

امور کارشناسی و ارزیابی فنی سیما

مروری بر فرمت DVCAM

دی ماه ۱۳۸۱

مهندس مسعود نظری

مروری بر فرمت DV CAM (DVCAM Format Overview)

مقدمه :

فرمت DVCAM بصورت یک فرمت قدرتمند برای کاربردهای حرفه ای منطبق با فرمت DV توسعه یافته است ، بطوریکه مکانیزم کاست و نوار آن با انطباق کامل با فرمت DV است و سیگنال دیتای ضبط شده بدون هر گونه دستکاری و بصورت اصلی و توسط اینتر فیسهای I.Link و یا (QSDI) SDTI انتقال می یابد . این ترکیب ثابت کرده است که DVCAM مناسبترین فرمت برای کاربردهای پیچیده با قابلیت‌های وسیع انتقال DV و NLEs بر پایه DV می باشد .

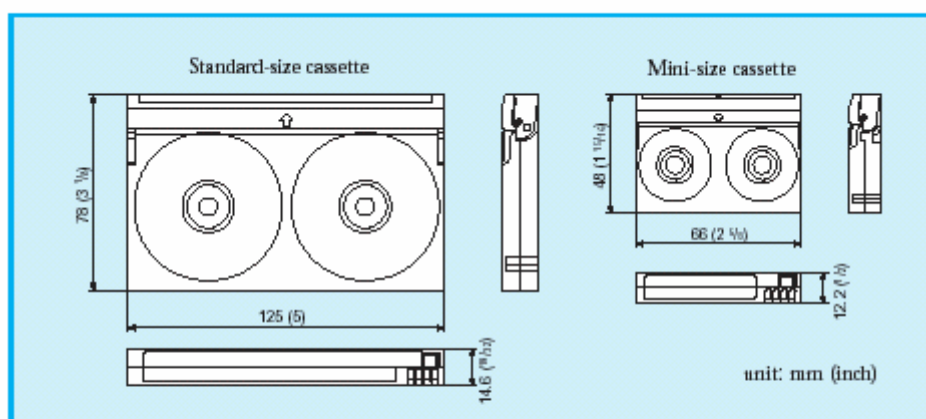
Track Pitch در حد 15 میکرون این فرمت ، اطمینان لازم برای بدست آوردن فریم دقیق و ادیت پایدار در نقطه ادیت بر روی نوار را می دهد . استفاده از این Track Pitch همچنین قابلیت‌های Lip-Syn Audio و Pre-Read را نیز تحقق می بخشد . این مقاله بخوبی فرمت DVCAM و تکنولوژی اینتر فیسهای مرتبط با آنرا شرح می دهد .

مشخصات مکانیکی :

فرمتهای DV /DVCAM از نوار Metal Evaporated (بخار فلز) با پهنای $6.35 + 0.005$ mm استفاده می کند . این فرمت از دو نوع نوار با ضخامتهای 7 mm و 5.3 mm شامل انواع روکشها (Coatings) استفاده می نماید .

ابعاد : در این فرمت دو سایز کاست وجود دارد که ابعاد آنها مطابق شکل 1 می باشد .

Figure 1 - Appearance of cassette



The sizes of the two cassette types are identified as follows.

Standard-size cassette: approximate size: 125.0 mm x 78.0 mm x 14.6 mm
(5 x 3 1/8 x 19/32 inches)

Mini-size cassette: approximate size: 66.0 mm x 48.0 mm x 12.2 mm
(2 5/8 x 1 15/16 x 1/2 inches)

زمان ضبط :

ماکزیم زمان ضبط نوار استاندارد ۱۸۴ دقیقه و نوار کوچک ۴۰ دقیقه است .

Cassette Identification & Cassette Memory

کاستهای DVCAM /DV از یک برد ID و یا حافظه کاست بنام MIC جهت شناسایی کاست استفاده می کنند . هر دو نوع کاست چهار الکتروود تماسی برای ارتباط با VTR جهت انتقال مشخصات کاست و سایر اطلاعات دارند . مشخصات هر کنتاکت به شرح زیر می باشد :

برای یک کاست با ID برد ، نوع کاست توسط مقدار مقاومت هر الکتروود شناسایی می شود . از طرف دیگر برای یک کاست با MIC ، اطلاعات شناسایی بر روی حافظه آن ذخیره می شود . MIC همچنین برای ضبط اطلاعات کمکی متنوع شامل گزارش عملیات تصویر برداری که بنام Cliplink شناخته می شود ، بکار می رود . اما ID برد فقط برای شناسایی کاست مورد استفاده قرار می گیرد .

کاست با ID برد :

- کنتاکت 1 : شناسایی ضخامت نوار Thickness
 - کنتاکت 2 : شناسایی نوع نوار Tape Type
 - کنتاکت 3 : شناسایی درجه نوار Tape Grade
 - کنتاکت 4 : جهت پتانسیل زمین Ground Level
- مقاومت بین کنتاکتهای 1,3,4 در جدول ۱ صفحه ۳ مشخص شده اند .

کاست با حافظه MIC :

- کنتاکت 1 : برای تغذیه حافظه بکار می رود .
 - کنتاکت 2 : برای داده های ورودی و خروجی بکار می رود .
 - کنتاکت 3 : برای سیگنال Clock بکار می رود .
 - کنتاکت 4 : جهت پتانسیل زمین Ground Level
- دیتای MIC از طریق کنتاکت 2 به VTR منتقل می شود . همانطور که در بالا ذکر شد MIC شامل اطلاعات شناسایی کاست شبیه ضخامت و نوع نوار و اطلاعات کمکی می باشد . در DVCAM ، نواحی کمکی جهت استفاده ClipLink و تدارک درخواستهای آینده بکار می روند .
- یک ویدئو تیپ DVCAM می تواند مشخصات شناسایی کاست هر دو نوع کاست با ID برد و یا MIC را آشکار کند .

Table 1 - Assignment of the four contacts.

Contact number	Cassette with ID board			Cassette with memory (MIC)
	Assignment	Identification	Resistance value	Assignment
1	Tape thickness	7 μm	Open	VDD
		5.3 μm	1.80 k Ω \pm 0.09 k Ω	
2	Tape type	ME	Open	SDA
		Reserved	6.80 k Ω \pm 0.34 k Ω	
		Cleaning	1.80 k Ω \pm 0.09 k Ω	
		MP	Short	
3	Tape grade	Consumer VCR	Open	SCK
		Non-consumer VCR	6.80 k Ω \pm 0.34 k Ω	
		Reserved	1.80 k Ω \pm 0.09 k Ω	
		Computer	Short	
4	GND	—	GND	

Where ME: Metal Evaporated
MP: Metal Particle

ضبط مورب :

مکان ضبط و ابعاد آن : Record Location and Dimensions

جایگاه ضبط و ابعاد هر سکتور در شکل ۲ صفحه ۴ و جدول ۲ مشخص شده اند . در هر تراک DVCAM چهار سکتور وجود دارد که عبارتند از (ITI) ، Audio ، Video ، Insert و Video و Sudcode که در شکل ۳ صفحه ۵ مشخص شده اند .

Figure 2 – Record location and dimensions

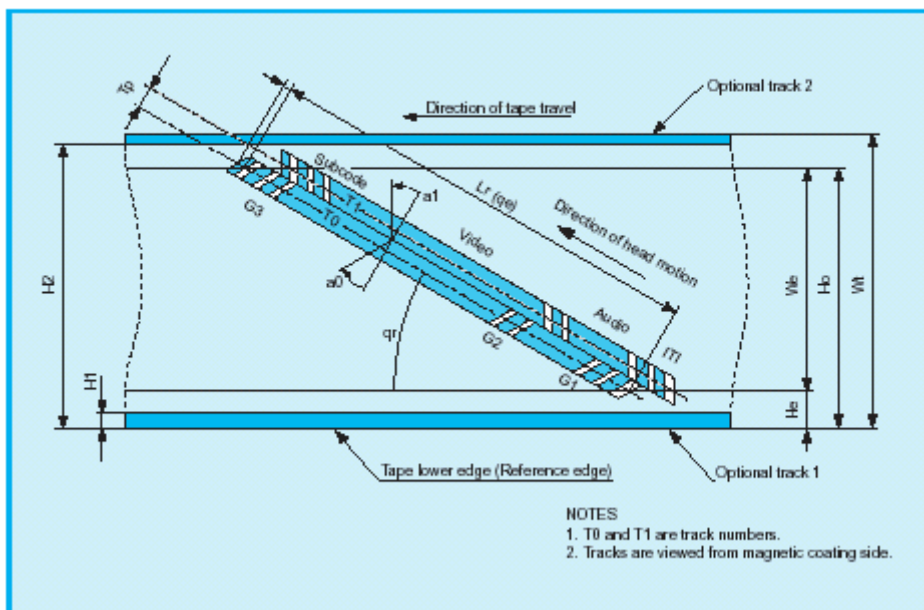


Table 2 – Track pattern parameters

Symbol	Description	Unit	525-60 system	625-50 system
TP	Track pitch	µm	15	←
Ts	Tape speed	mm/sec	28.221/1.001	28.221
er	Track angle	deg	9.1752	←
Lr	Length of track	mm	32.860	←
Wt	Tape width	mm	6.350	←
He	Effective area lower edge	mm	0.560	←
Ho	Effective area upper edge	mm	5.800	←
We	Effective area width	mm	(5.240)	←
H1	Height of optional track 1 upper edge	mm	0.490	←
H2	Height of optional track 2 lower edge	mm	5.920	←
α0	Azimuth angle (track 0)	deg	-20	←
α1	Azimuth angle (track 1)	deg	+20	←

Figure 3 – Sector location

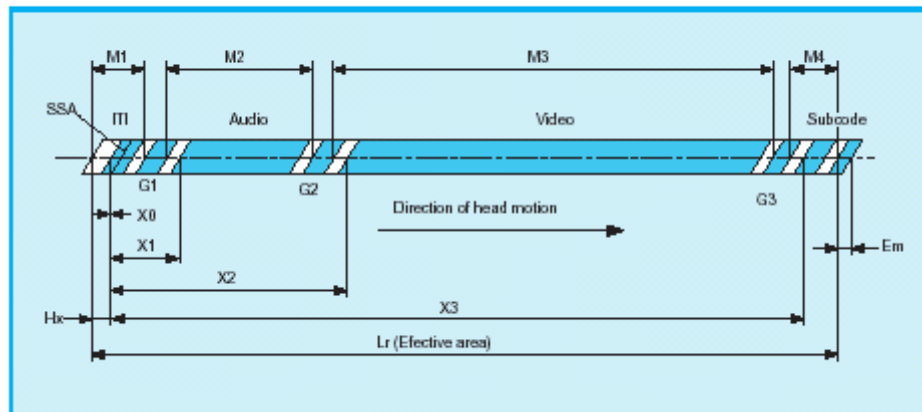


Table 3 – Sector location

Dimensions in millimeters

Dimensions	525-60 system	625-50 system	
Hx	Length of ITI pre-amble	0.341	←
X0	Beginning of SSA	0	←
X1	Beginning of audio sync blocks	0.810	←
X2	Beginning of video sync blocks	3.792	3.796
X3	Beginning of subcode sync blocks	31.905	31.937
M1	Length of ITI sector	0.876	0.877
M2	Length of audio sector	2.812	2.815
M3	Length of video sector	27.565	27.593
M4	Length of subcode sector	0.907	0.908
Em	Length of overwrite margin	0.304	←

نمونه برداری Sampling :

نمونه برداری راستر در DVCAM بر اساس توصیه ITU-R Rec.601 می باشد که در آن سیگنال ویدئو با فرکانس 13.5 MHz و با 720 پیکسل برای هر خط در هر دو سیستم 525-60 و 625-50 در نظر گرفته شده است .

در سیستم 525-60 هر سیگنال اختلاف رنگ (CR/CB) با فرکانس 3.375 MHz نمونه برداری می شوند و برای هر خط 180 پیکسل ارسال می گردد (4:1:1) .

در سیستم 625-50 هر یک از سیگنالهای اختلاف رنگ به نوبت با فرکانس 6.75 MHz و با 360 پیکسل برای هر خط ارسال می شوند . (4 : 2 : 0) .

فیلتر Decimation (ده تایی) برای سیگنالهای اختلاف رنگ در سیستم 625-50 شامل (TAPS) 3 فیلتر FIR با مقدار ضرایب 1-2-1 می باشد . فیلتر Interpolation (درونیایی) نیز شامل (TAPS) 3 فیلتر FIR با ضرایب مشابه فیلتر قبل است . نقطه شروع نمونه برداری سیگنالهای CR/CB در هر دو سیستم مشابه سیگنال لومینانس است . جدول ۴ صفحه ۶ تعداد پیکسلهای فعال هر خط در دو سیستم 625 , 525 را نشان می دهد .

Table 4 – Construction of video signal processing

		525-60 system	625-50 system
Sampling frequency	Y	13.5 MHz	
	CR, CB	3.375 MHz	6.75 MHz
Number of active pixels per line	Y	720	
	CR, CB	180	360
Number of active lines per frame		480	576
Active line numbers	Field 1	23 to 262	23 to 310
	Field 2	285 to 524	335 to 622
Quantization		8 bits	
Correspondence between video signal level and quantized level	Scale	1 to 254	
	Y	220 quantization levels with the black level corresponding to level 16 and the peak white level corresponding to level 235	
	CR, CB	225 quantization levels in the center part of the quantization scale with zero signal corresponding to level 128	

Where Y: Luminance
CR, CB: Color difference

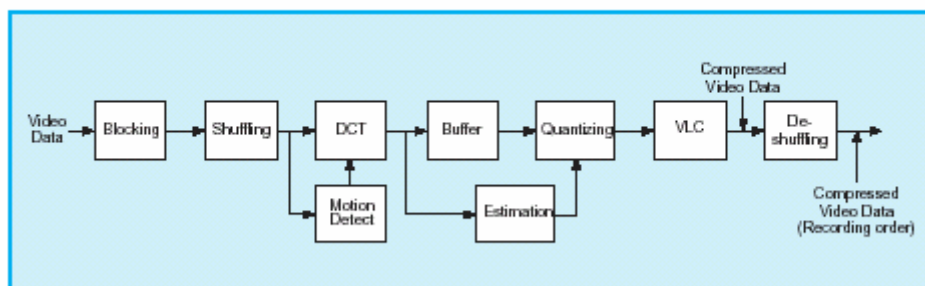
نمونه های دیتای ویدئو با ضریب 5:1 (فشرده سازی) کاهش پیدا می کند ، در نتیجه سیگنال با نرخ 25Mbs ارسال می شود .

کدینگ Intra-Frame که در Discreet Cosine Transform (DCT) پذیرفته شده و

Variable Length Coding (VLC) بکار می رود . برای بدست آوردن یک تصویر با کیفیت و با نرخ دیتای 25 Mb/s در فشرده سازی DV/DVCAM ، تکنیک Shuffling (برزدن) قبل از پردازش کدینگ

انجام می شود. اینکار باعث می گردد تا ویدئو حداکثر راندمان و کیفیت، فشرده شود و بالانس خوبی برای هر نوع تصویر بدست آید. توجه شود که دیتا فقط برای رسیدن به بالاترین راندمان در فشرده سازی Shuffled می شود و قبل از ضبط به روی نوار، de-shuffled می گردد. شکل ۴ یک بلوک دیاگرام ساده از پردازش ویدئو را نشان می دهد.

Figure 4 - Video process block diagram



بخشهای بعد چگونگی کاهش نرخ بیت و پردازش هر بلوک را شرح می دهند.

پردازش بلوکینگ Blocking proces :

بلوک اول، Blocking می باشد که در آن نمونه های دیتای ویدئو در قالب میکرو بلوکها قرار می گیرند و Blocking پروسی است که در آن واحدهای میکرو بلوک تهیه می شود. در این بلوک ابتدا نواحی بلنکینگ افقی و عمودی کنار گذاشته شده و سپس دیتای ویدئو در نواحی حاوی تصویر تقسیم به بلوکهای 8 X 8 پیکسل می شود (سایز بلوک DCT بعدا توضیح داده میشود).

در سیستم 525 یک میکرو بلوک بشکل چهار پیکسل بلوک لومینانس مجاور هم و دو بلوک جهت پیکسلهای کرومینانس (CR/CB) می باشند.

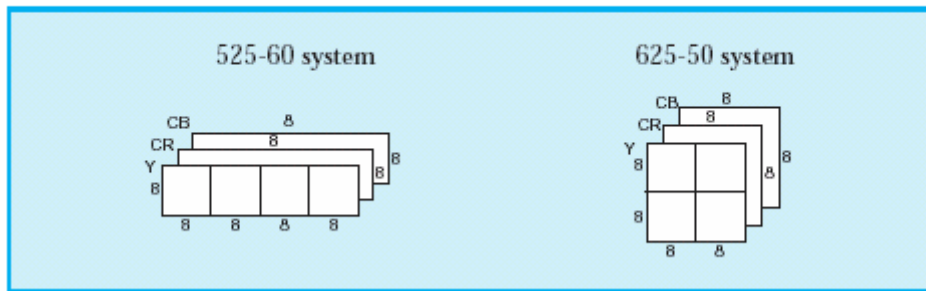
در سیستم 625 یک میکرو بلوک شامل چهار بلوک پیکسلهای لومینانس و دو بلوک برای پیکسلهای کرومینانس می باشند.

در هر دو مورد اندازه یک میکرو بلوک توسط کوچکترین واحد در هر بلوک تعیین شده است که شامل

8 X 8 پیکسل برای کرومینانس و لومینانس مربوط به آن می باشد.

سیستم 525 الگوی نمونه برداری 4:1:1 و سیستم 625 الگوی نمونه برداری 4:2:0 را بکار می برند. هریک از این دو الگو چهار بلوک لومینانس به همراه دو بلوک کرومینانس را در بر دارند. شکل ۵ نحوه آرایش این بلوکها را نشان می دهد.

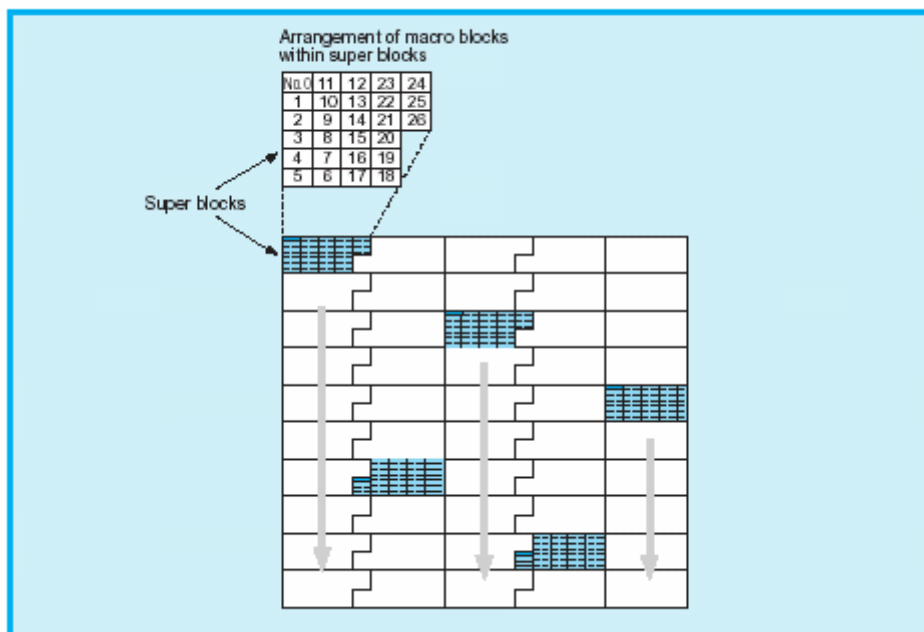
Figure 5 – Construction of macro block



سوپر بلوک :

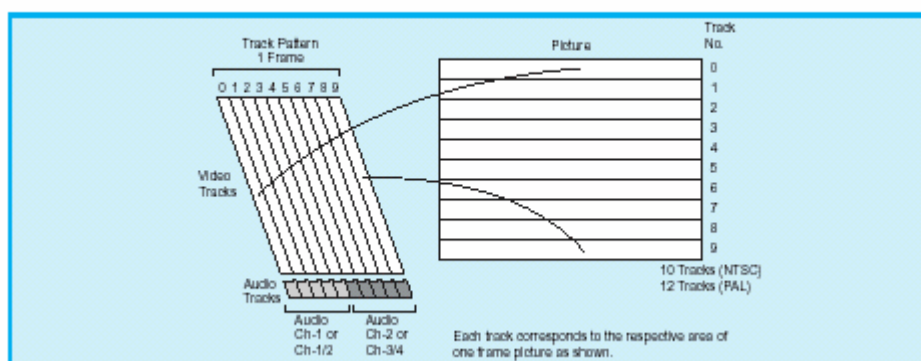
به هر ۲۷ میکرو بلوک همسایه یک سوپر بلوک می گویند .

Figure 6 – Super blocks (525-60 system)



سوپر بلوکها برای متوسط گیری از جزئیات تصویر در یک صحنه و دستیابی به فشردگی سازگی کار آمد بکار می روند . اما قبل از بقیه جزئیات ، نکته مهم این است که چطور دیتای فشرده شده روی نوار ضبط می شود . در سیستم 525-60 یک فریم ویدئو روی 10 تراک ضبط می شود و مشابه آن در سیستم 625-50 یک فریم ویدئو روی 12 تراک ضبط می گردد .

Figure 7 – Track pattern/picture to track allocation



اندازه سوپر بلوک با توجه به ارتباط آن با تراک دیتای تخصیص یافته به یک صحنه ، تعیین میشود .

: Height

ارتفاع یک سوپر بلوک نیز با تراک دیتای تخصیص یافته به صحنه ارتباط دارد . به این مفهوم که تعداد نمونه های عمودی در هر سوپر بلوک برابر تعداد خطوط اسکن ضبط شده بر روی یک تراک می باشد . در سیستم 525 تعداد 480 پیکسل نمونه عمودی از بالا تا پائین تصویر وجود دارد و ارتفاع یک سوپر بلوک بشکل روبرو محاسبه می شود .

$$480/10 \text{ TRACKS} = 48 \text{ Pixels}$$

و چون ما 8 پیکسل در هر میکرو بلوک در جهت عمودی داریم ، بنابراین هر سوپر بلوک به اندازه 6 میکرو بلوک ارتفاع خواهد داشت .

$$48/8 = 6$$

همچنین در سیستم 625 تعداد 576 پیکسل در جهت عمودی داریم . به این مفهوم که تعداد پیکسلهای یک سوپر بلوک برابر :

$$576/12 = 12 \text{ Tracks} = 48 \text{ Pixels}$$

و چون هر میکرو بلوک در سیستم 625 شامل 16 پیکسل می باشد ، بنابراین هر سوپر بلوک متشکل از سه میکرو بلوک خواهد بود .

$$48/16 = 3$$

: WIDTH

پهنای یک سوپر بلوک از پهنای یک پنجم تصویر بدست می آید و برای رسیدن به نتایج نهایی در فشرده سازی دیتا (پنج به یک) ، این اندازه منطقی به نظر میرسد . با توجه به تعداد 720 پیکسل در هر دو سیستم 525 و 625 خط ، بنابراین در سیستم 525 خط ، تعداد 22.5 میکروبلوک در جهت افقی تصویر وجود دارد .

$$720 / 32 (4 \times 8) \text{ Pixels} = 22.5 \text{ Macro blocks}$$

(قبلا گفته شد یک میکروبلوک $4 \times 8 = 32 \text{ Pixels}$ پهنای دارد)

ضمنا چون یک سوپر بلوک یک پنجم تصویر پهنا دارد ، بنابراین پهناى سوپر بلوک به اندازه چهار یا پنج میکروبلوک است (توجه شود که سوپر بلوک در قسمت پایین چهار میکروبلوک و در قسمت بالا پنج میکروبلوک پهنا دارد) .

بطور مشابه در سیستم ۶۲۵ ، میکروبلوکها دارای عرض ۱۶ پیکسل (۸ x ۲) می باشند . بنابراین در پهناى تصویر (جهت افقى تصویر) ما ۴۵ میکروبلوک خواهیم داشت .

$$720 / 16 \text{ Pixels} = 45 \text{ Macro blocks}$$

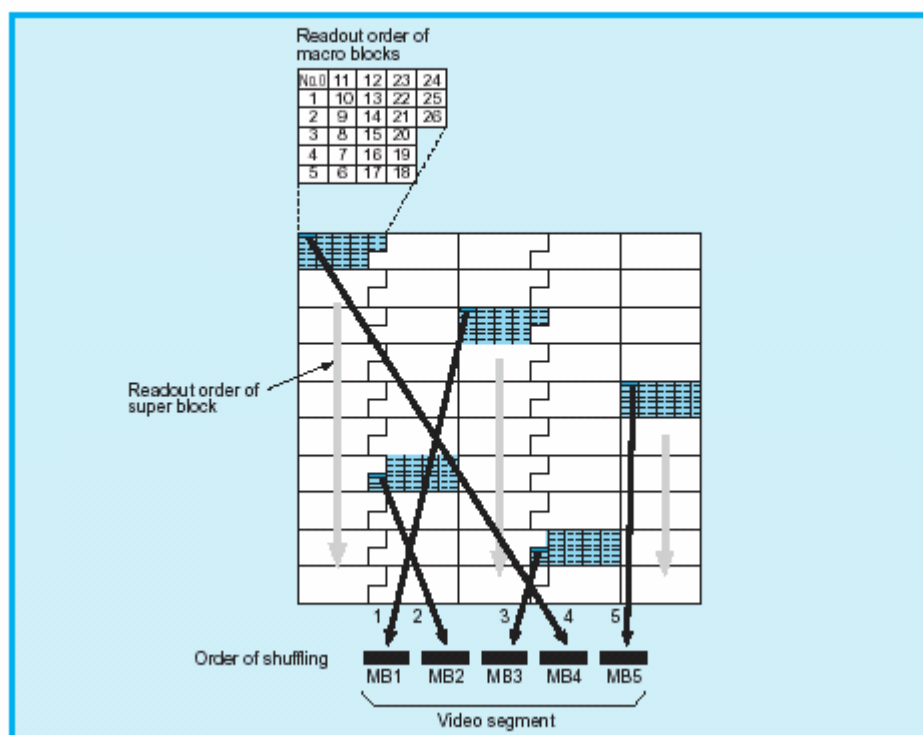
و چون یک سوپر بلوک ۱/۵ تصویر پهنا دارد ، بنابراین در سیستم 625 هر سوپر بلوک دارای پهناى ۹ میکروبلوک خواهد بود .

$$45 / 5 = 9 \text{ Macro blocks}$$

: Shuffling

در فرمتهای DVCAM/DV ، پردازش فشرده سازی روی پنج میکروبلوک گرد هم آمده از پنج سوپر بلوک مختلف عمل میشود . این پنج میکروبلوک تشکیل یک ویدئو سگمنت را می دهند.

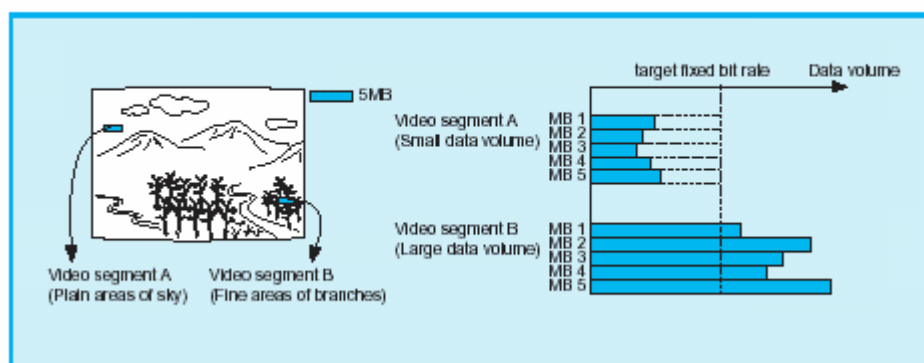
Figure 8 – Shuffling method (525-60 system)



ویدئو سگمنت ها توسط انتخاب اولین میکروبلوک از ستون اول (از پنج ستون) هر یک از سوپر بلوکها که در جای مشابه قرار دارند و جمع آنها بدست می آید . این پردازش بنام Shuffling نامیده می شود . بکارگیری عمل Shuffling بهبود قابل توجهی را در افزایش راندمان فشرده سازی بدنبال دارد ، زیرا در بیشتر تصاویر ، مقدار جزئیات بصورت پراکنده ظاهر می شوند ، در بعضی از نواحی مقدار اطلاعات بیشتر و در نواحی دیگر کمتر می باشد . ضمنا مهم است که مرکز تصویر در معرض فشرده سازی سنگین قرار

نگیرد زیرا در بیشتر موارد اینجا جاییست که حجم مهمی از تصویر در آن قرار دارد. اگر عمل Shuffling قبل از کاهش نرخ بیت صورت نگیرد، مقدار اطلاعات فشرده شده برای هر ناحیه تصویری و یا میکرو بلوک متغییر خواهد بود (شکل ۹). و از آنجائیکه بعد از کاهش نرخ بیت در یک نرخ بیت ثابت، در هر ناحیه تصویر (میکرو بلوک) که خیلی متغییر باشد اعوجاج دیده می شود. برای مثال در نواحی یکنواخت تصویر، اعوجاج کمتر از نواحی با جزئیات بیشتر خواهد بود. با پذیرفتن پردازش shuffling، اطلاعات هر ناحیه تصویر متوسط گیری شده و اطلاعات یک شکلی از یک فریم تصویر بدست می آید.

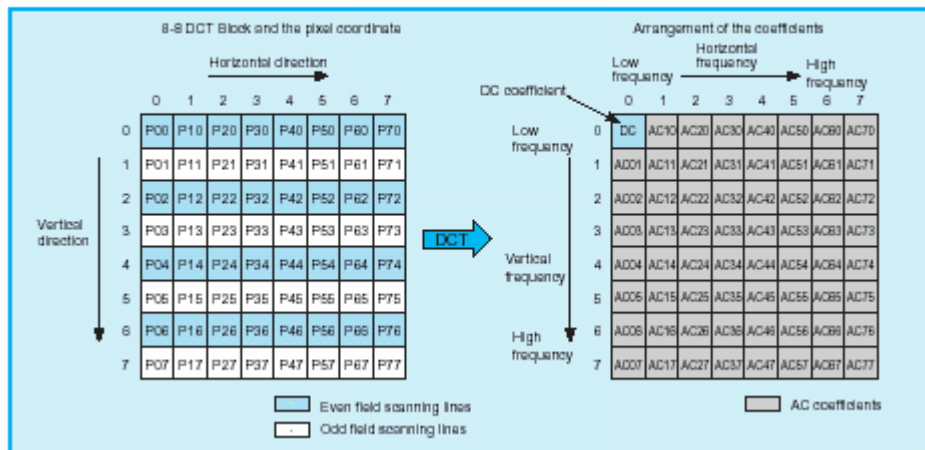
Figure 9 – Averaging data volume



فرآیند DCT:

بعد از پروسسهای blocking و shuffling هر بلوک پیکسل 8×8 به کدر DCT فرستاده می شود. این کدر پیکسل بلوکها را از حوزه زمان به حوزه فرکانس انتقال می دهد. در نتیجه این انتقال بلوکهای DCT، 8×8 با ضرایبی از انرژی برای هر فرکانس در هر بلوک بوجود می آید. که در شکل ۱۰ مشخص شده است. در بلوکهای DCT ضریب گوشه چپ بالا بنام ضریب DC نامیده می شود و بقیه ضرایب، ضرایب AC نامیده می شوند. هر چه از ضریب DC دورتر می شویم ضرایب AC کوچکتر می شوند که ارائه کننده فرکانس بالاتر هستند. و هر چه در جهت قطری از ضریب DC دورتر می شویم ضرایب AC کاهش می یابند و در نتیجه فرکانس افزایش می یابد. ضرایب پائینتر از ضریب DC در جدول ضرایب به ترتیب ارائه کننده فرکانسهای عمودی بالاتر از ضریب قبلی خود هستند و یا ضرایب سمت راست ضریب DC بیانگر فرکانس بالاتر از ضریب سمت چپ خود هستند.

Figure 10 – 8-8 DCT transform



بعضی از واقعیتهای اساسی درباره DCT عبارتند از :

- DCT هیچ چیزی را فشرده نمی کند بلکه دیتای ویدئو را برای واحد VLC (که فشرده سازی حقیقی در آن صورت می گیرد) آماده می کند .
 - در تبدیل DCT دیتای ویدئو از حوزه زمان به حوزه فرکانس انتقال می یابد . به این معنی که با این تبدیل ضرایب بدست آمده DCT دامنه سیگنال (یا دامنه پیکسل) را با دامنه خودشان در هر بلوک DCT عوض می کنند .
 - DCT یک پروسس Loss Less (بدون تلف) است که در آن دقت ضرایب حفظ می شوند .
 - در فرمتهای DVCAM/DV پیکسلهای 8 بیتی تبدیل به ضرایب ۱۰ بیتی DCT می شوند .
 - بیشتر طرحهای فشرده سازی از جمله MPEG-2 از روش DCT استفاده می کنند .
- مهمترین مسئله این است که بدانیم چرا ویدئو جهت فشرده سازی باید از حوزه زمان به حوزه فرکانس برود . در بیشتر تصاویر ویدئویی قسمتهای اصلی تصویر با بیشترین حجم متعلق به نواحی فرکانس پائین (منهای گرافیکهای بی نهایت شلوغ) است و حجم کمی متعلق به نواحی حاوی فرکانس بالاست. این به مفهوم آنست که بعد از تبدیل DCT ، ضرایب نزدیک به ضریب DC مقادیری بزرگتر از بلوک گوشه راست پائین (در بلوک DCT) دارند . شکل ۱۱ یک نمایه تصویری از نتایج تبدیل DCT است .

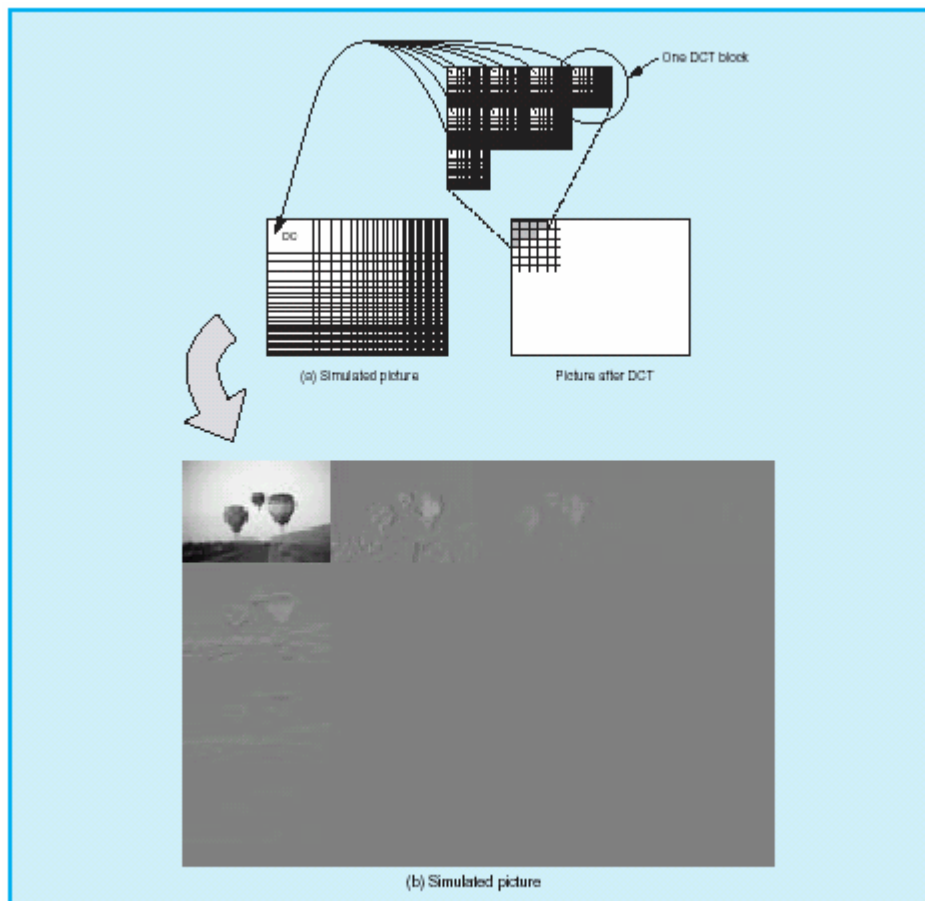


Figure 11 – DCT transform.

برای سادگی یک بلوک 4×4 در نظر گرفته شده . شیبه سازی به نوعی بکار رفته که تمام ضرایب (در هر بلوک DCT) با فرکانسهای مشابه افقی و عمودی در یک تصویر گرد آمده اند ، بطوریکه این فرکانسها در تمام صحنه ویدئو حضور دارند . این به مفهوم آنست که قسمت چپ و بالای تصویر فقط حاوی ضریب DC خواهد بود . توجه شود که بیشتر حجم ویدئو توسط این تصویر ارائه شده است و این مهم است که توجه شود که تصاویر دیگر حجم بسیار کوچکی از اطلاعات را در بر دارند . پس فهمیدن این موضوع بسیار آسان است که ضریب DC فرکانس پائین بسیار مهم است و باید بیتهای بیشتر و مهم را به آن اختصاص داد و در مقابل بیتهای کمتری را به ضرایب فرکانس بالا که اثر مهمی در تصویر اصلی ندارند اختصاص داد . پس دامنه سیگنال کرومینانس و لومینانس ویدئو ، نمونه برداری و کد می شود و تعداد مشابهی بیت برای یک تصویر یکنواخت بدون اطلاعات ، بخوبی یک تصویر شامل جزئیات با حجم زیاد اختصاص می یابد .

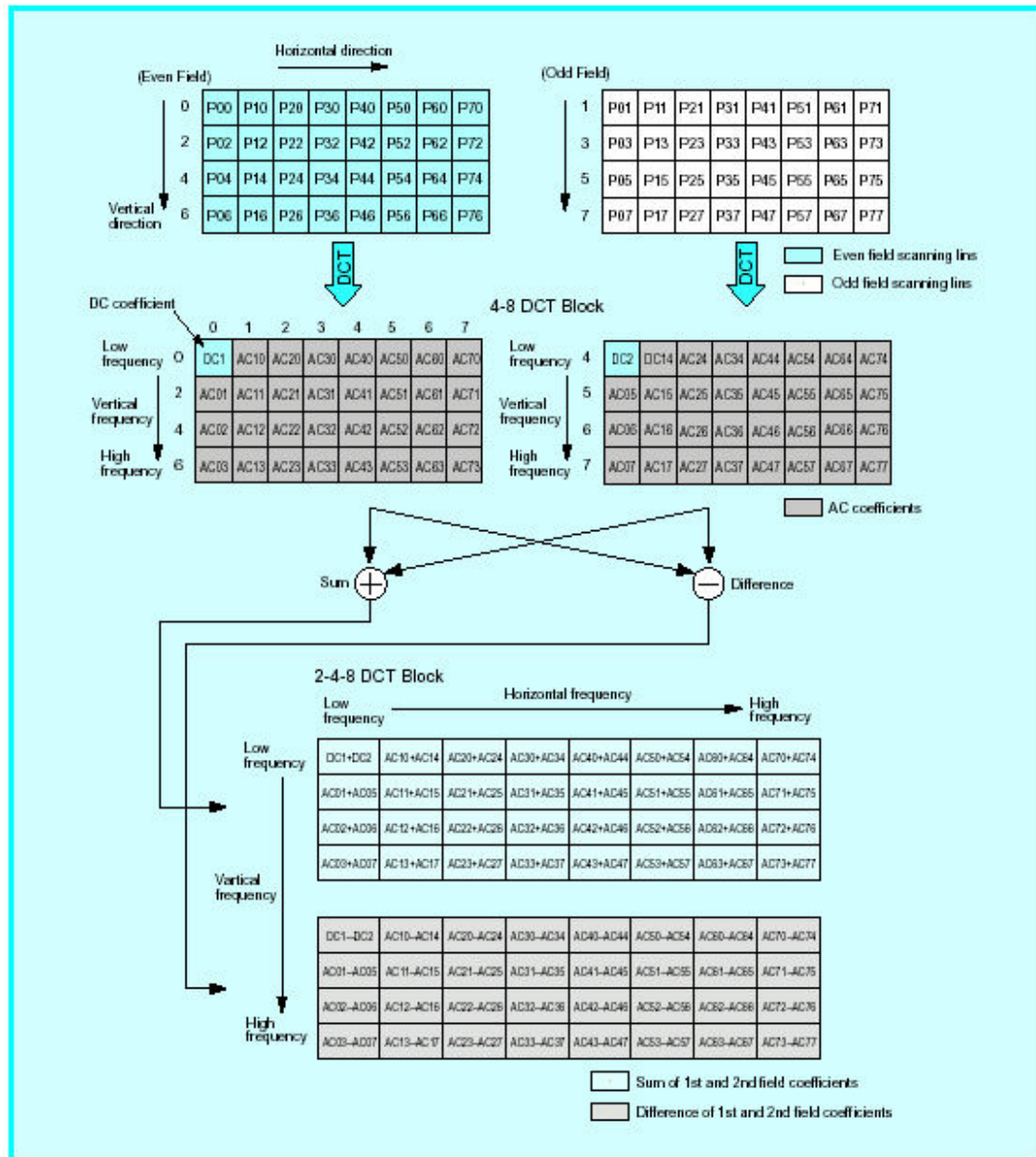
همانطوریکه قبلا ذکر شد کاربرد DCT در فشرده سازی برای تبدیل سیگنال ویدئو به مولفه های فرکانسی می باشد تا اینکه سیگنال ویدئو با بیتهای اختصاص یافته اش و بر حسب اینکه چقدر اطلاعات (هر فرکانسی) در تمام تصویر ارائه شده اند کد شوند . همانطوریکه توضیح داده شد در بیشتر سیگنالهای ویدئو قسمتهای اصلی اطلاعات تصویر در فرکانس پائین قرار دارد .

این به مفهوم آنست که در سیگنال ویدئو ، فرکانس پائین حیاتی تر و اساسی تر هستند و باید دقیقتر بازسازی شوند . از این رو تخصیص بیت‌های با رزولوشن بالاتر برای فرکانس های پائین اساسی تر است و روشن است که مولفه های فرکانسهای بالا ، اطلاعات کمتری را در تصویر ارائه می کنند و بسادگی می توان رزولوشن با بیت‌های پائین را به آنها واگذار کرد .

: Tow DCT Modes

چون فشرده سازی بر اساس intra-frame می باشد ، بنابراین دو روش DCT در فرمت‌های DVCAM/DV و بر اساس مقدار حرکت تصویر در یک فریم استفاده می شود . این دو روش عبارتند از :
DCT (8-8) و روش (2-4-8) DCT
روش (8-8) DCT زمانی انتخاب می شود که حرکتی نیست و اختلاف بین فیلدهای زوج و فرد بسیار کوچک است .
روش (2-4-8) DCT زمانی انتخاب می شود که حرکتی وجود دارد و اختلاف بین دو فیلد زوج و فرد زیاد می باشد .
این تکنیک ، انتخاب روش DCT ، جهت بدست آوردن کیفیت خوب تصویر، صرفنظر از اینکه تصویر حرکت دارد و یا ثابت است مهم می باشد .

Figure 12 – 2-4-8 DCT mode



فرآیند کوانتایزیشن :

در فرآیند کوانتایز برای محدود نمودن مقدار دیتا در یک ویدئو سگمنت ، هر ضریب AC انتقال یافته ، بر عددی صحیح و مشخص تقسیم می شود . هر ضریب AC بر عددی تقسیم می شود که توسط کوانتایزر تعیین می گردد و مقادیر آن یک جدول 8×8 با ضرایب برابر و یا بزرگتر از یک می باشند .

ضمنا مهم است که بدانیم :

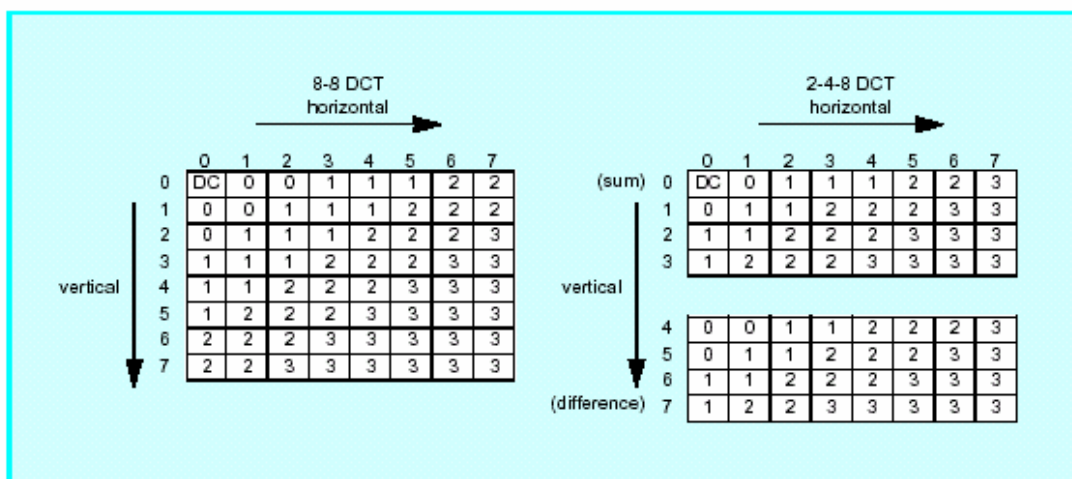
- فشرده سازی در دو پردازش کوانتایزینگ و VLC صورت می گیرد . اگر چه مینایست دقت نمود

که پردازش کوانتایزر توام با افت (LOSSY) می باشد و پروسس VLC بدون افت (Lossless)

است .

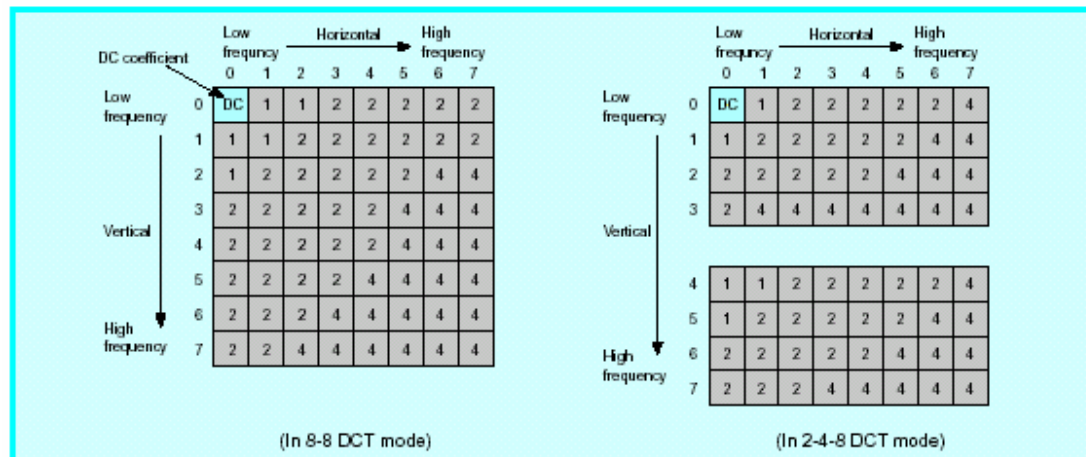
- پروسس کوانتایزینگ همچنین مقداربیت (bit budget) را برای دستیابی به نرخ انتقالی 25 Mb/s در انتهای عمل فشرده سازی در فرمتهای DVCAM/DV را کنترل می کند .
 در پروسس کوانتایزینگ ، ضریب DC کوانتایز نمی شود زیرا حاوی اصلی ترین محتویات تصویر است .
 ضرایب AC در کوانتایزر توسط یک Class Number و یک Quantization Number تعیین می شوند که در شکل ۱۴ و جدول ۵ مشاهده می شود .
 Class Number با توجه به تخمین (Estimation) از میزان فعالیت و درجه بندی (Picture Gradation) هر بلوک DCT تعیین می شوند . از طرف دیگر Quantization Number تعیین می کند که نرخ بیت از مقدار مجازی که Class Number مشخص کرده افزایش نیابد .
 ضرایب در کوانتایزر توسط بکارگیری جدول ۵ و شکل ۱۳ تعیین می شوند .
 جدول ضرایب کوانتایزر توسط Areas Number ارائه می شود ، که شامل مقادیر ۳ تا ۰ می باشد .
 مکانهای با شماره مشابه ضرایب مشابه دارند .

Figure 13 – Area numbers



این Area number ها مطابق جدول ۵ می باشند . برای مثال اگر Class number ، 2 باشد و Quantization number ، 10 باشد . ضرایب در جدول کوانتایزر در شکل ۱۴ نشان داده می شوند .

Figure 14 – Example of using quantizer



توجه شود که اگر فعالیت بزرگ باشد یک Class number بزرگ انتخاب می شود به این معنی که میکرو بلوکها با فعالیت بزرگتر ، تقسیم به اعداد بزرگتر می شوند ، زیرا آنها حتی با کوانتایزر زیاد ، اعوجاج کمتری دارند .

از طرف دیگر برای نواحی با فعالیت کوچکتر ، مانند شبیه‌های نرم ، کوانتایز ملایم عمل می کند چون اعوجاج بیشتر نمایان است .

در بعضی موارد کوانتایزینگ ، یک Class number کوچکتر بکار می گیرند . مثلا توجه شود که زمانیکه Class number 3 انتخاب می شود ، قبل از کوانتایزینگ ، هر ضریب AC در جدول ۵ یک بیت شیفت پیدا می کند .

علت شیفت 3 Class number در جدول ۵ دیده می شود . بعد از کوانتایزینگ و VLC نرخ بیت بدست آمده در فرمتهای DVCAM/DV دارای نرخ معادل 25 Mb/s خواهد بود .

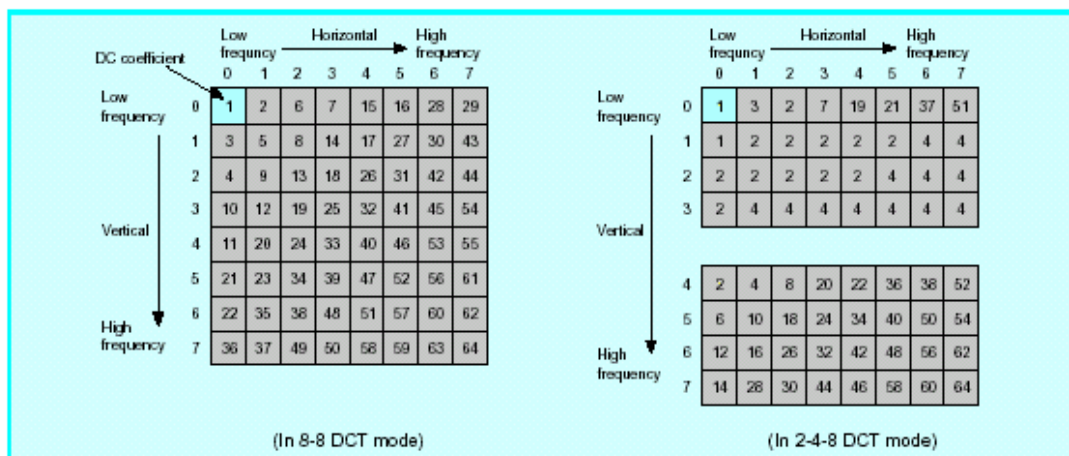
Table 5 – Quantization step

Quantization number (QNO)	Class number				Area number			
	0	1	2	3	0	1	2	3
15					1	1	1	1
14					1	1	1	1
13					1	1	1	1
12	15				1	1	1	1
11	14				1	1	1	1
10	13			15	1	1	1	1
9	12	15	14		1	1	1	1
8	11	14	13		1	1	1	2
7	10	13	12		1	1	2	2
6	9	12	11		1	1	2	2
5	8	11	10		1	2	2	4
4	7	10	9		1	2	2	4
3	6	9	8		2	2	4	4
2	5	8	7		2	2	4	4
1	4	7	6		2	4	4	8
0	3	6	5		2	4	4	8
	2	5	4		4	4	8	8
	1	4	3		4	4	8	8
	0	3	2		4	8	8	16
		2	1		4	8	8	16
		1	0		8	8	16	16
		0			8	8	16	16

: Variable Length Coding (VLC)

همانطوریکه قبلا ذکر شد ، فشرده سازی حقیقی در پروسس VLC صورت می گیرد . پروسس VLC ، ضرایب AC با طول ثابت کوانتایز را به Code word هایی با طول متغییر تبدیل می کند . بعد از پروسس کوانتایزر ، ضریب DC و ضرایب AC مرتبط با آن از کوانتایزر خارج می شود .

Figure 15 – Coefficient readout order (zigzag scan).



این روش بنام اسکن زیگزاگ (Zig Zag) معروف می باشد .

ضرایب AC خروجی متناسب با فرکانسهایشان می باشند و توجه شود که ضرایب DC و AC بطور جداگانه کد می شوند .

نتایج اسکن زیگزاگ در خروجی ضرایب AC بشکل یک Run می باشد که یک دنباله (stream) متوالی از ضرایب AC هستند و مقادیر مشابه دارند.

در بیشتر موارد ضرایب AC نزدیک گوشه چپ پائین ، بلوک کوانتایز شده صفر هستند و یک ردیف از صفرها شکل می گیرد .

کدهای VLC هر Zero Run (ردیف صفرها) مربوط به ضرایب AC تا ضریب AC غیر صفر بعدی تغییر می کنند . هر code word یک run معرفی می کند و توسط طول zero run و دامنه ضرایب AC غیر صفر که آنرا دنبال می کند تعیین می شوند . برای مثال یک بلوک DCT فرض کنید که فعالیت زیادی ندارد و فرض کنید که بعضی از ضرایب AC صفر هستند .

Table 6 – Length of codewords

Run length	Amplitude																									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	255
0	11	2	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	15	15
1	11	4	5	7	7	8	8	8	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12								
2	12	5	7	8	9	9	10	12	12	12	12	12														
3	12	6	8	9	10	10	11	12																		
4	12	6	8	9	11	12																				
5	12	7	9	10																						
6	13	7	9	11																						
7	13	8	12	12																						
8	13	8	12	12																						
9	13	8	12																							
10	13	8	12																							
11	13	9																								
12	13	9																								
13	13	9																								
14	13	9																								
15	13																									
61	13																									

Note 1: Sign bit is not included. Note 2: The length of EOB = 4

اگر طول ردیف صفرها ۵ باشد و دامنه ضرایب AC غیر صفر بعد از ردیف صفرها ۱ باشد طول code word آن ۷ بیت می شود . یک بیت علامت نیز که به آن اضافه شود code word به ۸ بیت تبدیل می شود . بیت علامت با S نشان داده می شود .

code word واقعی تعیین شده در جدول ۷ نشان داده شده است . توجه شود که این جدول فقط قسمتی از جدول code word کامل می باشد .

ستون مشخص شده ، code word انتخاب شده را زمانیکه طول ردیف صفرها ۵ و ضرایب AC غیر صفر ۱ باشند نشان می دهد . حاصل این code word عدد (1101000S) می باشد که یک عدد ۸ بیتی است . توجه کنید چنانچه دیتای اصلی قبل از پردازش ۵۴ بیت بود (۶ ضریب AC x ۹ بیت) ، درک آن بسیار ساده است که چگونه بلوکهای DCT با کمی فعالیت می توانند بطور موثر و با استفاده از پروسس VLC فشرده شوند . این روش بنام روش کدینگ دو بعدی اصلاح شده هافمن (Huffman) نامیده می شود

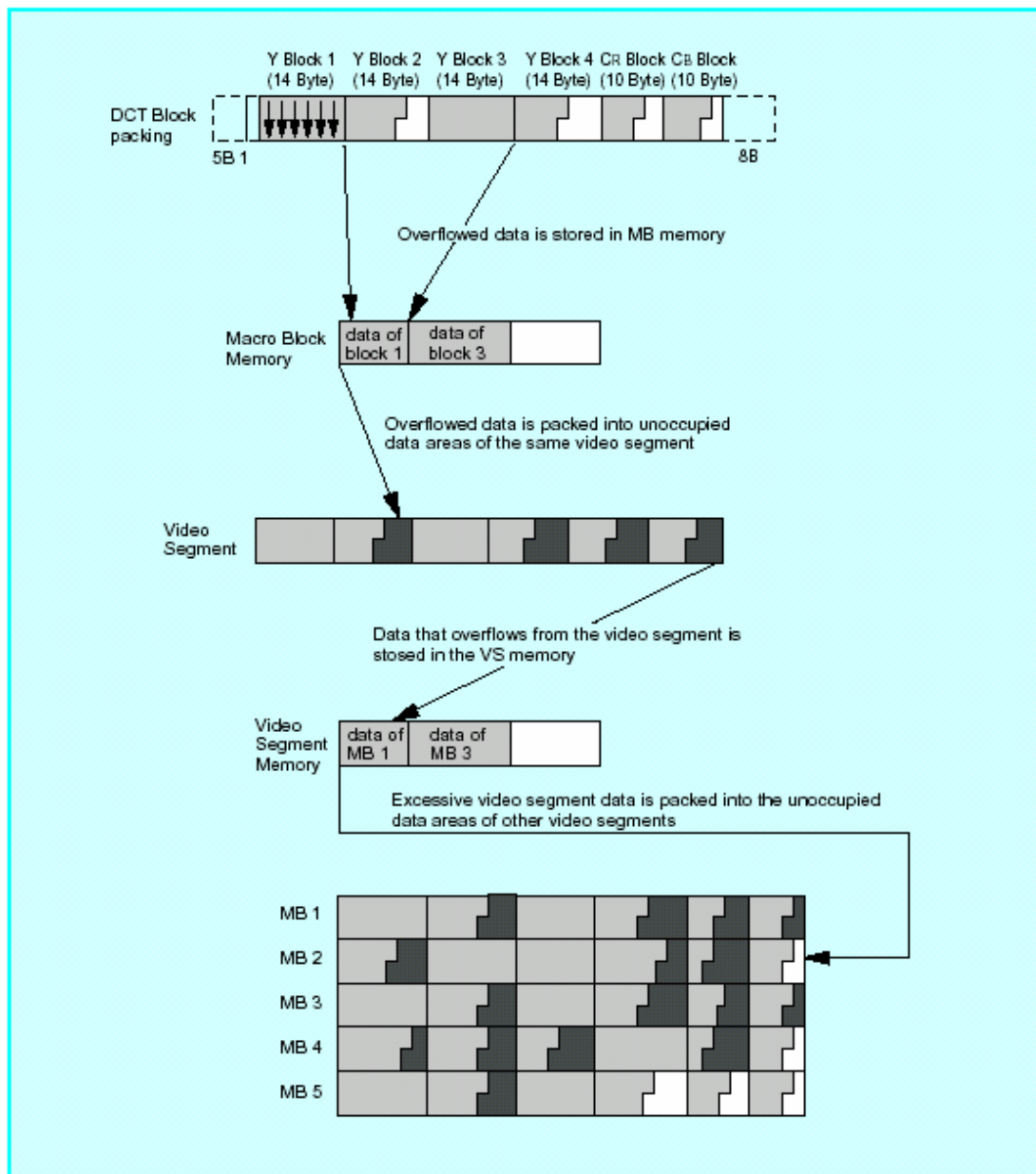
Table 7 – Modified 2-dimensional Huffman coding

(run, amp)	Code	Length	(run, amp)	Code	Length	
0 1	00s	2+1	5 1	1101000s	7+1	
0 2	010s	3+1	6 1	1101001s		
EOB	0110	4	2 2	1101010s		
1 1	0111s	4+1	1 3	1101011s		
0 3	1000s		1 4	1101100s		
0 4	1001s		0 9	1101101s		
2 1	10100s	5+1	0 10	1101110s		
1 2	10101s		0 11	1101111s		
0 5	10110s		7 1	11100000s		8+1
0 6	10111s		8 1	11100001s		
3 1	110000s	9 1	11100010s			
4 1	110001s	10 1	11100011s			
0 7	110010s	6+1	⋮	⋮	⋮	
0 8	110011s		⋮	⋮	⋮	

: Framing

طول (دیتا ریت) دنباله دیتای فشرده شده بعد از اسکن زیگ زاگ و VLC برای هر DCT کوانتایز شده مشابه نیست . زیرا هر بلوک اصلی DCT محتویات مختلفی از تصویر را دارند . به این مفهوم که طول دنباله دیتای فشرده شده برای هر میکرو بلوک مشابه نیست . همانطور که قبلا ذکر شد نرخ بیت ثابت 25 Mb/s تنها در سطح ویدئو سگمنتها بدست می آید و نه روی بلوک DCT و یا سطح میکرو بلوکها . از طرف دیگر با آرایش مناسب دیتا در دنباله فشرده سازی شده ، خروجی ثابت 25 Mb/s قابل دستیابی است . به این پردازش framing نامیده می شود . پردازش framing در شکل ۱۶ نشان داده شده است .

Figure 16 – Arrangement of a compressed macro block



همانگونه که در شکل ۱۶ نشان داده شده است ، الگوریتم فریمینگ شامل سه مرحله می باشد (این پردازش داخل یک حافظه قبل از اینکه روی نوار ضبط شود ، انجام میشود) .

مرحله ۱ :

دیتای دنباله فشرده شده مربوط به هر بلوک DCT (بصورت ۱۴ بیتی) با ترتیب دنباله های Y1-Y4 و CR و CB ، در حافظه مربوطه قرار می گیرد . همانطور که شرح داده شد ، اندازه دیتا (طول آن) برای هر دنباله متغییر می باشد و بعضا نمی تواند ۱۴ بایت در مکان اختصاص یافته جای گیرد و overflow می شود ، در حالیکه بقیه ممکن است جای خود را بطور کامل اشغال نکنند .

مرحله ۲ :

دیتای سرریز شده از حافظه ۱۴ بایتی مرحله اول ، روی یک حافظه میکرو بلوک ذخیره می شوند . این دیتا سپس در میکرو بلوکهای نواحی ۱۴ بایتی مشابه دیگری که کاملاً اشغال نشده اند جای می گیرند .
مرحله ۳ :

اگر دیتا بعد از مرحله دوم نیز سرریز شود این افزایش دیتا در یک حافظه ویدئو سگمنت ذخیره می گردد . این افزایش دیتا بعداً در سایر میکرو بلوکهای دنباله دیتا که پر نشده اند ذخیره می شوند .
با کاربرد این سه مرحله ، دیتای خروجی از مرحله پردازش VLC در حد ۵ میکرو بلوک متوسط گیری میشود تا نرخ بیت 25 Mb/s بدست آید .

: Video Product Block

بعد از پردازش فریمینگ ، پردازش de-shuffling انجام میشود و دنباله های میکرو بلوک مجدداً در جای اصلی خودشان (در جایگاه خودشان در پروسس blocking) آرایش داده می شوند . اگر چه میکرو بلوکهای اصلی بصورت پیکسل بلوکهای 8 X 8 شکل گرفته بودند ، لذا بعد از پردازش de-shuffle آنها دنباله دیتای فشرده شده هستند که محتوای تصویر هر میکرو بلوک را معرفی می کنند .
قبل از ضبط روی نوار، دنباله میکرو بلوکهای فشرده شده برای شکل گیری product block به یک حافظه خوانده میشوند .

خواندن دنباله میکرو بلوکها در حافظه Production Block بترتیب شکل ۱۷ و نتایج product block در شکل ۱۸ نشان داده شده اند .

Production block در شکل ۱۸ دیتای قابل ضبط بر روی یک تراک ویدئو را نشان می دهد . برای دیتای ویدئو 77 ستون و 135 ردیف وجود دارد . دنباله دیتای فشرده شده از یک میکرو بلوک (77 بایتی) روی یک ردیف ذخیره می گردند . برای یک تراک 135 میکرو بلوک وجود دارد ، بنابراین 135 ردیف نیز وجود دارد . علاوه بر اینها سه ردیف هم برای دیتای ویدئوی کمکی (VAUX) وجود دارد .

هر ردیف با نام بلوک سینک (sync block) شامل یک سیگنال سینک ، یک سیگنال شناسایی (ID) و دیتای ویدئو و سیگنالهای Parities (تصحیح خطای) داخلی می باشد . همانطوریکه در شکل نشان داده می شود هر ردیف با سیگنال سینک شروع می شود . بنابراین همزمانی صحیح حتی در حالتی که خطای بزرگی دیده می شود حفظ و نگهداری شود .

بخش ID ، اطلاعاتی شبیه Frame Sequence Number (شماره توالی فریمها) ، شماره تراک و آرایش یک بلوک سینک درون یک تراک را مشخص می کند .

کدهای پیریتی داخلی جهت تصحیح خطاهایی بکار می روند که حتی بعد از تصحیح خطای خارجی نیز باقی هستند .

Figure 17 – Readout order (525-60 system).

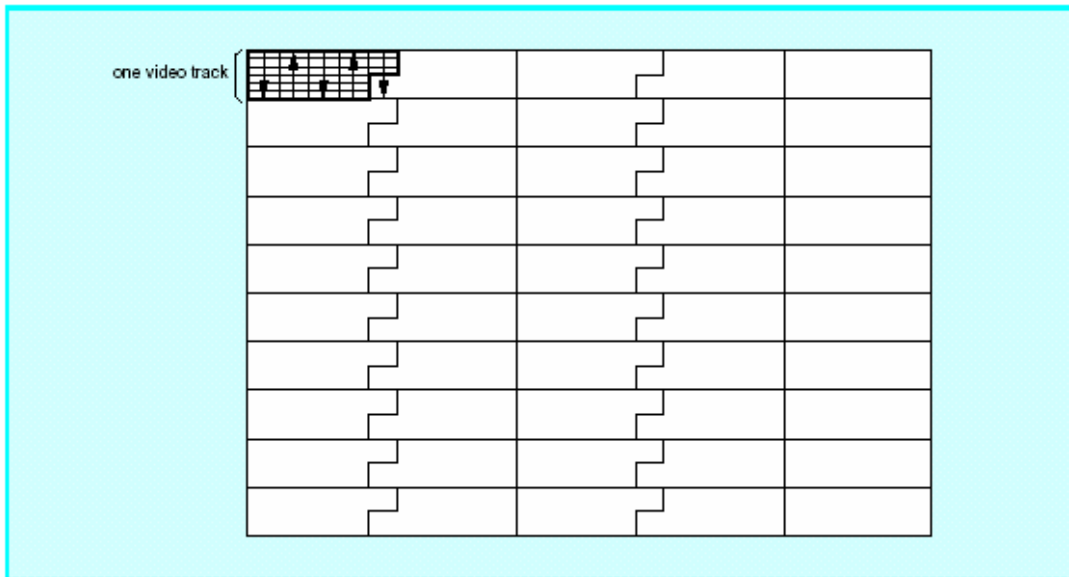
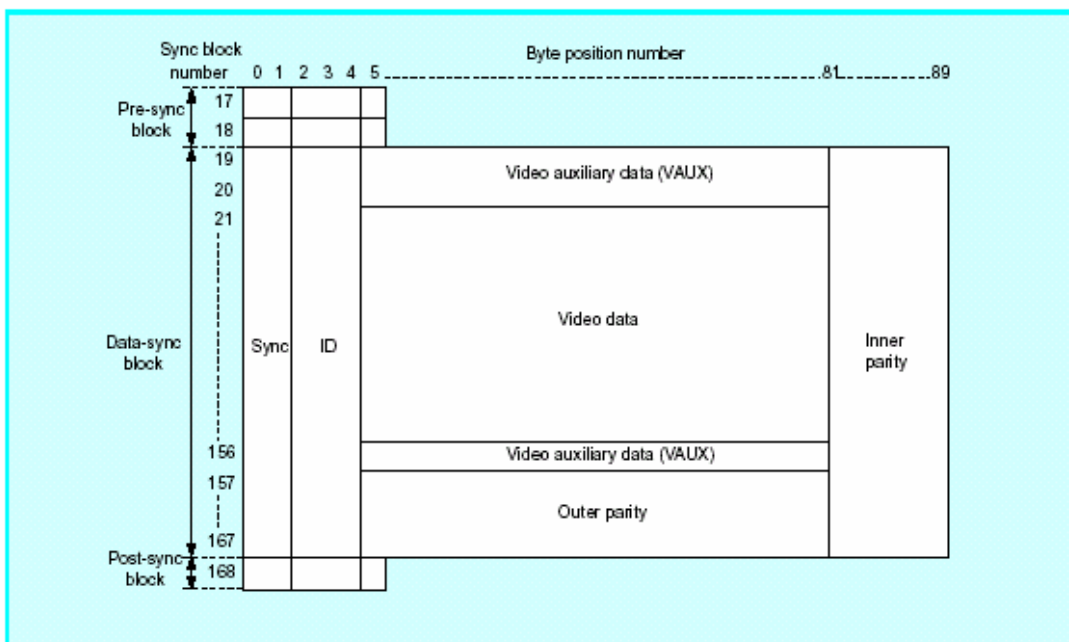


Figure 18 – Structure of video sector



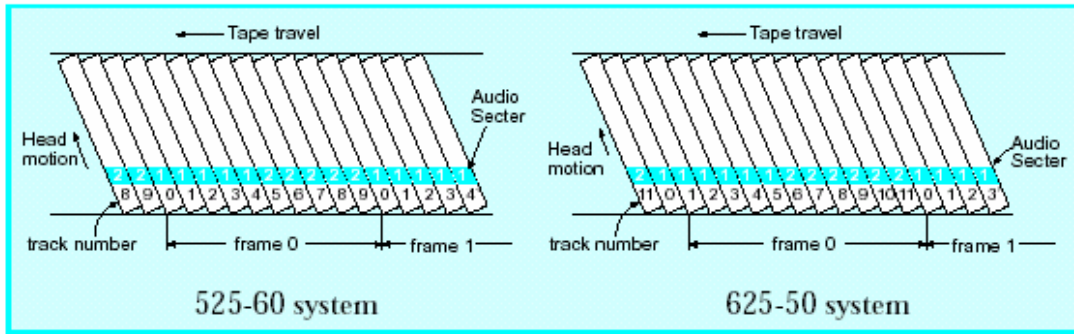
: Video Auxiliary Data

زمانیکه product block ویدئو ساخته شد ، دیتای کمکی ویدئو (VAUX) با دیتای ویدئوی فشرده شده مالتی پلکس می شود و دیتای متنوعی را برای کاربر تدارک می بیند که بر روی نوار ضبط می شود . بعضی از مثالهای کاربردی متعاقبا ذکر می شود .

: Audio Signal Processing

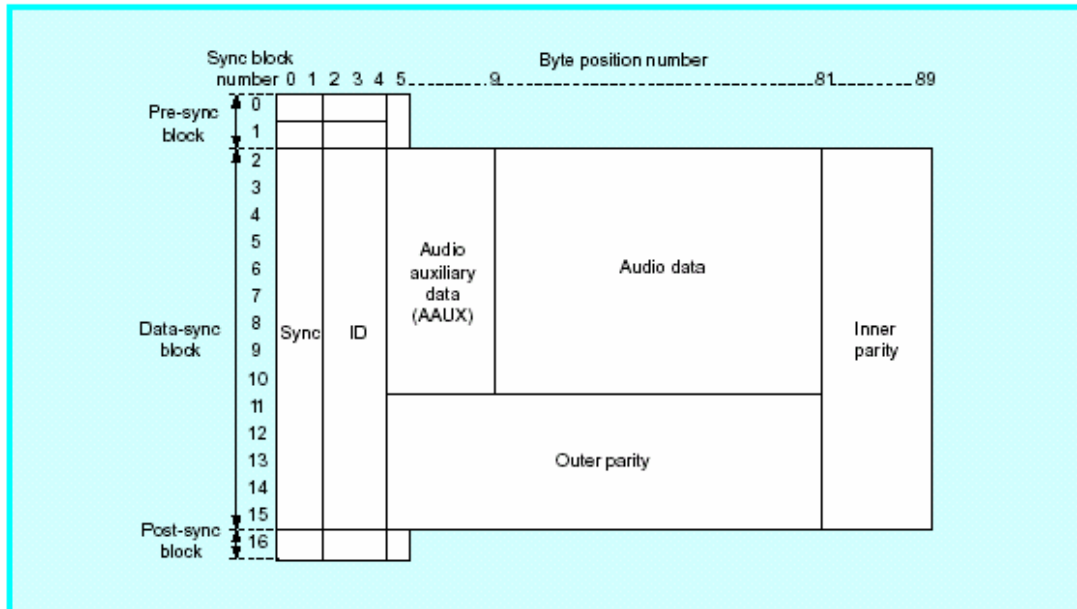
سیگنال صدا بر روی دو بلوک صدا ضبط می شود ، هر بلوک بطور مستقل و بصورت مشابه پروسس می شوند . هر بلوک صدا متشکل از ۵ سکتور در پنج تراک متوالی در سیستم 525 و شش سکتور در شش تراک متوالی در سیستم 625 است . شکل ۱۹ جایگاه اختصاص یافته برای تراکهای صدا را نشان می دهد .

Figure 19 – Audio track allocation



هر سکتور صدا در یک بلوک تولید (Product Block) متشکل از 77 ستون در 9 ردیف می باشد . توجه شود که طول یک ردیف در بلوک تولید (one sync block) ، برابر ویدئو آن است . از همان طول بلوک سینک برای سادگی مدارات پردازش انتخاب می شود . همانند ویدئو ، دیتای کمکی صدا (AAUX) با هر سکتور صدا در product block مالتی پلکس می شوند .

Figure 20 – Structure of audio sector



چون صدا به خطاهای انبوه (برست) حساس است ، نمونه های صدا (samples) قبل از اینکه دیتای تصحیح خطا به product block اضافه بشود داخل بلوک صدا Shuffle می شوند . کدهای پریتنی تصحیح خطای داخلی و کدهای تصحیح خطای خارجی از دیتای صدا حفاظت می کنند .

روشهای کدینگ صدا Audio encoding mode :

روشهای کدینگ صدا در هر بلوک تعریف میشوند . آنها به موارد زیر دسته بندی می شوند :

- فرکانسهای نمونه برداری
- بیت رزولوشن
- تعداد کانالهای صدا در بلوک صدا

این استاندارد دو نوع صدای کد شده را فراهم می کند که پارامترهای آن در جدول ۸ آمده است . در روش 48 KHZ یک کانال صدا روی هر یک از دو بلوک صدا ضبط می شود که در نتیجه یک جفت صدای استریو نمونه برداری شده در فرکانس 48 KHZ بدست می آید . دیتای کد شده توسط 2 سیگنال مکمل با رزولوشن خطی ۱۶ بیت ارائه می شود . در روش 32 KZ /2-CH دو کانال سیگنال صدا روی دو بلوک صدا ضبط می شوند که در نتیجه دو جفت صدا با فرکانس نمونه برداری 32 KHZ (چهار کانال) بدست می آید . دیتای کد شده در این حالت بصورت 2s complement با رزولوشن غیر خطی ۱۲ بیت کد می شود .

Table 8 – Construction of audio block

Audio block		CH1	CH2
Track position	525-60 system	Track 0 to 4	Track 5 to 9
	625-50 system	Track 0 to 5	Track 6 to 11
Encoding mode	2-ch audio	48-kHz mode	48-kHz mode
	4-ch audio	32-kHz/2-ch mode	32-kHz/2-ch mode

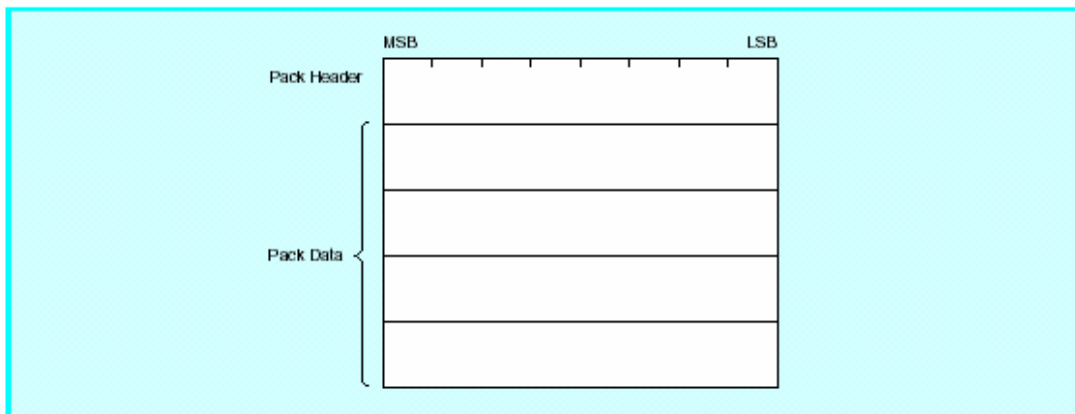
سیستم دیتا system data :

در فرمت DVCAM ، دیتا در سکتورهای subcode ، ویدئو ، Audio و ITI (Insert & track information) بصورت تراکهای Helical ضبط می شود .

: System Data Pack Structure

فرمتهای DVCAM/DV برای ذخیره سازی دیتای سیستم ساختار (Pack) با طول ثابت (Fixed length pack) را پذیرفته اند . ساختمان این pack ، برای کاهش پیچیدگی سخت افزار و جهت ذخیره سازی و باز خوانی اطلاعات بهینه شده است . یک pack از پنج بایت ساخته شده است که بایت اول pack header می باشد و چهار بایت بعدی دیتای حقیقی مرتبط با نام pack یا دیتای pack هستند .

Figure 21 – Pack structure



هر pack هشت بیت header دارد . مهمترین بخش از چهار بیت pack header مربوط به upper header است . یک گروه pack 16 را با چهار بیت کم ارزش می توان برای یک upper header برگزید . Pack یک ترکیب لایه ای دارد . استفاده از تخصیص بیت برای تا سه سطح از لایه ها مجاز است .

Figure 22 – Three levels of layer

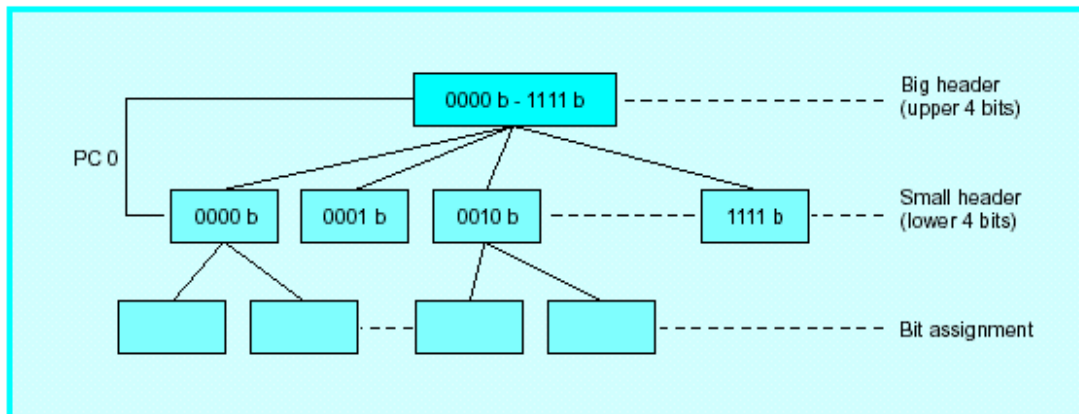


Table 9 – Pack group

Big header	Group name	Contents
0	Control	Pack related to video control
1	Title	Pack related to title
2	Chapter	Pack related to chapter
3	Part	Packrelated to part
4	Program	Pack related to program
5	AAUX	Pack related to Audio AUX
6	VAUX	Pack related to Video AUX
7	Camera	Pack related to camera
8	Line	Pack related to horizontal line
9-Eh	Reserved	Reserved
F	Soft mode	Pack related to option

بخشهای بعدی خلاصه دیتای سیستم DVCAM می باشد .

- Sub Code :

- تایم کد و گروه اطلاعات با اطلاعات باینری روی sub sector ضبط می شوند که حجم آن با استاندارد تایم کد SMPTE/EBU مطابقت می کند .

- AAUX :

منبع صدا و اطلاعات کنترل منبع صدا در ناحیه AAUX در یک سکتور صدا ضبط می شوند . محتویات منبع صدا و اطلاعات کنترل منبع به شرح زیر می باشند :

× شریط لاک برای فرکانس نمونه برداری صدا و سیگنال ویدئو locked mode flag

× تعداد نمونه های صدا در هر فریم audio frame size

× سیستم فیلهای ۵۰ یا ۶۰ signal type information

× sapling frequency 32 KHZ , 48 KHZ

× ۱۶ یا ۱۲ بیت quantization

- VAUX :

منبع ویدئو و کنترل منبع ، زمان / تاریخ ضبط و اطلاعات closed caption بر روی VAUX در سکتور

ویدئو ضبط می شوند . محتویات منبع ویدئو / اطلاعات کنترل منبع بشرح زیر می باشند :

- سیستم های ۵۰ یا ۶۰ signal type information

- نسبت تصویر display select mode information

واسطه ها Interfaces :

جهت بدست آوردن احتیاجات مختلف ، سیستم DVCAM اینتر فیسهای دیجیتال بشرح زیررا عرضه کرده است .

: SDI

SDI ، اینتر فیس دیجیتال استاندارد جهت انتقال ویدئو و دیتای صدا غیر فشرده در real time می باشد . DVCAM ، سیگنالهای ویدئو دیجیتال 4:2:2 و چها کانال صدای دیجیتال را ارائه می کند .

ویدئو MPEG2) و سپس به همراه دیتای سیستم و صدا در اینتر فیس SDTI-CP جای می گیرد. این اینتر فیس نه فقط قابلیت اتصال به منابع DVCAM را دارد ، بلکه پلی است از خانواده DV 25 Mb/s به MPEG جهانی .

واسطه I . Link :

این یک اینتر فیس سریع سریال دیجیتال است که حامل ویدئو ، صدا ، دیتای سیستم و سیگنالهای کنترل می باشد . I Link قادر به dubbing بین دو VTR یا عمل ادیت از طریق اتصال یک کابل (بدون نیاز به کابل کنترل RS- 422A) است .

تحت مشخصات جاری این استاندارد ، ارسال بیشتر از 400 Mb/s هم امکان دارد . و 100 Mb/s آن برای اینتر فیسهای DVCAM و DV استفاده می شود . اینتر فیس I link برای DVCAM مبنای استانداردهای زیر می باشد .

6-2 SDTI (QSDI)

The SDTI (QSDI) interface is for transferring compressed video data, uncompressed audio data and system data such as timecode, video and audio AUX data. SDTI (QSDI) is very useful for dubbing and connection with nonlinear editing systems, because the video data is transferred as compressed data with no quality degradation and reduced codec delay.
SDTI (QSDI) interface for DVCAM is standardized as SMPTE 322M.

6-3 SDTI-CP

Interconnectivity between systems with different compression formats is highly important in future operations.
Versions of DVCAM equipment support the SDTI-CP interface to feed MPEG-2 production systems.
In order to interface to MPEG systems, the DVCAM data is first transcoded to produce MPEG-2 Video Elementary Stream data which is then placed in the SDTI-CP interface together with audio and system data.
This interface not only has the capability to feed DVCAM sourced material but also becomes a bridge from the DV family 25 Mb/s format to the MPEG world.

6-4 i.LINK

i.LINK is a high-speed digital serial interface which carries video, audio, system data and control signals. i.LINK enables dubbing between two VTRs or editing operations via a single cable connection without the need of an RS-422A control cable.
Under the current specifications of its standards, transmission at up to 400 Mb/s is possible. 100 Mb/s is used for the DV and DVCAM interfaces.
The i.LINK interface for DVCAM is based on the following standards.

1. 1394-1995 IEEE Standard for a High Performance Serial Bus
2. AV/C Protocol
 - 2-1. IEC 61883-1 (1998-02) Ed. 1.0 Consumer audio/video equipment - Digital interface
 - Part 1: General
 - 2-2. IEC 61883-2 (1998-02) Ed. 1.0 Consumer audio/video equipment - Digital interface
 - Part 2: SD-DVCR data transmission
3. DV format documents
 - 3-1. IEC 61834-1 (1998-08) Ed. 1.0
Recording - Helical-scan digital video cassette recording system using 6.35 mm magnetic tape for consumer use (525-60, 625-50, 1125-60 and 1250-50 systems)
 - Part 1: General specifications
 - 3-2. IEC 61834-2 (1998-08) Ed. 1.0
Recording - Helical-scan digital video cassette recording system using 6.35 mm magnetic tape for consumer use (525-60, 625-50, 1125-60 and 1250-50 systems)
 - Part 2: SD format for 525-60 and 625-50 systems
4. AV/C Digital Interface Command Set
 - 4-1. AV/C Digital Interface Command Set General Specification Version 3.0
TA Document 1998003
 - 4-2. AV/C Tape Recorder/Player Subunit Specification Version 2.1
TA Document 1998012

مرجع استفاده شده :

Sony DVCAM White Paper

