

К статье 4.10 Блока 4. Печать на А4.

1. Энтропийный кодер по кодекам

Кодек	Кодер	Алфавит	Контексты	Адаптация	К предыдущему
MPEG-2 (1995)	Static Huffman	VLC	нет	нет	baseline
H.264 Baseline	CAVLC	VLC	5 таблиц	выбор таблицы	~5% к MPEG-2
H.264 High	CABAC	binary bins	~460	64-state per-slice	~10–15% к CAVLC
HEVC (2013)	CABAC	binary bins	~500	64-state per-slice	~6–8% к H.264 CABAC
AV1 (2018)	Range coder	до 16/симв.	~1000	per-symbol	~3–5% к HEVC
VVC (2020)	CABAC	binary bins	~700	multi-rate	~2% к HEVC

2. CAVLC и CABAC — коротко

CAVLC — пять коротких шагов: coeff_token, знаки trailing-ones, levels, total_zeros, run_before.

— Целые биты на символ; выбор таблицы зависит от только что закодированного.

— Дёшево парсится: несколько тактов на блок коэффициентов. Хорошо параллелится.

CABAC — три стадии: бинаризация, context modelling, binary arithmetic coding.

— Дробные биты на символ; в пределах 1% от предела энтропии.

— Серийная пропускная способность: один бин на 10–20 тактов. Главное узкое место 4K hardware.

3. Range coder AV1 — что изменилось после CABAC

Кодер из Daala (Mozilla / xiph), arxiv.org/abs/1608.01947.

Multi-symbol: до 16 значений алфавита в одном вызове движка (без бинаризации).

Per-symbol-адаптация вероятностей — таблица обновляется после каждого закодированного символа.

Несколько frame_context_idx таблиц в памяти; одна выбирается per-frame, чтобы ловить сценоразделы.

Эквивалентно ~4 бинарным бинам на вызов. Меньше тактов на пиксель, чем у CABAC.

Платить приходится on-chip памятью под контекстные таблицы. Hardware AV1 рос медленно.

4. VVC — маленькие, но реальные доработки CABAC

Multi-rate probability estimator — две параллельные rate-дорожки на контекст.

Bes estimator-a подбираются под текущий QP; точнее отслеживание вероятностей на высоком битрейте.

Context modelling для коэффициентов привязан к состоянию dependent quantization.

Чистый выигрыш энтропийной стадии к HEVC: примерно 2% битрейта при том же качестве.

5. Live-стриминг: подсказки для дебага

Блочный мусор от tune-in до конца slice (HEVC): не пересекай CABAC в slice-заголовке.

Первые кадры после seek рассыпаются (H.264 High): cabac_init_idc не учтён.

AV1 OK в dav1d, ломается в плеере X: не все frame_context_idx таблицы реализованы.

Медленный декод VVC на низком QP: dependent-Q заставляет обновлять контекст последовательно.

Файлы на 5% больше плана: проверьте, что включён High (CABAC), а не Baseline.