjähdysmäisesti
- Todennäköisesti pelkkään ääneen perustuvat sovellukset tulevat keskittymään tekstimuotoisen tiedon esittämiseen käyttäjälle puhesyntetisaattorin avulla ("ääniselaimet") ja toisaalta syötteen välittämiseen sovelluksille puheena (vrt. esimerkiksi VoiceXML, ks. <http://www.w3.org/Voice/>)
- Ääneen perustuvat vuorovaikutusratkaisut vaativat perinteisistä Web-sovelluksista poikkeavia toimintatapoja, jotta käyttävät haluavat/suostuvat niitä käyttämään