

Jelátalakítás és kódolás

Az analóg jel:

Egy jelet akkor tekintünk analógnak, ha két érték között tetszőleges értékeket felvehet. A fizikai jelek, pl. a távolság, tömeg, idő, áramerősség stb. mind ilyen tulajdonságú folytonosnak tekinthető mennyiségek.

Például vegyünk egy hagyományos mutatóes feszültségmérőt, és vizsgáljuk a feszültséget az idő függvényében. Azt tapasztaljuk, hogy a mutató kis mértékben, de mozog. A fontos most az, hogy a mutató tetszőleges helyen megállhat egy pillanatra.

A digitális jel

Digitális jelnek tekinthetünk egy jelet, ha véges sok, előre meghatározható értéket vehet fel. Ilyen mennyiségek

például: Benzin ára

Itt nem feltétlenül egész értékekről van szó.

Speciális digitális jel, a bináris jel, ahol csak kettő darab jel van.

Az analóg jelek digitalizálhatósága:

A digitalizálás folyamata az egyes médiumoknál hasonlóságot mutat. Ez a hasonlóság a mintavételezés, **kvantálás** műveleteiben jelentkezik. A természetes információhordozók: a hang, a fény, elektromágneses hullámok stb., analóg jelek, amelyek valamely rezgés amplitúdójának időbeli változásaként írhatók le. Grafikusan ez általában szabálytalan hullámok sorozataként ábrázolható. Ha az analóg jelet akarjuk rögzíteni, több probléma adódik:

- Minden egyes olyan eszköz (pl. mikrofon, erősítő, hangszóró), amelyen a jel átmegy, valamilyen rá jellemző mértékben, amit az eszköz úgy nevezett átviteli függvénye határoz meg, meg is változtatja a hullámot, és ezzel természetesen az átvitt információt is.
- A jelátalakítás és továbbítás minden láncszeménél az eszközök a saját működésükből származó jeleket kevernek az eredeti hullámokhoz. Ezek a zajok fokként összeadódnak, erősödnek, torzítják az információt.
- Az emberi fül számára hallható (20Hz - 20KHz) tartományban egy-egy hang nem önmagában, hanem a felharmonikusaival együtt adja a hangszínt (és a hangélményt). A felharmonikusok gyakran az egész magas frekvenciatartományba esnek, ami azt jelenti, hogy a hangérzékelő és jeltovábbító rendszer minden elemének is követni kell ezt a frekvenciát. Az eszközök tehetetlensége miatt azonban ez nem teljesül, az átvitel sávzélessége gyakran szűkebb a jel tartományánál.

A felsorolt hibák kiküszöbölésére a modern hangtechnikai eljárásokkal az analóg hullámokat digitális jelekké (számokká) alakítják a következő módon: A digitalizálóba érkező analóg (általában elektromos) hullámból szabályos időközönként (másodpercenként több mint 40 ezerszer) mintát vesznek.

A mintavételezés törvénye

Shannon fogalmazta meg azt a törvényszerűséget, hogy egy folytonos jelet milyen gyakorisággal kell mintavételezni ahhoz, hogy a mintavételezett jelsorozatból az eredeti jel visszaállítható legyen. Shannon mintavételi törvénye szerint annak a feltétele, hogy a minták helyesen tükrözzék a spektrum legnagyobb frekvenciájú komponensét az, hogy a mintavételi frekvencia legalább kétszerese legyen a spektrum legmagasabb frekvenciájának. Az $f_{mv} = 2f_{max}$ egyben az optimális mintavételi frekvencia. Ezen alapult többek között az audio CD esetében használatos 44000 Hz-es mintavételezési frekvencia, mivel az emberi fül csak 20Hz - 20KHz között hall.

Digitalizált adattárolás pontossága – minőségi problémák, korlátok:

Elég nagy mintavételezési frekvenciával és minél nagyobb pontosságú kvantálással, nagy pontosságot el lehet érni, ez viszont a digitalizált jel mennyiségének növekedésével jár, mely a tárolt állomány méretére kihatással van. A legjobb minőség eléréséhez magas mintavételezési frekvencia és nagy digitális állományméret társul. A minőségi igény csökkentésével gyorsabbá tehető a digitalizálási folyamat, illetve a digitalizált állomány mérete is csökkenhet.

A minőségi korlát lehet a digitalizáláshoz használt szoftver/hardver képességei, a digitalizálásra szánt idő, a digitalizált állomány tárolására szánt hely.

Az analóg jelek digitalizálásának lépései:

A mintavételezés:

A mintavételkor mért adatokat már, mint egy számsort tekintik, amely egy adatfolyamot képez. Az így előálló jelsorozat végtelen sok értéket vehet fel. Ehhez még nem rendelhető véges kódsorozat. Le kell tehát csökkenteni a mintavett jel értékészletének elemszámát is. Ez a kvantálás.

A számok továbbítása és másolása sokkal egyszerűbb, mint a hullámformáké, megfelelő eszközökkel szinte torzítás és zaj nélkül történhet. Az analóg jelet gyakori mérésekkel számokká alakítják. Ahol a mért értékek nem egész számok, ott a legközelebbi egészre kerekítenek.

Hibalehetőség szinte csak akkor adódik, amikor az analóg jelet digitálissá, vagy a digitális jelet analóggá alakítják. Az egyik hibalehetőség abból adódik, hogy a mintavételkor kapott számok csak diszkrét lehetnek (valamely egység egész számú többszörösei). Ha az egység nem elég kicsi, a kerekítés miatt a kapott értékek torzíthatnak. A digitalizáláskor a mért és az eredeti értékek eltérése szűk (-1, +1) intervallumba esik. A másik hibalehetőség a mintavétel gyakoriságával kapcsolatos. Ha a mért jel túl gyorsan változik, a minta ezeket a változásokat nem tudja követni, ezért a visszaalakításkor az eredetitől egészen eltérő hullámforma és hang alakulhat ki.

A digitalizálás során a görbe kicsit "kisimul", de ha a mintavétel gyakorisága elég sűrű, nem tér el lényegesen az eredeti hullámformától.

Az analóg jel visszaállításakor az adatokat egy digitál-analóg átalakítóba küldik, amely a digitális jeleknek megfelelő kimenő feszültségeket ad. Az így kapott hullámforma általában nagyon jól egyezik az eredetivel.

A kódolás:

A kódolás célja a számítógépes tárolás, rögzítés. A mintavételezett és kvantált jelet binárisá alakítani kódolással lehetséges: a kódoló egységgel, a kvantálással kapott értékekhez bináris jelsorozatot rendelünk.

Alaptechnikája a pulzus kód moduláció, PCM. Ennek során minden egyes kvantálási szinthez egyedi kódsorozat rendelünk. A másik módszer a differenciális pulzus kód moduláció, DPCM. Ekkor nem önállóan kezeljük az egyes szinteket, hanem mindig az egyes mintáknak a megelőző mintához viszonyított eltérését. A DPCM módszer továbbfejlesztésében nem az előző mintához viszonyítanak, hanem a megelőző mintasorozat alapján várható előre jelzett értéktől való eltérését kódolják. Ez az előrejelzéses DPCM módszer.

A kvantálás:

A kvantálás során áll elő a digitalizált jel. A mintavételezett jel még végtelen sok értéket felvehet. A kvantálás a végtelen sok lehetséges érték olyan átalakítása, melynek során azon értékeket egy-egy kiválasztott értékre kerekítik, így a végtelen számú értéket véges számúra csökkentik.

A kvantálás során az analóg jel jeltartományán belül jelszinteket állapítunk meg. Az analóg jel értékeit mindig a legközelebbi ilyen értékre kerekítjük. A minta értéke alapján így megállapított érték ennek során adott esetben csökken, más esetben növekszik, azaz a kvantálással az eredeti

jelhez zajt adunk. A kvantált jel nem hordoz információt arról, hogy ez a hozzáadott zaj mekkora volt.

A kvantálás minőségét bitekben szokás mérni. Pl. 16 bit az 65536 mért érték megkülönböztetését teszi lehetővé.

A hang, a kép és a film digitalizálhatósága:

Hang:

Mintavételezés során a számítógép a kapott analóg jelből egy ún. ADC (analog - digital converter) segítségével digitális adatot gyárt (az ADC a hangkártyán helyezkedik el). Ennek a digitális hangadatnak a megszólaltatása a DAC (digital - analog converter, szintén a hangkártyán) feladata lesz, ami valamivel egyszerűbb művelet.

A mintavételezés a szokott módon (ld. "Az analóg jelek digitalizálásának lépései") történik.

Minőségi paraméterek:

Mintavételezési frekvencia vagy mintavételezési gyakoriság:

Ez adja meg, hogy az ADC-nek másodpercenként hány mintát kell vennie. Az ajánlott frekvenciát a mintavételezés törvénye adja meg.

Telefonvonalak: 8KHz, CD minőség: 44100Hz

Bitmélység (bit depth) vagy hangfelbontás:

A bitmélységtől függ az, hogy a hallható tartományból (kb. 20hz-től kb. 18000 - 20000hz - ig) milyen széles tartományt tudunk rögzíteni a számítógéppel.

A nyers, tömörítetlen adatok tárolása miatt nagy fájlokat eredményez, de ezen tömörítéssel segíthetünk. A hangok tárolásánál hatékonyan alkalmazható az adatvesztéssel járó tömörítés. Ekkor a tömörített adathalmazból nem kapjuk vissza az eredeti hanganyagot, viszont jó tömörítési arányt lehet elérni. Az ember hallásának specialitásait is kihasználja például az mpeg audió tömörítési eljárása. Az ilyen mp3 kiterjesztésű fájlokkal gyakran találkozhatunk az interneten is, a kis méretük, de az elég jó minőségük miatt.

Kép:

Alapfogalmak: pixel, felbontás, színmélység

Pixel: Nem osztható, önálló képelem, más néven képpont. Egy pixelt meghatároz elhelyezkedése (két koordinátával), illetve információtartalma (színe, az intenzitása és a köztük lévő kontrasztarány, összefoglalva a denzitás-értéke).

Felbontás: a képet alkotó pontoszlopok és pontsorok száma pl. full hd: 1920 x 1080. Mértékegysége a képpont/hüvelyk (pixels per inch, ppi). Ha egy kép felbontása 72 ppi, az azt jelenti, hogy egy négyzethüvelyknyi területen $72 \times 72 = 5184$, nagyobb felbontás esetén arányosan több képpont található.

Színmélység: a pontok színét leíró bitsorozat hossza, azaz a képernyőn megjeleníthető színek száma

A látható kép lényegét tekintve analóg információ. A képek számítástechnikai feldolgozásának első lépése a látvány számjegyekké alakítása, digitalizálása. Ezt a műveletet végzik el a szkennerek és a digitális fényképezőgépek/kamerák.

A képek digitalizálásának jellemzésére a felbontást (mintavételezés gyakorisága) és a színmélységet (kvantálás számossága - hányféle szín különböztethető meg) használjuk.

Képeknél is általában veszteséges tömörítést használunk (jpg).

A **scanner** a papírképek digitalizálása során raszteres képet állít elő. A síkágyas szkennerek esetében a mechanika egy lámpát és egy fényérzékelőből álló sort húz végig hosszában az üvegfelület alatt. A papírkép egyes pontjai különböző mértékben verik vissza a lámpafényt. A képről visszaverődő fényt egy tükör- és lencserendszer irányítja a fényérzékelőkre. A scanner képet pontmátrixra bontja, hozzárendelve minden egyes ponthoz egy színkódot (bitsorozatot).

Beolvasási módok:

Fekete-fehér beolvasás: ha a visszavert fény erőssége egy adott határ alatti, akkor fekete a képpont (0), különben fehér (1).

Szürkeárnyalatos beolvasás: a visszavert fény erősségétől függően a szürke valamely árnyalatának felel meg a képpont színe (0..255).

Szines beolvasás: az érzékelők színszűrői vörös (R), zöld (G) és kék (B) összetevőkre bontják a visszavert „kevert színű” fényt, így a számítógépbe továbbított számhármassból kiderül, hogy az egyes alapszínek milyen mértékben vannak jelen a képpontban.

A bedigitalizált kép minősége a scanner felbontásától is függhet, amit dpi-ben mérnek (dot per inch, azaz az egy hüvelyknyire eső képpontok száma).

- **Hardveres (valós) felbontás:** amire a lapolvasó az optikai rendszere által képes (pl. 2400 dpi)
- **Szoftveres (interpolált):** az előbbin túl a képpontok számának számításal történő gyarapítása, ami már nem teszi részletgazdagabbá a képet (pl. 9600 dpi)

A **digitális fényképezőgép** ugyancsak raszteres képet állít elő. Az exponáló gombbal a zárszerkezetet kinyitva a lencsék által összegyűjtött fény rövid időre rávetődik egy fényérzékes felületre. Ez a felület egy több millió apró fényérzékes cellából álló chip (ez veszi át hagyományos fényképezőgépek fényérzékes filmjének szerepét). A cellák elé helyezett színszűrők révén bizonyos cellák csak a zöld (50%), mások a piros (25%) ill. a kék (25%) színre érzékenyek. A cellákban a színek fényerősségével arányos feszültség szintek alakulnak ki, melyet analóg-digitális átalakító változtat bitsorozatokká. Egy képpont színe tehát itt is három (általában 8 bites (0..255)) részből áll össze, megmutatva az egyes színösszetevők arányát. Az egyazon képhez tartozó színkódokat a fényképezőgép processzora tömörítve (JPG) vagy anélkül egy fájlba mentve memóriakártyán tárolja. A memóriakártya a tartalom megőrzéséhez nem, csupán írásához és olvasásához igényel áramellátást. Az érzékelő méretét megapixelben fejezzük ki

Legelterjedtebb képformátumok:

BMP: minden egyes képpont adatát eltárolja, ennek köszönhetően nagy a fájl mérete.

JPG: tömörített formátum, a tömörítés mértéke állítható. Kisebb fájl méret, jó minőség. A legtöbb telefon és digitális fényképezőgép ezt a formátumot használja.

GIF: összesen 256 színt tud egyszerre használni. Lehetőség van áttetsző képek készítésére is, illetve animációra is.

PNG: tömörített formátum, itt is lehetőség van átlátszóságra.

Film:

Mozgóképek digitalizálása esetén a képek és a hangok digitalizálását egyszerre kell megoldani. Ezért itt különösen fontos, a tömörítés kérdése.

A képkockaváltás sebességet fps értékkel fejezzük ki.

A digitalizálás eszközei:

Digitalizáló tábla

Fényképezőgép

Videokamera

Mikrofon

