

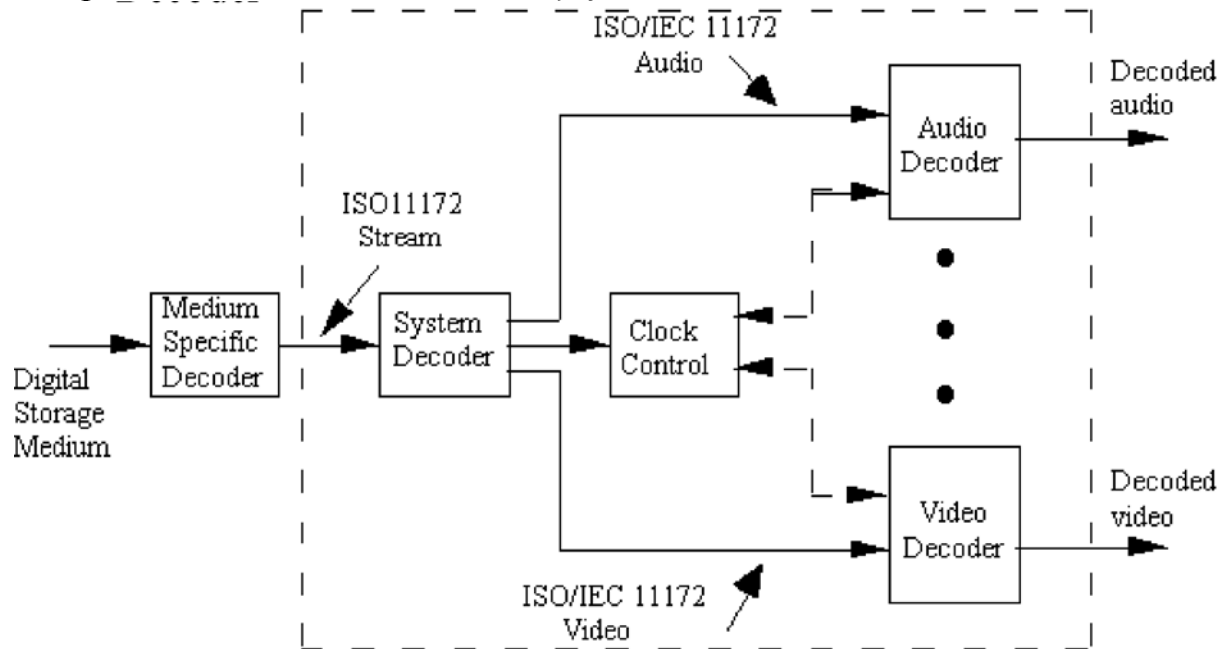
5. CODAREA VIDEO MPEG

- MPEG = Moving Picture Expert Group
 - MPEG-1 (ISO/IEC 11172, Nov 1992)
 - MPEG-2 (ISO/IEC 13818, Nov 1994)
 - MPEG-4 (ISO/IEC 14496, Oct 1998)
 - MPEG-7, MPEG-21 în curs de elaborare.
- Standardul MPEG1 a fost dezvoltat să facă compresia imaginilor video și a sunetului pentru stocarea pe CD.
 - CD-ROM 1x: 150kB/s = 1,2 Mbiți/s.
 - MPEG-1 tinde la un flux de date video comprimate de aprox. 1,2Mbiți/s.
 - Pentru compresia audio ratele sunt între 32 și 448kbiți/s.
- MPEG-2 este utilizat în televiziunea digitală: SDTV, HDTV.
 - Rata de bit variabilă între 4 și 80Mbiți/s. (optim: 4Mbiți/s).
 - Suportă codare video întrepătrunsă și scalabilă.

5.1. MPEG-1

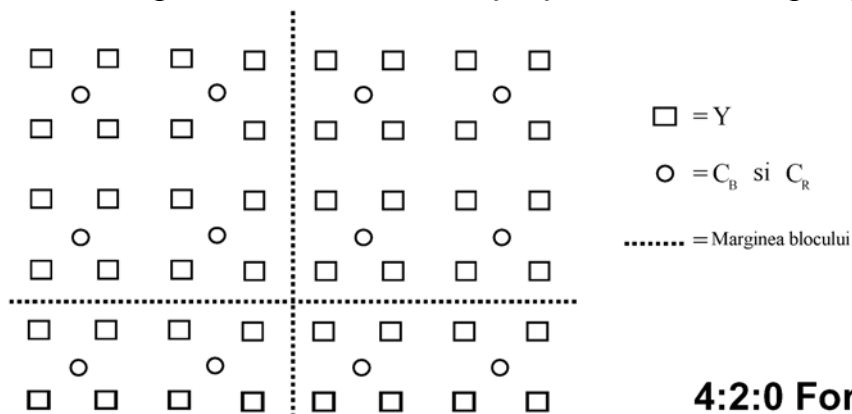
- Cerințe de bază:
 - Codarea video de calitate bună (aproape calitatea VHS) la rate între 1 și 1,5Mbiți/s.
 - Acces aleator la un cadru într-un timp limitat (puncte de acces în fluxul video frecvente).
 - Derulare înainte/înapoi (căutare și afișare folosind punctele de acces).
 - Sistemul să suporte sincronizarea audio-video.
- Cerințe suplimentare:
 - Redare inversă (necesită decodarea și stocarea cadrelor între punctele de acces).
 - Compromis între calitatea codării și întârzierea la decodare.
 - Schema de codare și organizarea biților să fie robustă la erori.
 - Formatele imaginilor să suporte o varietate de aplicații.
 - Codorul în timp real să aibă un cost rezonabil.
- Standardul MPEG ia în considerare și implementările din alte standarde:
 - JPEG. Deoarece o secvență video poate fi privită ca o secvență de cadre (imagini fixe) și deoarece JPEG a fost dezvoltat înaintea MPEG, acesta utilizează ideile din JPEG.
 - H.261. Întrucât H.261 era deja disponibil în timpul elaborării MPEG, s-a încercat compatibilitatea cu acest standard.
- Facilități noi față de H.261:
 - Dimensiuni diverse ale imaginilor și rate de biți variabile.
 - Structurarea în “felii” (slice) a datelor în loc de GOB.
 - Grupuri de imagini (GOP – Group Of Pictures).
 - Compensare bidirecțională a mișcării.
 - Compensare a mișcării “half pixel”.

- Tipuri diferite de MacroBlocuri și tabele VLC pentru imaginile I, P și B.
 - Tabele de cuantizare.
 - Codare VLC pentru diferențele vectorilor de mișcare MV.
- Sistemul MPEG include codarea video, audio și fluxul de biți.
 - Specifică formarea fluxului de biți și decodarea:



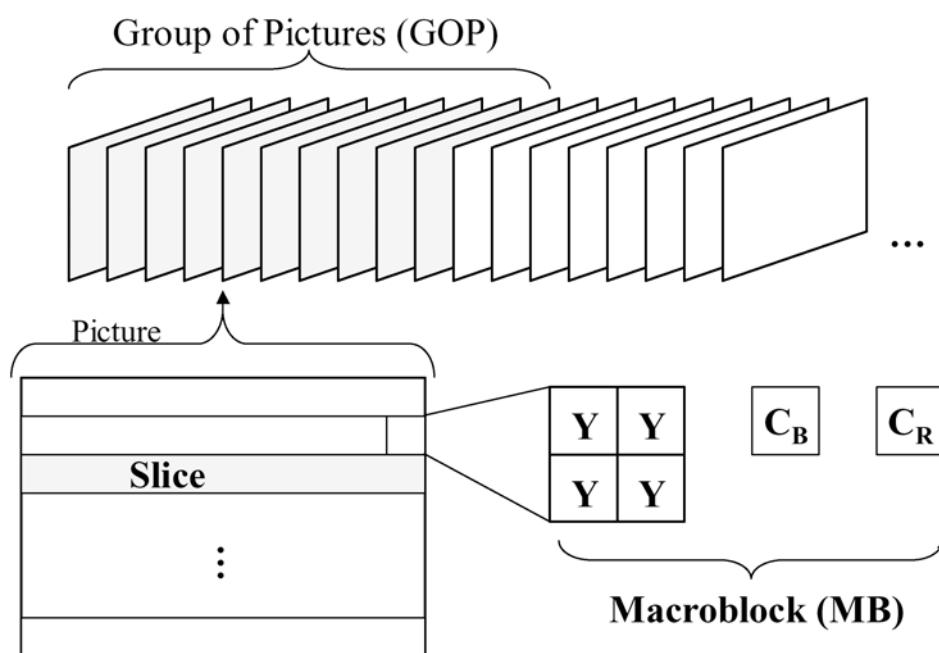
Codarea video

- Fiecare imagine constă din trei componente (similar formatului YUV).
- Componenta de luminanță are de 2 ori mai multe eșantioane pe orizontală și verticală. Acest procedeu se mai numește și “color subsampling”.



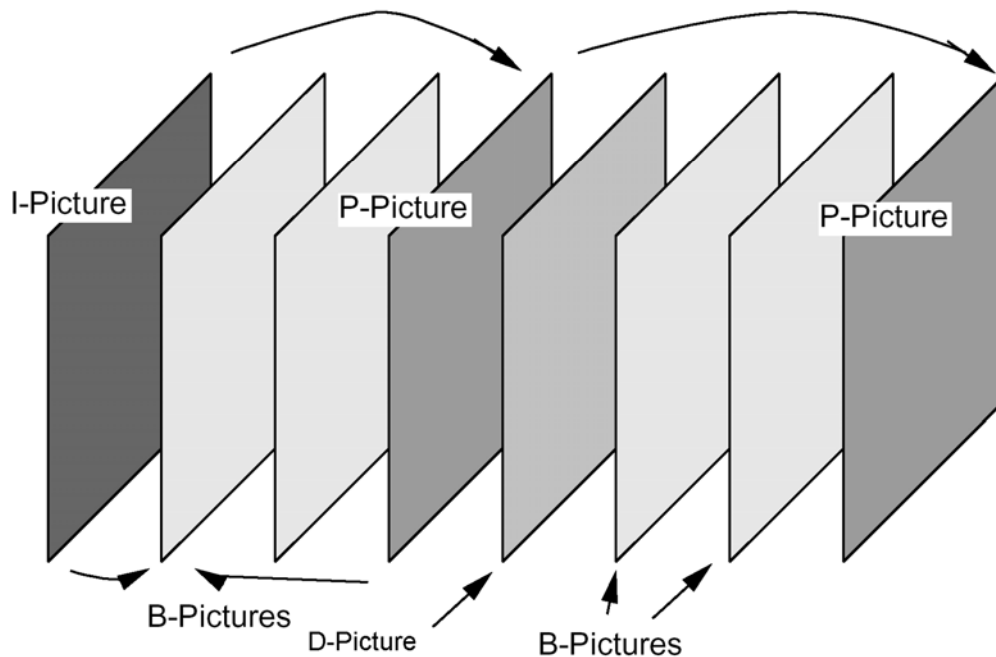
- Rezoluția componentei de luminanță nu trebuie să depășească 768 x 976 pixeli, fiecare pixel este codat cu 8 biți.
- Fluxul de date MPEG conține mai multă informație decât JPEG.
- **Raportul de aspect** pentru imagine:
 - pentru imagini cu 702 x 575 pixeli sau 711 x 487 se definește un **raport 4:3**
 - pentru imagini cu 625 linii (sistemele HDTV europene) sau 525 linii (sistemele HDTV din SUA) se definește un **raport 16:9**.

- **Frecvența cadrelor:**
 - 23,976Hz; 24Hz (filme); 25Hz (PAL); 29,97Hz (NTSC); 30Hz; 50Hz; 59,94Hz; 60Hz.
- O predicție temporală a imaginilor fixe conduce la o rată de compresie considerabilă.
- Imaginile animate conțin adesea mișcări netrilaționale ca de exemplu rotația unui obiect.
- Asemenea mișcări pot fi reduse printr-o codare intra-cadre.
- În cele mai multe cazuri o codare predictivă are sens pentru o parte a unei imagini și nu pentru întreaga imagine.
- **Structura datelor:**



- Fiecare imagine este împărțită în suprafețe numite **macro-blocuri (MB)**.
- Fiecare **macro-bloc** este format din:
 - 16 x 16 pixeli pentru luminanță.
 - 8 x 8 pixeli pentru componentele de crominanță.
- Macro-blocurile sunt ordonate de la stânga la dreapta și de sus în jos în **slice-uri**.
- Dacă fluxul de biți conține o eroare, decodorul poate sări până la începutul următoarei **slice**.
- Dacă se formează mai multe **slice-uri** se poate obține un comportament mai bun la erori dar sunt necesari mai mulți biți de codare.
- **Imaginea** constă din trei matrice dreptunghiulare reprezentând luminanța Y și cele două valori ale crominanței C_B și C_R.
- Matricea Y are un număr par de linii și coloane. Matricele de crominanță au jumătate din dimensiunea matricei Y pe ambele direcții.
- **Grup de imagini** – unitatea care permite accesul aleator la fluxul video.
- Conține un header și o serie de una sau mai multe imagini I, P și/sau B.

- MPEG distinge între 4 tipuri de imagini (cadre) cum este în figura de mai jos.

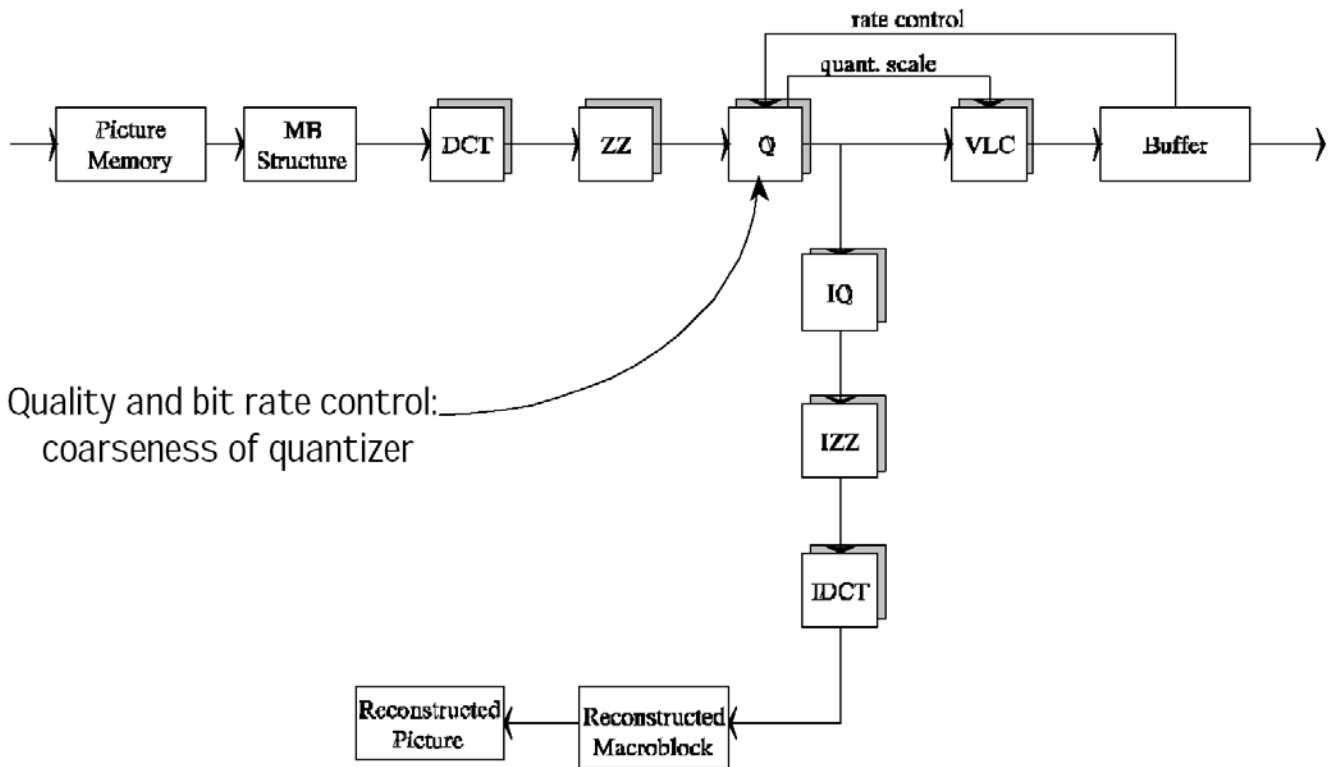


- Ideea acestor 4 tipuri de imagini este că sunt cerințe contradictorii între o codare eficientă și un acces aleator rapid.
- Pentru realizarea unei rate mari de compresie, redundanțele temporale ale imaginilor care urmează trebuie exploatată (codare inter-cadre).

Cadre I (Intra-coded images).

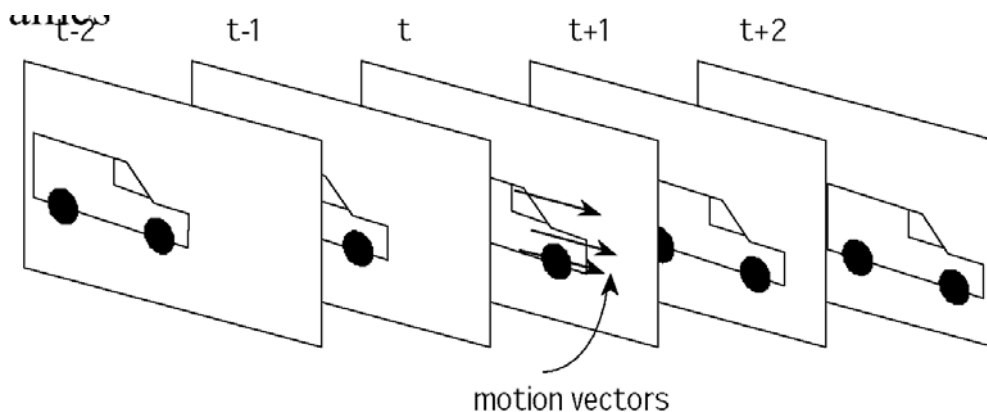
- Sunt codate fără referințe la alte imagini. Un cadru I este tratat ca o imagine fixă.
- MPEG folosește codarea JPEG pentru aceste imagini. Totuși, contrar JPEG, compresia trebuie făcută în timp real. Rata de compresie a imaginilor I este mai mică cu MPEG.
- Cadrele I sunt punctele de acces aleator în fluxul MPEG.
- Cadrele I folosesc 8x8 blocuri pentru a defini un macrobloc pe care se calculează DCT.
- Coeficienții DC sunt codați DPCM. Diferențe ale blocurilor succesive sunt calculate și transformate utilizând codarea cu lungime variabilă.
- MPEG distinge două tipuri de macro blocuri. Primul tip include numai date codate și al doilea cuprinde un parametru folosit la scalare prin ajustarea caracteristicilor de cuantizare.
- Pasul de cuantizare poate fi controlat și adaptat de:
 - parametrul Q – se poate schimba la slice sau la macro-bloc.
 - matrice de cuantizare – se poate schimba la secvențe de imagini.

Codarea cadrelor I

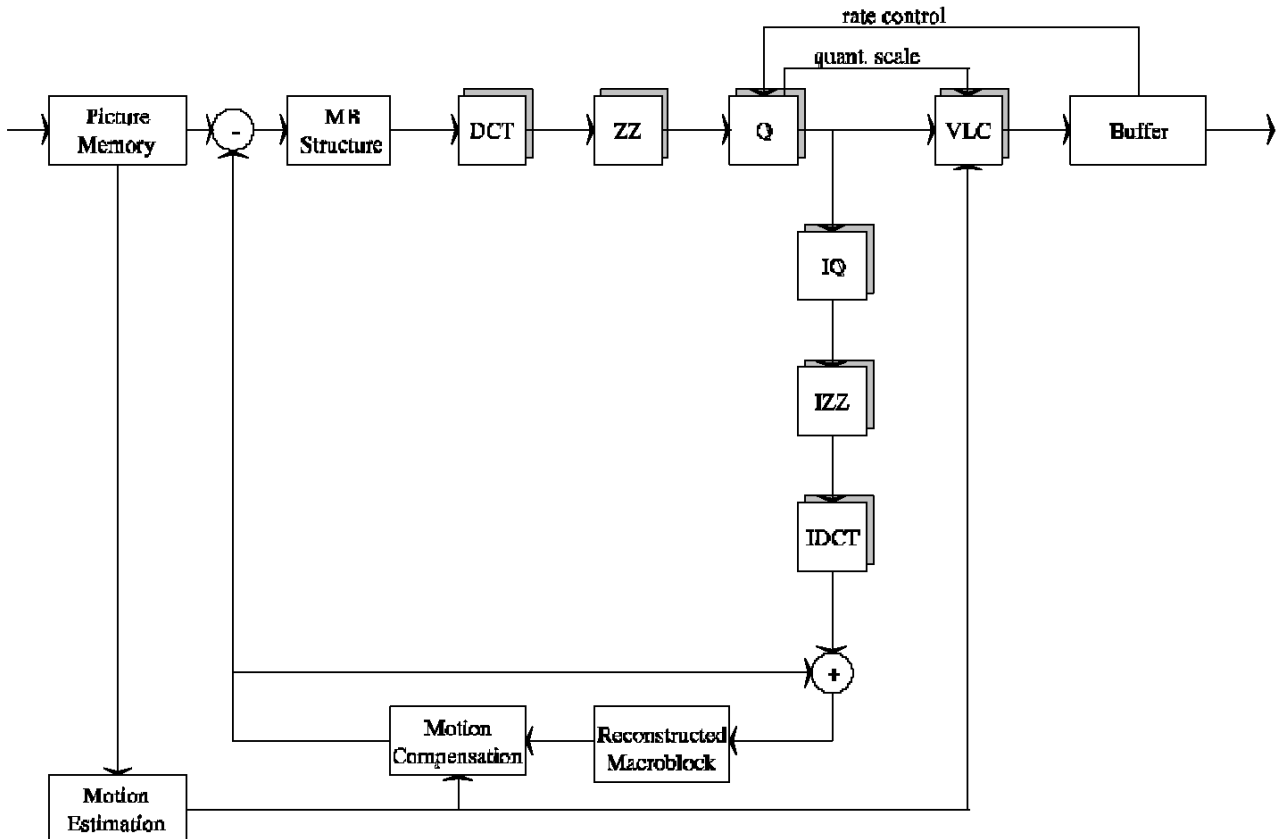


Cadre P (Predictive-coded frames)

- Solicită informații din cadrele I anterioare și/sau din toate cadrele anterioare pentru codare sau decodare.
- Codarea cadrelor P este bazată pe faptul că la imagini succesive, adesea suprafețele nu se schimbă de tot și întreaga suprafață este deplasată. În acest caz de redundanță temporală fluxul ultimelor cadre I sau P este similar cu fluxul care trebuie determinat.
- Mai multe metode pentru estimarea mișcării sunt disponibile la codor.
- MPEG nu prevede un algoritm pentru estimarea mișcării dar specifică rezultatele codării.
- Numai vectorul de mișcare (diferența între localizarea temporală a macroblocului) și micile diferențe în conținut ale acestor macroblocuri sunt lăsate să fie codate.



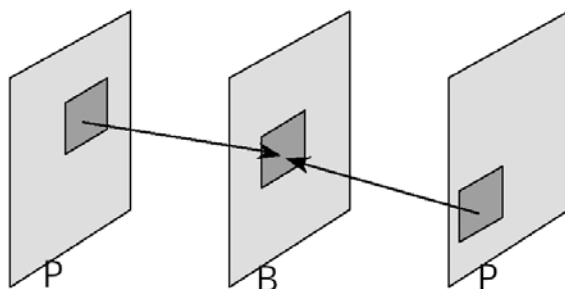
- Ca și cadrele I, cadrele P constau din macroblocuri ale cadrelor I și 6 macro blocuri predictive.
- Codorul trebuie să determine dacă un macrobloc trebuie să fie codat predictiv sau ca un macrobloc al cadrelor P și mai mult dacă există un vector de mișcare care trebuie codat.
- Un cadru P poate conține macroblocuri care sunt codate ca și cadrele I.
- Codorul specific macrofluxurilor P trebuie să considere diferența macroblocurilor la fel ca și vectorul de mișcare.



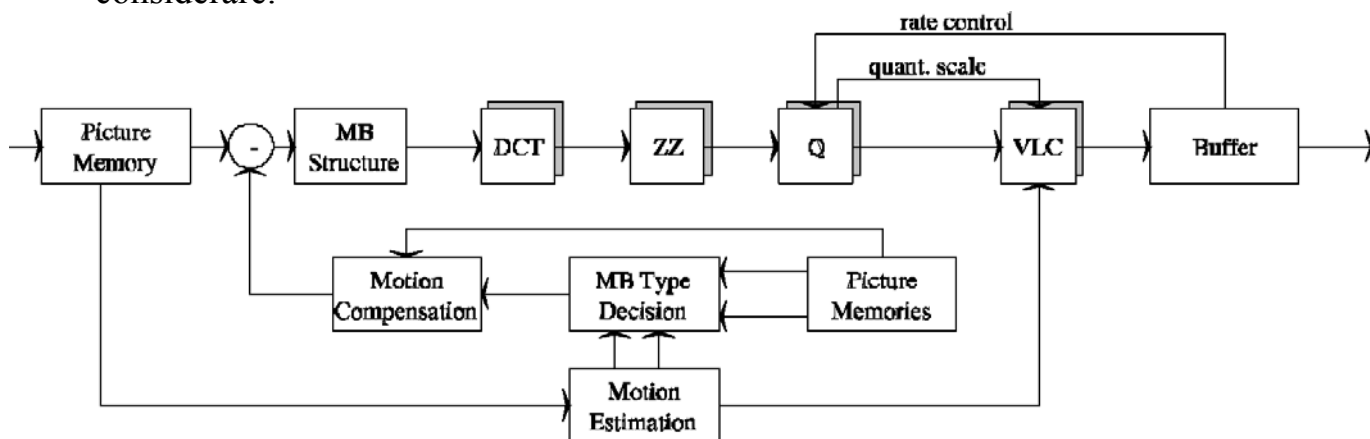
- Diferența tuturor 6 blocuri de 8x8 pixeli și macroblocul care trebuie codat sunt transformați utilizând DCT bidimensională.
- Pentru reduceri mai mari blocurile care au numai coeficienți DCT 0 nu sunt prelucrați mai departe.
- Coeficienții sunt stocați utilizând 6 biți care sunt adăugați datelor codate.
- Coeficienții AC și DC sunt codati utilizând aceeași tehnică. Aceasta diferă de JPEG și de codarea macroblocurilor din cadrele I.
- În pasul următor este făcută o codare run-length.
- Când vectorul de mișcare al macroblocurilor adiacente diferă puțin, o codare DPCM este utilizată.
- Modurile de codare a macro-blocurilor din cadrele P:
 - non-intra / intra cadre
 - codarea sau ne-codarea vectorilor de mișcare
 - diferența cuantizată a predicției este zero sau nu.

- **Cadre B (Bi-directionally predictive coded frames)**

- Necesită informații din cadrele I și/sau P anterioare și următoare pentru codare și decodare.



- Cea mai mare rată de compresie este atinsă utilizând aceste cadre.
- Un cadru B este definit ca diferența unei predicții a unei imagini trecute și următorul cadru P sau I.
- Cadrul B nu poate fi niciodată accesat direct într-un mod aleator. Pentru predicția cadrelor B cadrele P sau I anterioare sau următoare sunt luate în considerare.



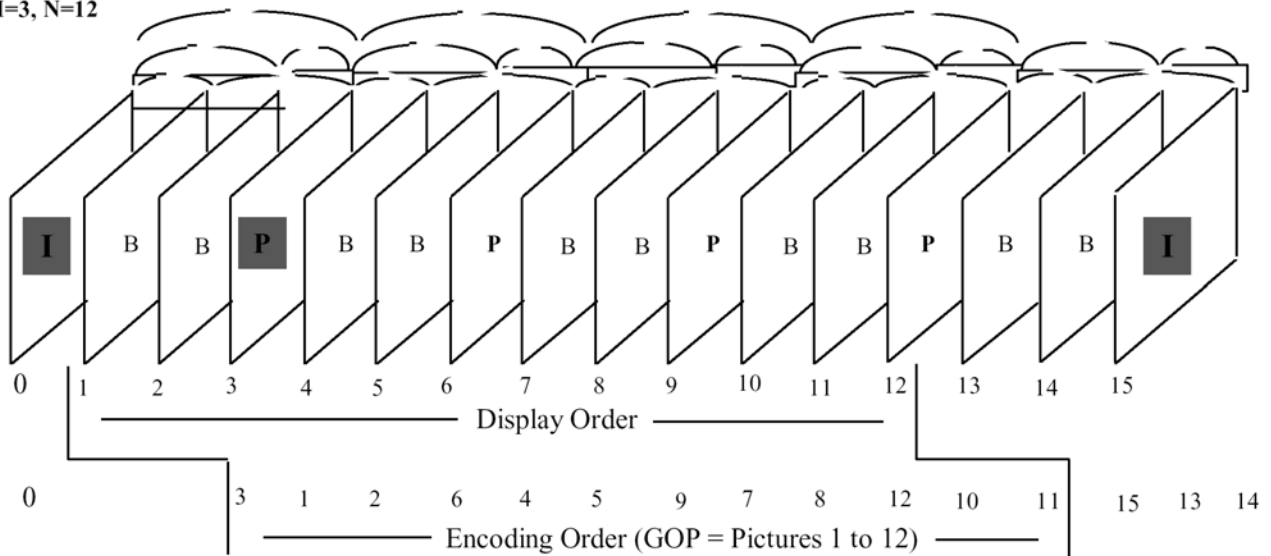
- Următorul exemplu ilustrează avantajele unei predicții bidirecționale.
Într-o scenă video, o minge se mișcă de la stânga la dreapta în fața unui fundal static. În partea stângă a scenei părți ale imaginii care apar în imagini anterioare nu apăreau fiind acoperite de minge. O predicție a acestor suprafețe poate fi dezvoltată din următoarele imagini dar nu din imaginile anterioare. Un macro-bloc poate fi dezvoltat din macro-blocul anterior sau următor al cadrelor P sau I. În afară de un vector de mișcare de la imaginea anterioară la cea următoare, poate fi utilizat un vector de mișcare în celalaltă direcție.

- **Cadre D (DC – coded frames)**

- Sunt cadre codate intra-cadre. Ele pot fi folosite pentru derulare rapidă înainte sau înapoi.
- Numai parametrii DC ai DCT sunt codati, coeficienții AC sunt neglijați.
- Cadrele D constau numai din componentele de joasă frecvență a imaginilor. Ele utilizează numai un tip de macro-bloc și numai coeficienții DC sunt codati.

- Derularea înainte sau înapoi se poate realiza și cu cadre I. Pentru aceasta cadrele I trebuie să apară periodic în fluxul de date. Redarea înapoi însă necesită o cantitate imensă de stocare deoarece toate imaginile dintr-un grup trebuie decodate în modul forward și stocate, după care redarea înapoi este posibilă.
- Dacă se utilizează predicția bidimensională cu cadre B **ordinea imaginilor la codare diferă**.
- Un cadru P pentru a fi afișat după unul B trebuie decodat înaintea lui B deoarece el conține date necesare decompresiei lui B. Acest fapt introduce o întârziere.

M=3, N=12



N = Numărul de imagini în GOP.

M = Distanța de predicție (M – 1 = numărul de cadre B)

- Repetarea cadrelor I, P, B este determinată de MPEG.
- Pentru acces rapid, aleator, cu rezoluție cât mai bună, ar trebui codat numai cu cadre I.
- Pe de altă parte cea mai mare compresie se obține când utilizăm cât mai multe cadre B.
- O secvență de tipul IBBPBBPBBIBBPBBPBB... are posibilitatea de acces aleator de 9 imagini (aproximativ 330ms) și are o compresie foarte bună pentru că folosește multe cadre B.
- În ceea ce privește cuantizarea, coeficienții AC ai cadrelor B și P au valori mari, pe când cei ai cadrelor I au valori mai mici. Dacă volumul datelor crește peste un anumit prag, cuantizarea lărgăște mărimea pasului.

- Tabelele de cuantizare:

8	16	19	22	26	27	29	34
16	16	22	24	27	29	34	37
19	22	26	27	29	34	34	38
22	22	26	27	29	34	37	40
22	26	27	29	32	35	40	48
26	27	29	32	35	40	48	58
26	27	29	34	38	46	56	69
27	29	35	38	46	56	69	83

intra

16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16

inter

- Codarea coeficienților DC intra-cadre:

Differential DC	SIZE	VLC Luminance	VLC Chrominance
-255 to -128	8	1111 110	1111 1110
-127 to -64	7	1111 10	1111 110
-63 to -32	6	1111 0	1111 10
-31 to -16	5	1110	1111 0
-15 to -8	4	110	1110
-7 to -4	3	101	110
-3 to -2	2	01	10
-1	1	00	01
0	0	100	00
1	1	00	01
2 to 3	2	01	10
4 to 7	3	101	110
8 to 15	4	110	1110
16 to 31	5	1110	1111 0
32 to 63	6	1111 0	1111 10
64 to 127	7	1111 10	1111 110
128 to 255	8	1111 110	1111 1110

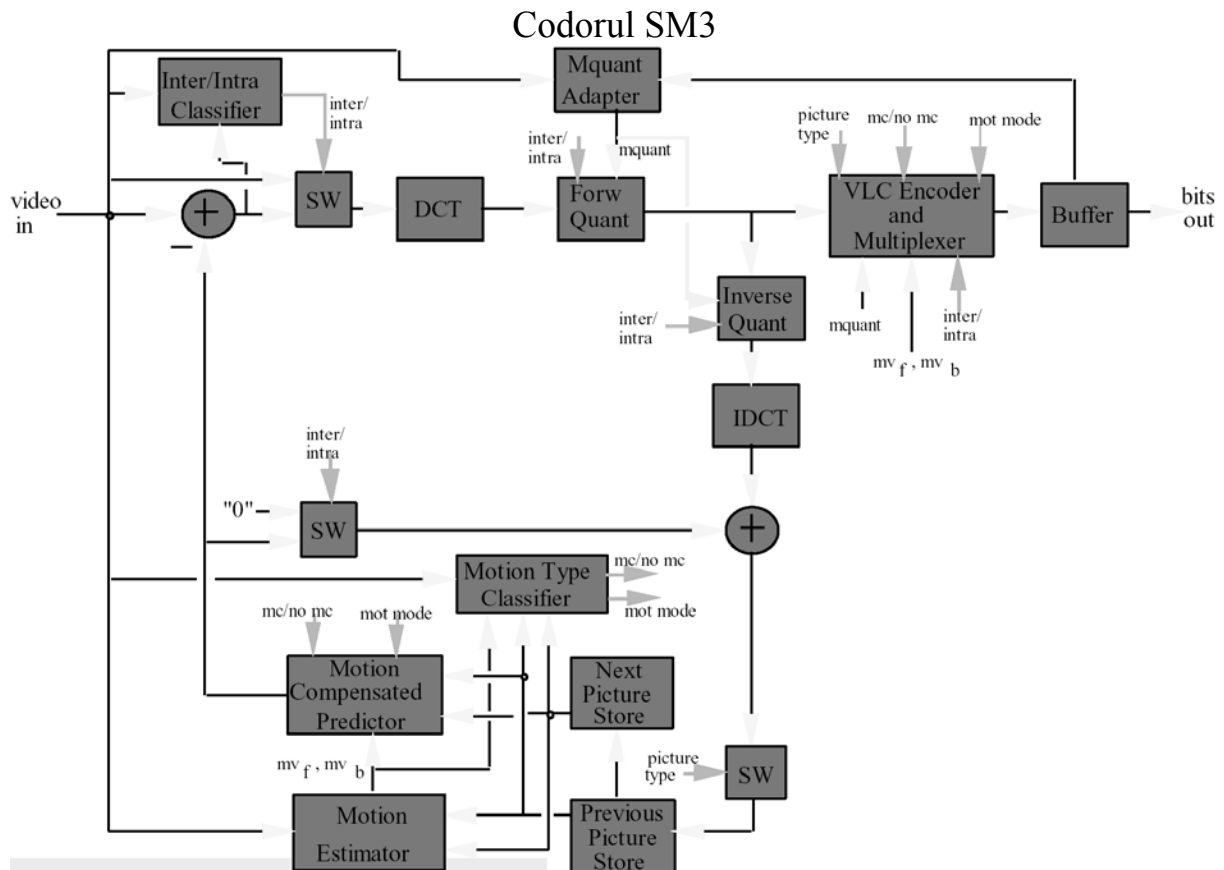
Tabelul de codare 2D VLC:

EOB = 2 bits Absolute Level →

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	16	32	40	41	127	128	255
0	3	5	6	8	9	9	11	13	13	13	13	14	15	16	16	20	20	28	28
1	4	7	9	11	13		14	14	16	16	16	16	16	16	17	20			
2	5	8	11	13			14												
3	6	9	13	14			20												
4	6	11	13				20												
5	7	11	14																
6	7	13					17												
7	7	13					20												
8	8	13																	
9	8	14																	
10	9	14																	
11	9	17																	
13	9	17																	
14	11	17																	
22	14						20												
26	14																		
31	17																		
32	20																		
63	20																20	28	28

20 bit Fixed Length Codes 28 bit Fixed Length Codes
 Escape(6bits)+Run(6bits)+ Level(8bits) Escape(6bits)+Run(6bits)+ Level(16bits)

- **Modelul de simulare SM3**
- Utilizat pentru pre și post procesarea imaginilor video.
- Definiște estimarea / compensarea mișcării.
- Decizia modului de codare: MC/noMC și inter/intra.
- Adaptarea cuantizării și controlul ratei.



Decodorul SM3

