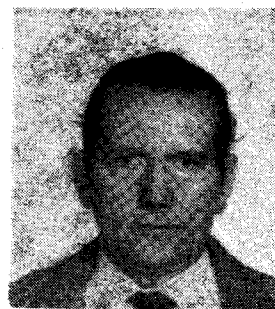


A digitális képkódolás fejlődési irányai

FAZEKAS KÁLMÁN

BME Mikrohullámú Híradástechnika Tanszék



ÖSSZEFOGLALÁS

A képi információ átvitele iránti igény az utóbbi néhány évtizedben óriási mértékben megnövekedett, egész sor rendszer került kifejlesztésre a legkülönbözőbb alkalmazásokra. Ezen az igen széles körű tématerületen az igen összetett és sok egymásnak ellentmondó követelmények miatt jelenleg a hardware ésszerű méretét és a költség-szintet tekintve nincs általános megoldás gazdaságos kódolási elrendezésre. Ennek következtében világszerte intenzív kutatás-fejlesztés folyik, amelynek jellegzetesebb irányait érinti röviden a cikk.

Bevezetés.

A képi információ átvitele iránti igény az utóbbi néhány évtizedben óriási mértékben megnövekedett, egész sor rendszer került kifejlesztésre a legkülönbözőbb alkalmazásokra. Ez az igen széles körű tématerület felöleli többek között képek digitális kódolását és ábrázolását, digitális kódek (kódoló-dekódoló) berendezéseket, a videojelek átvitelére és szótosztására létrejött különféle rendszereket, mint például a video konferencia rendszerek különféle változatai, facsimile, videotext, teletext, HDTV rendszereket, valamint a különféle ipari, orvosbiológiai és speciális rendszereket.

A digitális kép ábrázolásához $M \times N$ képelem és B bit/képelem esetén MNB bit szükséges. Ezt a tömböt nevezzük a digitalizált kép kanonikus alakjának feltételezve, hogy a 2D mintavételi tételt figyelembe vettük. Az MNB bit igen nagy érték akár ábrázolásról, akár átvitelről (1. táblázat) van szó. A képkódolás feladata az eredeti kép

FAZEKAS KÁLMÁN

1962-ben szerzett villamosmérnöki oklevelet a BME Villamosmérnöki Kar Híradástechnika Szakán, majd oktató lett a Vezetéknélküli Híradástechnika Tanszéken. 1966-tól a Mikrohullámú Híradástechnika Tanszék adjunktusa. 1968-ban mérnök-tanári oklevelet szerzett. Több mint tíz éven át volt előadója az Impulzus-technika című tárgynak, jelenleg az Elektronikus áramkörök című tárgy társelőadója. A digitális képfeldolgozás és a videojelek digitális kódolása

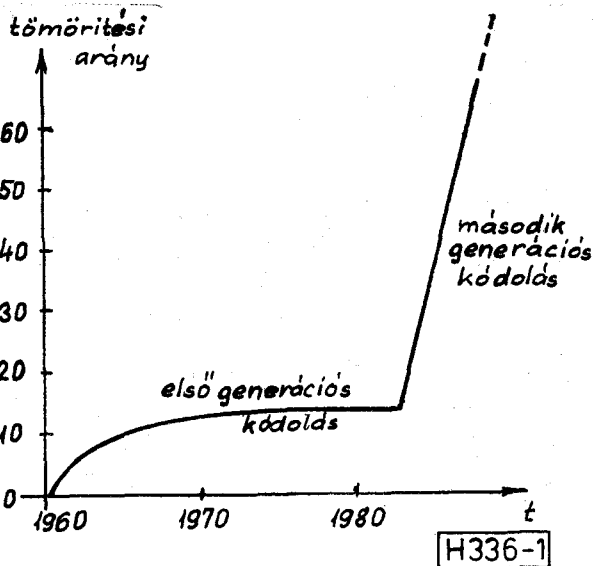
témakörben fakultatív előadásokat és mérnöktovábbképző tanfolyamokat tartott és tart. Videojel kódoló-dekódoló egységek ki-dolgozásában vett és vesz részt. 1962 óta tagja a HTE-nek, 1980 óta a EURASIP-nek (EUROPEAN ASSOCIATION FOR SIGNAL PROCESSING), 1986-ban tagja lett a SPIE-nek (THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING). Részt vesz az Interkozmosz Tanács Űrtáv-közlési Szakbizottságának kutatómunkájában. Számos konferencia és szak cikk szerzője.

pontos megfelelőjének ábrázolásához és visszaállításához szükséges bitszám illetve átviteli adatsebesség lehető legnagyobb mértékű csökkentése. Az elérhető adattömörítés értéke alapján beszélünk első és második generációs képkódolásról (1. ábra). A mozgó képek (pl. TV műsor) esetén azok nemstacionárius viselkedése miatt az első generációs képkódolás módszerei kerültek megvalósításra ez-ig. A jóval nagyobb adattömörítést adó második generációs képkódolás csak fekete-fehér állóképekre vonatkozik.

1. táblázat

CCIR 601 ajánlás (4:2:2 szabvány) fő paraméterei		
	525 sor 60 félkép/s	625 sor 50 félkép/s
A minták száma a teljes sorban:		
Y	858	864
R-Y, B-Y	429	432
Mintavételi frekvencia:		
Y	13,5 MHz	
R-Y, B-Y	6,75 MHz	
Minták száma a digitálisan aktív sorban:		
Y	720	
R-Y, B-Y	360	
Jelszint és a kvantálási szintek kapcsolata:		
Y	a $0 \div 255$ skálán (8 bit)	
R-Y, B-Y	16 (fekete) \rightarrow 235 (fehér)	
	128 (nincs szín) \pm 112	
	(16 \rightarrow 240 teljes telítés)	
Primér adatsebesség:		
Y	108 Mb/s	216 Mb/s
R-Y, B-Y	(54 + 54) Mb/s	

Beérkezett: 1987. III. 28. (H)



1. ábra. A tömörítés fejlődése

A videojel digitális átvitelére alkalmazott képkódolási elrendezések komplexitása függ a szolgáltatás fajtájától, valamint az átviteli költségek és a hardware kiadások közötti kompromisszumtól. A másorszóró televízió esetén a nagy képminőség a döntő. A digitális kábel TV-nél az egyszerű hardware realizáció, mivel a járulékos költségeket a terminál berendezésnél kis értékben kell tartani. Video konferencia és képtelefon szolgáltatásnál az átviteli adatsebesség csökkentése a fontos. Kis adatsebességű átvitelnél (telefon, rádiótelefon csatornák) extrém nagy adattömörítés ($> 10^3$) szükséges. Jellemző példaként érdemes megemlíteni a jelenlegi COST 211 kodekre épülő európai video konferencia rendszert, amelyet 10 európai ország közösen valósított meg és szabványosított. Az európai rendszert a 2 Mb/s adatsebesség és a műhold-alapú hálózat jellemzi.

Az igen összetett és sok egymásnak ellentmondó szempontot tartalmazó követelmények miatt jelenleg a hardware ésszerű méretét és a költség-szintet tekintve nincs általános megoldás gazdaságos kódolási elrendezésre. Ennek következtében világszerte intenzív kutatás-fejlesztés folyik, amelynek jellegzetesebb irányait szeretnénk e cikkben röviden érinteni.

1. Mozgás hatásának figyelembevétele a képkódolásban

Az egyik legígéretesebb fejlesztési irányzat a képen belüli mozgó tárgyak mozgásának leírására szolgáló matematikai modell alkalmazása. A TV képek szekvenciájában egy mozgó tárgy képről képre fényesség változásokat okoz. Ezek a fényesség változások használhatók fel a matematikai modell paramétereinek a becslésére. A mozgást leíró matematikai modellek teszik lehetővé a prediktív, a transzformációs és az interpolatív kódolással nyert adattömörítés növelését. A képkódolásban a valós idejű feldolgozásból adódó időkorlát és a becslő eljárásoknál a számítási műveletek nagy száma miatt eddig főként csak a mozgás elmozdulás komponensét vizsgálták. A kódolási eljárások a modell alapján meghatározott elmozdulás vektort hasznosítják.

Az elmozdulás (D) becslő algoritmusok két csoportja ismert, a rekurzív- és a blokk-illesztő. Ezek a módszerek a becslési pontosság, a konvergencia sebesség és a számítási komplexitás vonatkozásában térnek el egymástól.

A rekurzív elmozdulás becslő algoritmusokban egy D_i kezdeti becslést használunk fel az új D_{i+1} becslült érték meghatározásához

$$D_{i+1} > D_i + U_i$$

ahol az U_i az i . iteráció korrekciós tagja. Az iterációk végrehajthatók képelemenként (pel) a le-tapogatott sor mentén, sorról-sorra, vagy képről-képre. Ennek megfelelően ezek az eljárások a horizontális, a vertikális, vagy az időbeli rekurzió-val realizált pel-rekurzív becslő algoritmusok. A D_i ismeretében meghatározható az elmozdult képkülönbség (DFD)

$$DFD(x, y, D_i) = s_k(x, y) - s_{k-1}(x - dx_i, y - dy_i)$$

Algoritmus	$A D_{i+1}$ elmozdulás becslés x komponense
Netravali— Robbins	$\hat{d}x_{i+1} = \hat{d}x_i + \varepsilon \frac{\partial}{\partial x} R_{s_k s_{k-1}}(x, y, \hat{D}_i);$ $\varepsilon = 1/1024$
Newton— Raphson	$\hat{d}x_{i+1} = \hat{d}x_i - \frac{\frac{\partial}{\partial x} R_{s_k s_{k-1}}(x, y, \hat{D}_i)}{\frac{\partial^2}{\partial x^2} R_{s_k s_{k-1}}(x, y, \hat{D}_i)}$
Cafferio— Rocca	$\hat{d}x_{i+1} = \hat{d}x_i + \frac{\frac{\partial}{\partial x} R_{s_k s_{k-1}}(x, y, \hat{D}_i)}{\left \frac{\partial^2}{\partial x^2} R_{s_k s_{k-1}}(x, y, 0) \right + \eta^2}$ $\eta^2 = 100$
Bergmann	$\hat{d}x_{i+1} = \hat{d}x_i - \frac{\frac{\partial}{\partial x} R_{s_k s_{k-1}}(x, y, \hat{D}_i)}{\frac{1}{2} \left[\frac{\partial^2}{\partial x^2} R_{s_k s_{k-1}}(x, y, \hat{D}_i) + \frac{\partial^2}{\partial x^2} R_{s_k s_k}(x, y, 0) \right]}$

$R_{s_k s_{k-1}}$ a keresztkorrelációs függvény

3. táblázat

Normalizált keresztkorrelációs függvény

$$R_{norm} = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N s_k^2(m, n) s_{k-1}^2(m+i, n+j)}{\left[\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N s_k^2(m, n) \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N s_{k-1}^2(m+i, n+j) \right]^{1/2}}$$

Átlagos-négyzetes hiba

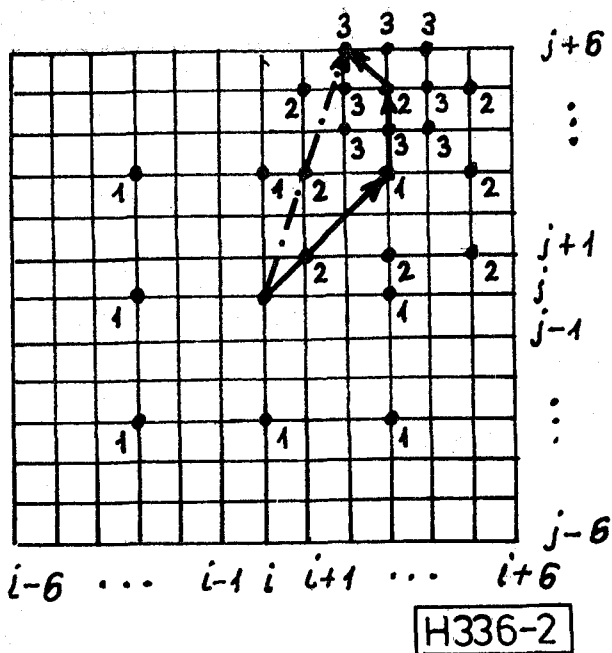
$$MSE(i, j) = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [s_k(m, n) - s_{k-1}(m+i, n+j)]^2$$

A képkülönbség abszolútértékének középértéke

$$MAD(i, j) = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |s_k(m, n) - s_{k-1}(m+i, n+j)|$$

ahol $s_k(x, y)$ egy mozgó tárgy (x, y) pontjában a fényesség értéke a k . képen. Ez a függvény számítási kritériumként használatos D_{i+1} becslés esetén. A 2. táblázat szemléltet néhány ismert eljárást.

A szükséges számítási műveletek száma csökkenthető, ha a képet felosztjuk fix számú derékszögű blokkokra és blokkonként végezzük a becslést. Feltételezzük, hogy a blokk minden képelemének az elmozdulása azonos. Így blokkonként csak egy elmozdulás vektort kell kiszámítani. Ezt az eljárást nevezik blokk-illesztő algoritmusnak. Az illesztés kritériuma a $D(i, j)$, az $MSE(i, j)$ vagy az $MAD(i, j)$ minimuma (3. táblázat), amelyek a minimális torzítás irányát jelölik. Az iránykeresésre többféle módszert (2D-logaritmikus keresés, módosított konjugált iránykeresés, három-lépéses keresés,



2. ábra. Háromlépéses keresés

stb.) dolgoztak ki, ezek közül szemléltetésként a három-lépéses keresés mutatja be a 2. ábra. A kritériumok közül az $MAD(i, j)$ realizálása a legkönnyebb, mivel szorzási és osztási műveleteket nem tartalmaz.

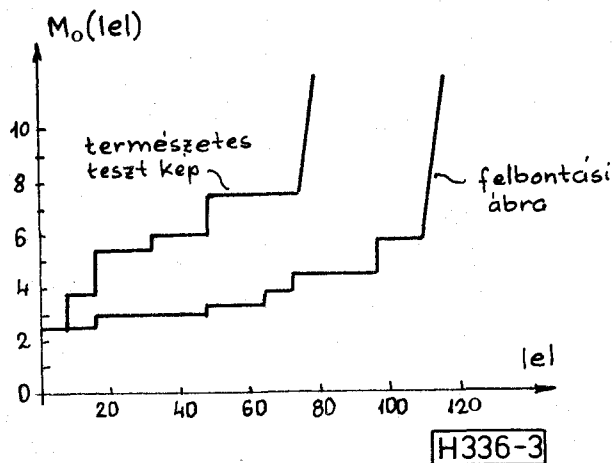
A blokk-illesztő és a rekurzív elmozdulás becslő algoritmusok összehasonlításának eredménye, hogy a leírt blokk-illesztő algoritmusok becslési pontossága 0,5 pel-re korlátozott. A rekurzív algoritmusok pontosabb becslést tesznek lehetővé egy bonyolultabb számítási eljárás árán. Azonban a blokk-illesztő eljárások pontossága is javítható járulékos interpolációval.

A mozgás hatását figyelembe vevő kódolási módszereket általában mozgás-kompenzált kódolásnak nevezik. A mozgás-kompenzált kódolási eljárások jelentősége minden fajta képanyag kódolásánál egyre nagyobb, de feltétlenül kiemelendő meghatározó szerepe a kis bitsebességű digitális képátvitel esetén (telefon, rádiotelefon).

Meg kell még jegyeznünk, hogy a fent említett módszerek mellett léteznek olyanok is, amelyek a háromdimenziós merev testek mozgás-modellje alapján az elmozdulást és az elfordulást szimultán becslik. További javulást eredményez — természetesen a módszer bonyolultabbá válása árán — valamelyik jellemző paraméterre alapozott elmozdulás becslés (pl. az élék kinyerése után, az élék elmozdulásának a becslése).

2. Prediktív kódolás

A DPCM átviteli adatsebesség redukciója jórészt a predikció hiba kvantálásával nyerhető. Egy fix kódszó hosszúságú DPCM rendszernél az optimális kvantáló méretezés a kvantálási szintek minimális számát eredményezi és a torzítások lehető közel lesznek a láthatósági küszöbhez. A néző érzékelésének a kvantáló méretezésébe való bevonása nehéz-



3. ábra. Maszkoló függvények

4. táblázat

$$D_{mmse} = \sum_{i=0}^{k-1} \int_{d_i}^{d_{i+1}} (e - r_i)^2 p(e) de$$

ahol d_i és r_i a döntési és reprezentációs szintek $p(e)$ az e hibajel valószínűség sűrűség függvénye

$$D_{wmse} = \sum_{i=0}^{k-1} \int_{d_i}^{d_{i+1}} (e - r_i)^2 w(e) p(e) de$$

ahol $w(e)$ a lokális jelváltozás értéke

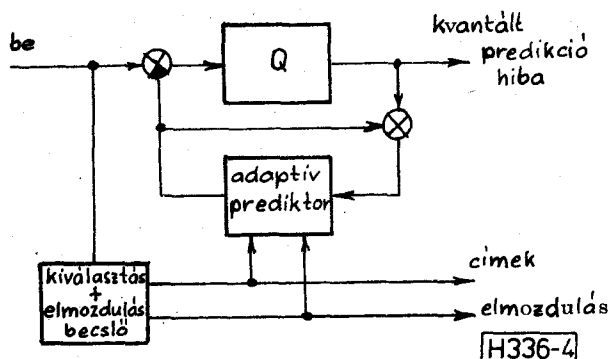
$$D_{sv} = \sum_{i=0}^{k-1} \int_{d_i}^{d_{i+1}} (e - r_i)^2 v(e) de$$

ahol $v(e)$ a láthatósági sűrűség függvény

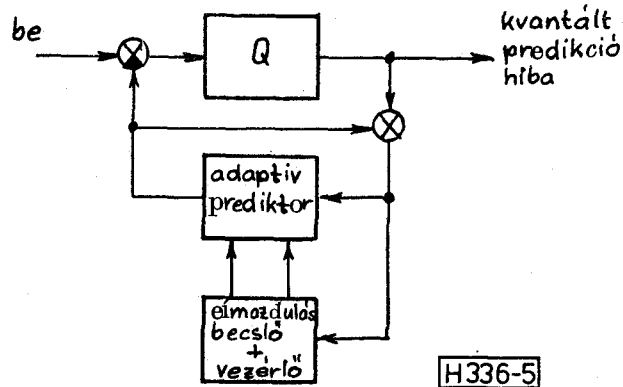
sége miatt gyakran egyszerű hiba definíciót használnak (4. táblázat). A vizuális súlyozó függvényekkel való méretezési módszerek hátránya, hogy a DPCM kvantálási hiba visszacsatolása nincs figyelembe véve, mivel a vizuális súlyozó függvényeket a DPCM valódi kvantálási hiba patternje helyett additív zajjal határozták meg.

Az első kísérletet ebben az irányban Kretz végezte, aki olyan sajátos patternek láthatósági küszöbjeit vizsgálta, amelyek az 1D-DPCM rendszerek kvantálási hibáit imitálják. A különféle teszt képek valódi kvantálási hiba patternjeit generálta nem valós idejű számítógépes DPCM szimulációkkal és használta fel küszöb mérésekre Erdmann és Pirsch (3. ábra). A láthatósági küszöbököt a PCM kép és a DPCM által torzított kép közötti szubjektív összehasonlító tesztekkel határozták meg. Sajátos kvantálási karakterisztikák és teszt képek kiválasztásával küszöbököt mértek a szubjektív tesztekben a torzítások különféle típusaira, mint amilyen a szemcse zaj, éltorzítás és a meredekség hiba.

A mért láthatósági küszöb függvényt maszkoló függvénynek nevezzük (a függvény értékeinél kisebb torzítások nem láthatók). Az egyszerű 1D élektől eltérő jelpatterneknél a jelváltozás mérőszámát definiáljuk, amit aktivitás függvényének



4. ábra. Blokk-illesztő mozgás-kompenzált DPCM kódoló



5. ábra. Rekurzív mozgás-kompenzált DPCM kódoló

nevezünk. Az aktivitás függvény egy tipikus példája az alábbi:

$$A = \max_{i,j \in DN} |d_{i,j}|$$

ahol $d_{i,j}$ a szomszédos pelek közötti különbség és DN a felhasznált pelek index készlete. A típus képekre mért maszkoló függvények és az aktivitás függvény értékei alapján realizálható hatásos adaptív kvantálás.

2.1. Adaptív predikció

A képjel erősen nemstacionárius és ennél fogva a predikció hiba csökkenthető a predikciónak a képjel lokális tulajdonságaihoz való adaptív vá tételével. Az adaptív predikció csökkenti a lehetséges predikció hiba tartományát. Ennek következtében a képminőség jobb lesz egy adott kvantáló esetén. Az adaptív eljárások az alábbiak lehetnek:

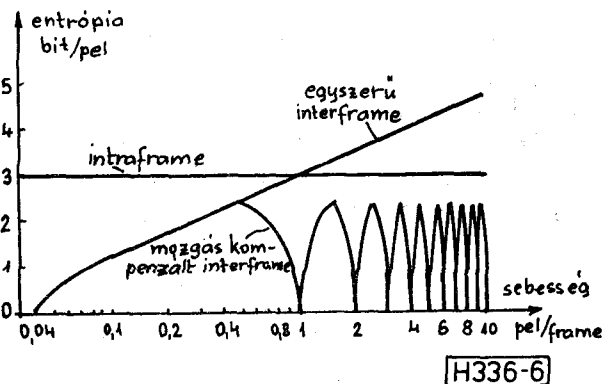
- kontur predikció
- adaptív intra/interframe predikció
- mozgás-kompenzált predikció.

E helyen csak a mozgás-kompenzált eljárással foglalkozunk. Lényegesen javítja az adaptív predikciót a mozgó tárgyak képről-köpre való elmozdulásának a figyelembe vétele. A 4. és 5. ábrák a blokk-illesztő és a rekurzív módszerekkel realizált DPCM kódoló egyszerűsített blokkvázlatát mutatják. A 6. ábra mutatja a mozgó tárgyak átviteli adatsebességét a mozgási sebesség függvényeként három különböző prediktor esetén.

A mozgás-kompenzált predikció egyik fajtája blokkonkénti „forward” mozgás becslést használ.

a korreláció típusa	a képtömörítés módja	tömörítési arány
színjelek redundanciája	a színjelek szűrése és aluknintavételezése	2,5 : 1
intenzitás jel redundanciája	{ 2 : 1 arányú aluknintavételezés mindkét fő irányban	4 : 1
képek redundanciája	{ 2D-cos transzformáció	6 : 1
	{ kép kihagyás és interpoláció feltételes feltöltés	3 : 1 8 : 1

a teljes realizált tömörítési arány 1440 : 1



6. ábra. Entrópia/sebesség viszony

A blokk-illesztés az adott éppen feldolgozás alatti kép blokkja és az előző képbeli elmozdult blokk közötti korreláció maximumának keresésével történik. Nehézséget jelent ennél az eljárásnál a szétválasztás mozgó tárgyakra és „háttérre”. Nyilvánvalóan a mozgó tárgyak határoló vonalai a blokkon belül befolyásolják a becslést. Hátrányt jelent még, hogy az elmozdulás vektort át kell vinni járulékosan. A járulékos információ nagyságának a csökkentése érdekében csak integer elmozdulásokat vesznek figyelembe.

A pel-rekurzív elmozdulás becslésen alapuló átvitelnél nincs szükség járulékos információra. Számítógépes szimulációk kimutatták, hogy a feltételes feltöltéses eljárásához képest a pel-rekurzív módszer 30—70%-os bitszám csökkentést eredményezhet. Adott esetben előnyös lehet e prediktor kiválasztás (átkapcsolás) mozgás-kompenzált és más intra/interframe prediktorok között.

Sok esetben a „forward” becslő mozgás-kompenzált predikció nagy mozgó tárgyak pontosabb elmozdulásait adja, mint a rekurzív. A téma újszerűsége következtében sem az összehasonlítás, sem több más paraméter vonatkozásában nem ismeretesek általános érvényű eredmények.

3. Transzformációs kódolás

A transzformációs kódolással kapcsolatos vizsgálatok az elmúlt években az alábbi területekre koncentráltak:

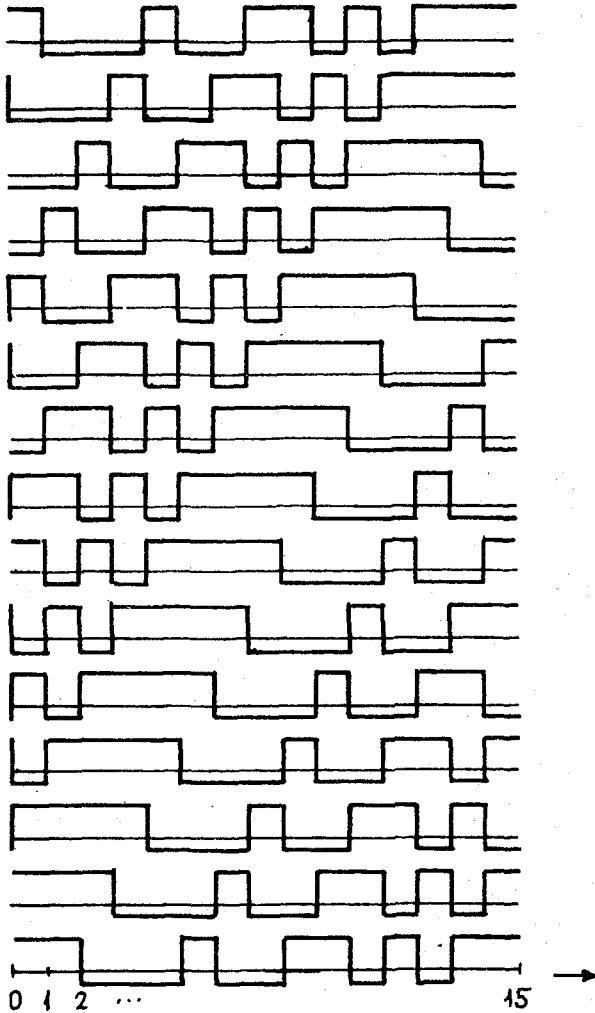
- adaptív kódolás (a képtartalom függvényében kódolják és kvantálják a spektrális együtt hatókat)

8	6	6	4	4	2	2	2
6	6	4	2	2	2	2	2
6	4	4	2	2	2	2	0
4	2	2	2	2	2	2	0
4	2	2	2	2	2	0	0
2	2	2	2	2	2	0	0
2	2	2	2	0	0	0	0
2	2	0	0	0	0	0	0

8	6	4	4	2	2	2	0
6	4	4	2	0	0	0	0
4	4	2	2	0	0	0	0
4	2	2	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

H336-7

7. ábra. Bit-kiosztási táblázatok

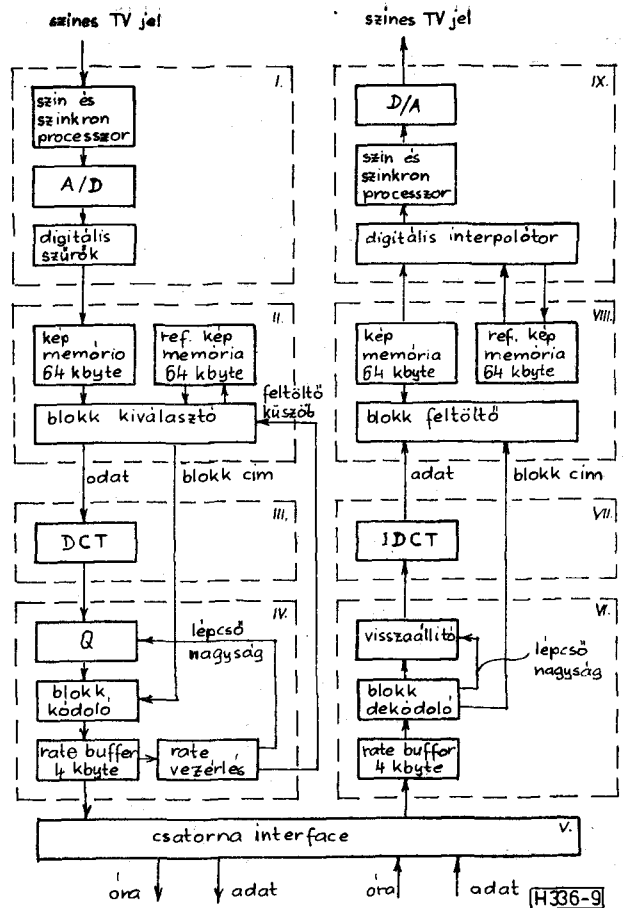


H336-8

8. ábra. m függvények $N=15$ esetén

- hibrid kódolás (DPCM + transzformációs kódolás együtt)
- új bázis függvény rendszerek vizsgálata
- blokk-határok láthatóságának a csökkentése.

Az adaptív transzformációnál az együtthatók kvantálását és kódolását a képtartalom függvényében úgy végezzük, hogy az irrelevancia redukció eredményeként létrejövő torzítások a láthatósági küszöb alatt maradjanak. A nehézségeket a képtartalom egyértelmű osztályozása, valamint az alkalmas kvantálók és kódolók méretezése jelen-



9. ábra. Távkonferencia rendszer blokkvázlata

tik. Sok transzformációs blokk kiértékelése alapján nyert spektrális együtthatók szórásának ismerete határozza meg az ún. bit-kiosztási vagy bit-ki-jelölő táblázatokat, amelyek tartalmazzák mind-egyik együtthatóra a kvantálási lépcsők szükséges számát (7. ábra). Az adaptív eljárás a bit-kiosztási táblázatok közötti átkapcsolást biztosítja.

A különféle hibrid módszereknél is jelentős javulást az adatsebesség minimálisan szükséges értékében a mozgás-kompenzált kódolás jelent. A cikk korlátozott terjedelme miatt a részletektől eltekintünk.

Új bázis függvény rendszert alkalmaz az M transzformáció. Az m -függvény rendszer bináris szimbólumok m szekvenciájának ciklikus eltolásából és az azt követő orthonormalizációból ered. Az m szekvencia egy visszacsatolt shiftregiszter maximális hosszúságú szekvenciája. A 8. ábra $N=15$ esetén mutatja az m függvényeket.

Az M transzformáció nem eredményez néhány transzformációs együtthatóra kiterjedő energia koncentrációt és nem a pelek statisztikai függőségéből adódó redundanciát csökkenti, hanem igen hatásos irrelevancia redukciót ad az M tartományban. Az alapfüggvények zajszerűek, ezért a kvantálási hibák az inverz transzformáció után zajszerű patternt adnak, amire a szem kevésbé érzékeny, mint más pl. WHT transzformáció struktúrájára.

Illusztrációként megadjuk a 9. ábrán egy a legutóbbi időben kifejlesztett 56 kb/s kimenő adat-

sebességű távkonferencia rendszer blokkvázlatát. Az 5. táblázatban van bemutatva a rendszer által biztosított adatkompresszió értékének kialakítása. Ez egy a kis adatsebességű átvitelre jellemző kialakítás.

Meg szeretnénk még jegyezni, hogy többen eredményesen alkalmazzák a forrás és a csatorna kódolás kombinációját mind prediktív, mind transzformációs eljárásokat bevonva a kombinációkba. Hasonlóan igen kiterjedten és eredményesen hasznosítják a vektor kvantálást is.

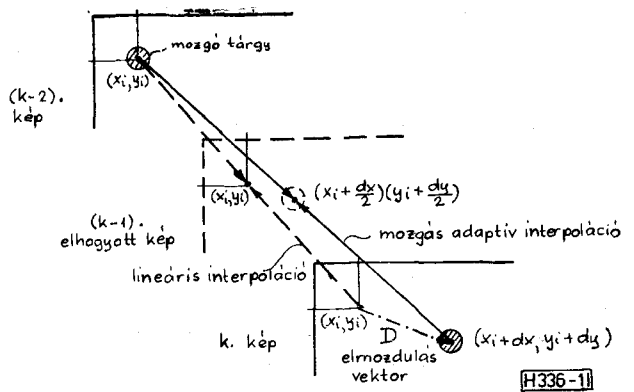
4. Mozgás-adaptív kép interpoláció

Kihagyva képeket az adóoldalon és interpolációval pótolva a kihagyott képeket a vevőoldalon igen hatásos módszerre a televíziós kódolásnak, mivel ez még kombinálható más adattömörítő eljárásokkal. Azonban kimutatták, hogy a kép visszaállító eljárások, mint pl. a kép ismétlés, a mozgó tárgyak ugrálását eredményezi a megjelenített képen, vagy a lineáris interpoláció az időbeli szűrésnél homályosodást okoz a mozgás tartományában. Ezeknek a torzításoknak a láthatósága arányos a mozgás sebességével, ezért lineáris kép interpolációs eljárásokat csak olyan televíziós képeknek alkalmaznak, ahol lassú mozgások fordulnak elő.

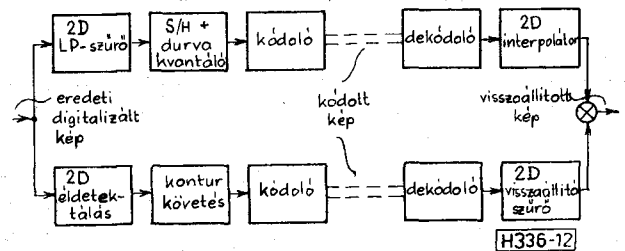
Mozgás-adaptív kép interpoláció esetén az adaptív interpolátort mozgás detektor vezérli. Ez az eljárás megjavítja a kép minőségét két különböző interpolációs algoritmus közötti átkapcsolással (az egyik a stacionárius, a másik a mozgó tartományokban). A homályosodás elkerülésére közepes és gyors mozgások esetén az interpolációs algoritmusnak „kompenzálnia” kell a tárgyak mozgását. Egy ilyen kódoló blokkvázlatát mutatja a 10. ábra, míg a 11. ábra a lineáris és mozgás-adaptív kép interpolációt szemlélteti. A fenti eljárások általában 1 kép kihagyását teszik lehetővé látható torzítások nélkül. Speciális esetekben — ahol a mozgás a képnek csak igen korlátozott részében fordul elő — több kép kihagyása is lehetséges. Több speciális alkalmazásban a kép kihagyás hatásának észlelhetősége sem zavarja a szükséges információ kinyerését (pl. egyes felügyeleti rendszereknél).

5. „Synthetic High” rendszer

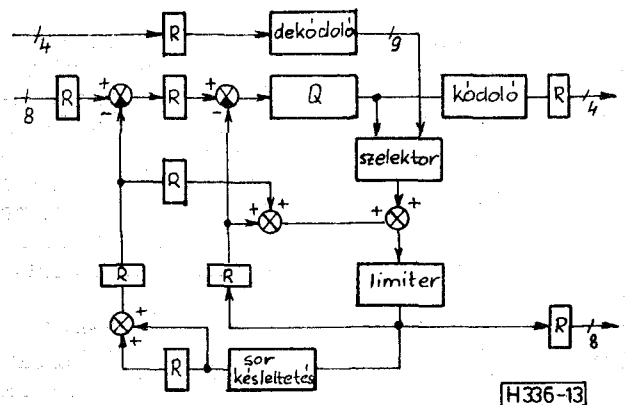
Ez a rendszer az első generációs eljárások közé tartozik, a képet szétbontja kis frekvenciás és nagy frekvenciás összetevőkre. A kis frekvenciás kép



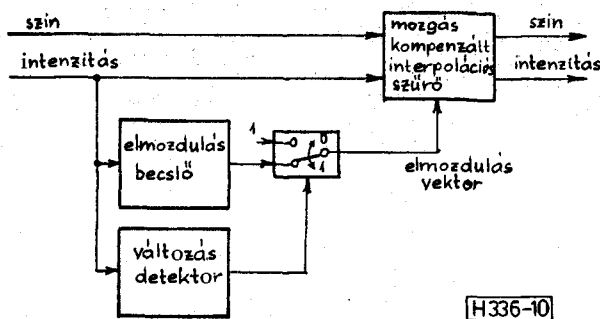
11. ábra. Lineáris és mozgás-adaptív kép interpoláció



12. ábra. „Synthetic High” rendszer blokkvázlata

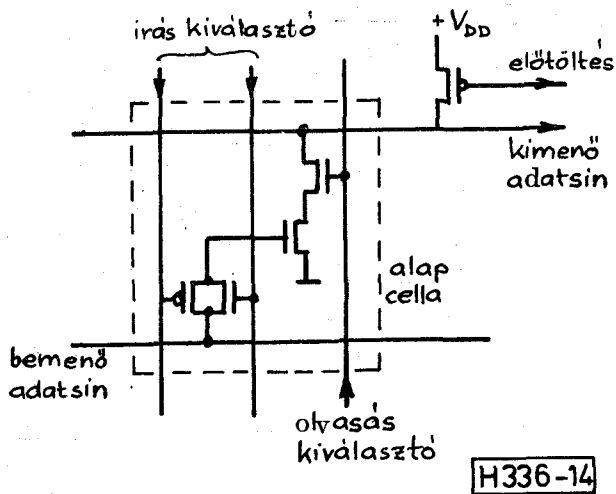


13. ábra. DPCM kodek blokkvázlata



10. ábra. Mozgás-adaptív kép interpolációs kódoló

rész általában a különböző tartományok fényességét adja meg, míg a nagy frekvenciás kép rész az éles élre vonatkozó információt adja meg. Analóg formában ez egy információ veszteség nélküli eljárás. A 2D mintavételi tételnek megfelelően a kis frekvenciás kép igen kevés mintával ábrázolható. Ezek a minták azok az üzenetek, amelyek a kis frekvenciás kép hiteles alakját jellemzik. Az oldetektálás megvalósítható gradiens vagy Laplace operátorral. Egy nemlineáris művelet a küszöbképzés dönti el, hogy a nagy frekvenciás képből egy élpont fontos vagy sem. Ezzel az el-



14. ábra. CMOS RAM cella

járás információt veszteséget szenved. Végeredményben a kiválasztott élpontok helyzetét és nagyságát kódolják. Egy 2D visszaállító szűrőt használnak a nagy frekvenciás rész szintetizálására az ólinformációból. A szűrőt egyértelműen meghatározza a kis frekvenciás résznél használt aluláteresztő szűrő. Ez a rendszer fokozottan kihasználja az emberi látás tulajdonságait. A 12. ábra mutatja a rendszer felépítését.

6. VLSI chip kialakítása

Különböző megfontolások inicializálták a szélessávú hírközlést száloptikai csatornákon. Ezek az új hírközlő hálózatok magukba foglalnak olyan szolgáltatásokat, mint a TV szétosztás, videotelefon, videokonferencia a normál telefon és adat szolgáltatások mellett. Ezekhez az új szolgáltatásokhoz szükséges video kodekek várhatóan igen nagy száma megköveteli az olcsó realizálást. A VLSI technika fejlődése teszi lehetővé ennek a feladatnak a megvalósítását.

Másrészről a digitális jelfeldolgozás módszereinek igen erőteljes fejlődése ezek realizálását elsősorban VLSI chip formájában teszi lehetővé főként, ha real time alkalmazásokat tekintünk. A video kódoló-dekódoló egységek fokozott működési sebességi követelményei és az igen nagymennyiségű feldolgozandó adat gyakran teszik szükségessé a párhuzamos vagy valamilyen más szervezésű (pipeline, szisztolós, stb.) jelfeldolgozást. Az ilyen struktúrák hatásosan és a szükséges nagy megbízhatósággal csak VLSI chippekkel realizálhatók. Egy-egy struktúra kialakítását a kevésbé időigényes műveletekkel (összeadás, kivonás, memória táblázatok) célszerű megoldani.

A fentiek szemléltetésére a 13. ábrán a $2\ \mu\text{m}$ CMOS technológiával 1 VLSI chipen realizált DPCM kodek funkcionális blokkvázlatát mutatjuk be (SEL AG). A szükséges kiegészítéseket RAM memóriákkal realizálják. A 14. ábra mutat egy ilyen CMOS RAM cellát.

7. A vizsgálati kultúra fejlődése

A videojelek digitális kódoló és dekódoló egységeinek a minősítése, az egyes eljárások szimulálása, az áramkörti modellek kipróbálása meglehetősen összetett feladat és költséges háttérberendezéseket igényel, ezért kevés fejlesztő és kutató hely van felkészülve erre.

A kódolási eljárások számítógépes szimulációja már hosszabb ideje folyik. Itt gondot okoz a valódi bemenő képanyag hozzáférése. Ezen a területen igen jó hatásfokkal lehet alkalmazni a mesterséges képeket (mozaik képek), amelyek software segítségével generálhatók és spektrumuk jól közelíti a valódi képeket. A mesterséges képek 2–3 paraméter segítségével változtathatók, alkalmazásuk révén csökken a memória igény.

Komplett rendszer a VTE (Digitalvideo System-Vertriebsgesellschaft MBH) képszimulációs rendszere, amely mind a digitális studio szabvány szerinti színes videojelet, mind a HDTV jelet digitilizálja és visszalakítja analóg formába. A rendszerre hostkomputer, optikai diszk, video diszk vagy külső berendezés csatlakozhat. Az optikai diszk 1 Gbyte nagyságrendű kapacitású lemezeket működtet. A rendszer néhány perces élő színes mősorvideojelet képes tárolni és teszi lehetővé ezáltal a real time vizsgálatokat és minősítéseket.

8. Következtetések

Az első generációs képkódolásnak szinte minden eddigi módszere tovább fejlődik a jelenlegi kutatások nyomán és egyre gazdaságosabb alkalmazásokat tesznek lehetővé. A digitális video- és képtechnika tömeges elterjedése a következő években várható. Így a képkódolással kapcsolatos kutatások jelentősége egyre nő.

A cikk csak néhány fontosabbnak tartott irányzatot mutat be — teljességre nem is törekedhetett az adott terjedelemben — azonban mindenképpen szeretné a hazai szakmai körök figyelmét ráirányítani erre a rendkívüli gyorsasággal fejlődő, bővülő fontos tématerületre.

I R O D A L O M

- [1] Special Issue on Visual Communications Systems Proc. of the IEEE, Vol. 73, No. 4, April 1985. pp. 499–844.
- [2] A. G. Tescher, J. A. Saghi: Adaptive Transform Coding and Image Quality. Optical Engineering, Vol. 26, No. 8, August 1986, pp. 979–983.
- [3] M. Bierling, B. Thoma: Motion Compensating Field Interpolation Using A Hierarchically Structured Displacement Estimator Signal Processing, Vol. 11, No. 4, Dec. 1986, pp. 387–404.
- [4] Proc. of EUSIPCO—86 Signal Processing III: Theory and Applications, (The Hague, the Netherlands, Sept. 2–5, 1986) Two Volumes, 1436 pages.
- [5] J. W. Modestino, D. G. Daut: Combined Source-Channel Coding of Images. IEEE Trans. on Comm., Vol. COM—27, No. 11, Nov. 1979, pp. 1644–1678.
- [6] K. Fazekas: Digital Coding for Quasi-motion Colour Picture Transmission. SPIE Proceedings Vol. 594, (Dec. 4–6, 1985, Cannes).
- [7] Fazekas K.: Kódoló struktúrák színes videojelek digitális kódolásánál. Híradástechnika, XXXVII. évf., 12. sz., 1986.