

屏幕图像压缩中串复制位移参数的高效编码算法

赵利平^{1),2)} 林 涛¹⁾ 周开伦¹⁾

¹⁾(同济大学超大规模集成电路研究所 上海 200092)

²⁾(嘉兴学院数理与信息工程学院 浙江 嘉兴 314000)

摘 要 位移(Offset)参数是帧内串复制(ISC)算法中复制参数的重要组成部分,用来表示当前待编码或解码像素串与参考像素串之间的位置关系. 如何对 Offset 参数进行有效编码成为 ISC 算法中提高屏幕图像编码(SCC)效率的一个核心问题. 为了消除现有 Offset 参数编码算法中的冗余,根据 Offset 参数的统计特性和找出 Offset 参数之间以及 Offset 参数与其他编码参数之间的相关性,提出了改进的 Offset 参数编码算法. 该算法主要由 Offset 联合编码方案、水平扫描时 *OffsetX* 映射方案和截断 2 阶指数哥伦布编码方案组成. 实验结果表明,对于 SCC 标准测试数据集中的视频序列,提出的 Offset 参数编码算法与现有的算法相比,在几乎没有增加编解码复杂度的前提下,对于全帧内(AI)、随机接入(RA)、低延迟(LB) 3 种编码配置,有损 BD-rate 平均降低率分别可达 2.1%、1.5%、1.4%;无损 Bit-rate 总节省率分别可达 1.8%、1.1%、1.1%,能有效提高编码效率.

关键词 视频编码; 复合图像; 高效视频编码; 屏幕图像编码; 帧内复制编码; 位移矢量; 熵编码

中图法分类号 TN919 DOI号 10.11897/SP.J.1016.2017.01218

An Efficient ISC Offset Parameter Coding Algorithm in Screen Content Coding

ZHAO Li-Ping^{1),2)} LIN Tao¹⁾ ZHOU Kai-Lun¹⁾

¹⁾(*Institute of Very Large Scale Integration, Tongji University, Shanghai 200092*)

²⁾(*School of Mathematics, Physics and Information Engineering, Jiaxing University, Jiaxing, Zhejiang 314000*)

Abstract Offset parameter is an important part of copy parameters in Intra String Copy (ISC) algorithm. Offset specifies the position displacement vector between the current string to be encoded or decoded and the reference string. In order to improve the coding efficiency of screen content, how to efficiently code the Offset parameters in ISC becomes a key issue. As the Offset parameters exhibit some unusual statistical characteristics and correlations between Offset parameters or correlations among Offset parameters and other coding parameters, there are some redundancies in existing Offset parameter coding algorithm. Therefore, an improved Offset parameters coding algorithm which consists of a joint Offset parameters coding scheme, an *OffsetX* mapping scheme in horizontal-scanned coding units, and a truncated 2th order Exp-Golomb binaryzation scheme is proposed in this paper to eliminate those redundancies. Compared with the existing Offset parameter coding algorithm, experimental results show that, for the HEVC SCC test sequences, the proposed algorithm achieves the BD-rate reduction up to 2.1%, 1.5%, 1.4% for All Intra(AI), Random Access(RA) and Low-delay B(LB) configurations in lossy coding, respectively, the Bit-rate saving up to 1.8%, 1.1%, 1.1% for AI, RA, LB configurations in lossless coding, respectively, at very little additional encoding or decoding complexity.

Keywords video coding; compound image; high efficiency video coding; screen content coding; intra copy coding; displacement vector; entropy coding

收稿日期:2015-11-17;在线出版日期:2016-03-28. 本课题得到国家自然科学基金(61601200,61271096)、高等学校博士学科点专项科研基金博导类资助课题(20130072110054)、嘉兴学院科研重点课题(70112027BL)资助. 赵利平,女,1984年生,博士研究生,讲师,中国计算机学会(CCF)会员,主要研究方向为视频编码、屏幕图像编码. E-mail: zhaoliping_jian@126.com. 林 涛(通信作者),男,1958年生,长江学者特聘教授,博士生导师,主要研究领域为视频编码、屏幕图像编码. E-mail: lintao@tongji.edu.cn. 周开伦,男,1977年生,博士研究生,讲师,主要研究方向为视频编码、超大规模集成电路架构、设计与验证.

1 引言

随着电视机和显示器进入超高清(4K)和特超高清(8K)的分辨率,以及以远程桌面为典型表现形式的新一代云计算与信息处理模式及平台的发展和普及,对视频图像数据压缩的需求也趋向更高分辨率和包含摄像机摄取图像和计算机屏幕图像的复合图像(也称屏幕图像).对屏幕图像进行超高压缩比和极高质量的数据压缩成为当前云计算、云片计算、远程桌面、智能手机和平板电脑的第二显示等应用中解决客户端与服务器端数据传输瓶颈问题中必不可少的技术^[1-2].屏幕图像编码(Screen Content Coding, SCC)作为一个新的研究课题受到了学术界和工业界的广泛关注^[1-18].正在联合制定最新国际视频编码标准 HEVC(High Efficiency Video Coding, 也称为 H. 265)的国际电信联盟(ITU)、国际标准化组织(ISO)和国际电工委员会(IEC)于 2014 年 1 月联合正式启动 HEVC SCC 版的标准制定工作并发布了标准提案征集公告^[3].

屏幕图像作为一类包含自然图像在内的更为普遍的视频图像,表现出了与传统视频不同的特点.屏幕图像的一个显著特点是同一帧图像内通常会有很多相似甚至完全相同的像素图样.而传统的图像和视频压缩技术中采用的帧内或帧间预测算法主要适用于由相机拍摄的自然图像,对屏幕图像的编码效率较低.因此,必须寻求新的编码工具,充分发掘和利用计算机屏幕图像中存在各种不同大小和形状的相似或相同图样,以大幅度提高编码效率.目前主流的屏幕图像编码算法^[4-16]主要分为 4 类:帧内块复制算法(Intra Block Copy, IBC)^[4]、帧内微块复制算法(Intra Mini-Block Copy, IMBC)(其典型的代表为帧内线条复制(Intra Line Copy, ILC^[5]))、调色板索引复制算法(Palette, PLT)^[6]、帧内串复制算法(Intra String Copy, ISC)^[7-16].这些方法的共同点是:从预定的参考像素集 R 范围内,通过一个相同“复制”操作,将参考像素集内的若干像素“粘贴”到当前待编码的若干像素的位置,用一组复制参数来表示若干当前像素与若干参考像素之间的关系,对这组复制参数经过熵编码后写入压缩码流.而不同点主要在于复制最小单元以及复制关系参数的表示方式与数目不同,因此在编码质量、比特率和复杂度方面呈现出不同的特点.

ISC 算法的原型是混合色度采样率的双编码器

(Dual-coder Mixed Chroma-sampling-rate, DMC)^[7],以“串”作为最小的复制单元,若能在参考像素集内找到最优参考像素串(也称为参考串),用复制关系参数表示参考串与当前待编码像素串(也称为当前串)之间的位置关系和参考串的长度,否则直接编码当前像素值.较其他方法而言,其灵活的复制串大小(最小可以为一个像素或像素的一个分量)和形状与屏幕图像中具有各种大小和形状相似或者相同的图样具有天然的适应性,可以达到较高的复制精度.但缺点是一个编码单元(Coding Unit, CU)需要划分成很多个串来进行复制运算,因此复制关系参数的数目可能较多,消耗的比特数也可能较多.因此,ISC 算法要大幅提高屏幕图像的编码效率,一个核心的问题是如何对复制关系参数进行有效地编码.

用来表示参考串与当前串位置关系的位移参数是 ISC 算法中复制参数的重要组成部分.位移参数的一种表示方式是用 1 维的 Pos 参数表示,文献^[7-10]提出了 Pos 参数的编码算法及其改进算法.目前,位移参数一般采用 2 维的 Offset 表示方式^[11-12],分别用 $OffsetX$ 、 $OffsetY$ ($OffsetX$, $OffsetY$ 统称 Offset)表示参考串与当前串之间的水平位移和垂直位移.现有的 Offset 编码算法^[11-12],对所有的 Offset 采用统一的二值化与熵编码方案,没有对出现最频繁的 Offset 分配较短的二值化码,也没有考虑到编码参数之间的相关性.本文在文献^[11]的基础上,通过分析 Offset 参数的统计特性和找出 Offset 参数之间以及 Offset 参数与其他编码参数之间的相关性,提出了改进的 Offset 参数编码算法.本文提出的算法的主要贡献是在几乎不增加编码和解码复杂度的前提下,有效地提高了屏幕图像的编码效率.此算法也是 JCT-VC 技术提案^[13-16]中的关键技术之一,主要创新点如下:

(1) 根据 Offset 联合概率分布特性和 Offset 参数之间的相关性,提出了一种联合 Offset 编码方案:对频率出现最高的 ABOVE 分配最短的二值化码、Offset 绝对值采用 2 阶指数哥伦布编码、不同扫描方式时采用不同的 $OffsetYX$ 二值化方案.

(2) 根据 Offset 参数与其他复制参数 $Length$ 等之间的相关性,提出了水平扫描时 $OffsetX$ 映射方案.

(3) 提出了一种截断(Truncated Binary Code, TB)EG2 编码方案,根据当前编码位置与 Offset 的取值范围之间的相关性,将其应用到 Offset 后缀编码中.

2 相关工作

ISC 算法^[7-16]是一种基于串复制的算法,以一个像素或像素的一个分量为最小的复制单元,按照某种扫描顺序,在给定参考像素集内,通过复制参数直接“复制”参考串完成编码单元内像素的重建.如图 1 所示,大小为 8×8 的 CU_m 的像素重建过程,可以看成是按照水平优先弓形扫描顺序从三个不同的位置复制参考串的过程.用来表示参考串与当前串的位置关系的参数为位移参数.在以前的工作中,位移参数用 1 维的 Pos 参数表示^[7-10],采用 6 位前缀和根据 Pos 范围确定后缀的方式进行二值化和熵编码,并对“最近出现的 Pos 八元组”进行优化编码^[7-9].在此基础上,根据 Pos 的统计特性,提出了 Pos 映射方案,将出现频度高的 Pos 值映射到较短的二值化码上^[10].目前的主流 ISC 算法中,位移参数采用 2 维的 Offset 参数来表示参考串与当前串之间的水平位移和垂直位移.图 1 中第一个参考串与当前串的位置用 Offset(9,4)表示.9 和 4 分别表示当前串在图像中位置与参考串在图像中的位置的水平偏移(差)和垂直偏移.

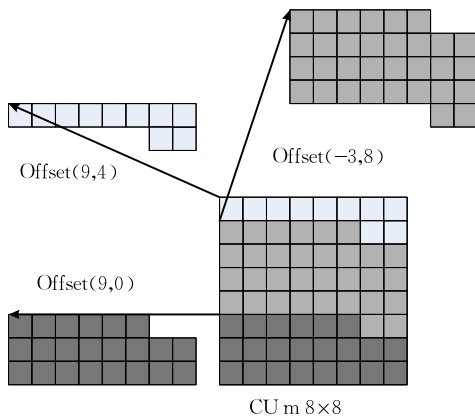


图 1 ISC 算法中 Offset 参数示意图

Offset 编码算法是指对 $OffsetX$ 和 $OffsetY$ 的二值化与熵编码算法.现有的一种 Offset 编码算法^[11]中, $OffsetX$ 与 $OffsetY$ 采用同样的二值化方案.

表 1 中的 EG1 是 1 阶指数哥伦布(ExGolomb1)的缩写. EG1 是一种有规则结构的变长编码,其本身由前缀、间隔位、后缀构成.码字结构为 $[M-1$ 个 $1]$ $[0]$ $[M$ 个信息位],即码字中前缀 1 的位数比信息位的位数少 1.码字中前缀 1 的位数比信息位的位数少 2 的指数哥伦布称为 2 阶指数哥伦布(ExGolomb2, EG2).阶数不同的指数哥伦布码适用于编码概率分

布特性不同的参数. $EG1(x)$ 表示对 x 采用 EG1 进行熵编码.

表 1 现有的 Offset 二值化方案

Offset	前缀		后缀
	是否为零位	符号位	EG1
0	0	无	无
>0	1	0	$Offset-1$
<0	1	1	$-Offset-1$

算法 1. Offset 编码算法.

输入: $OffsetX$ 和 $OffsetY$

输出: Offset 码流数据

$codeOffset(OffsetX)$;

$codeOffset(OffsetY)$;

过程 1. $codeOffset(Offset)$.

输入: $Offset$

输出: Offset 码流数据

用 CM 编码 $Offset$ 是否为零;

IF ($Offset \neq 0$)

 编码 $Offset$ 的符号位;

$EG1(Offset-1)$;

ENDIF

算法 1 给出文献[11]中的一种 Offset 编码算法的描述.过程 1 中 CM 是上下文模型(Context Model)的缩写,HEVC 中采用上下文自适应二值算术编码方式(Context-Adaptive Binary Arithmetic Coding, CABAC)对二值化后的比特串进行熵编码.

现有的另一种 Offset 编码算法在文献[11]的基础上,将一种通用的 MSB(Most Significant Bits)编码方案^[12]应用到 Offset 绝对值编码上.设编码数值为 $x(x \geq 0)$, MSB 二值化方案分为前缀与后缀两部分,前缀用 $msbIdPlus1$ 表示,见式(1).

$$msbIdPlus1 = \begin{cases} \text{floor}(\text{Log}_2 x) + 1, & x > 0 \\ 0, & x = 0 \end{cases} \quad (1)$$

其中 $\text{floor}(x)$ 表示对 x 向下取整.当 $msbIdPlus1$ 大于 1 时,后缀用 rfm_bits 表示, x 则用式(2)表示.

$x =$

$$\begin{cases} 1 \ll (msbIdPlus1 - 1) + rfm_bits, & msbIdPlus1 > 1 \\ msbIdPlus1, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

MSB 方案应用到 Offset 绝对值熵编码编码上,有损 BD-rate(Bit Distortion rate)较文献[11]平均降低率为 0.1%~0.7%.但 MSB 方案中前缀 $msbIdPlus1$ 的熵编码采用较多的上下文模型,大大加重了 ISC 算法的熵编码吞吐量负担.

可以看出,现有的 Offset 编码算法并没有考虑

到复制参数 Offset 的统计特性以及相关性. 本文提出的 Offset 编码算法^[13-16]通过对分析 Offset 参数的统计特性,对最频繁出现的值分配较短的二值化码,并找出编码参数之间的相关性,进一步去除 Offset 参数编码的冗余.

3 改进的 Offset 编码算法

3.1 Offset 参数统计特性与性质

首先给出 Offset 参数统计分布的特点以及相关性. 本文的测试数据集采用 HEVC SCC 标准测试数据集^[17]. 其中 13 个测试数据按照序列内容分为表 2 所示的 4 类,分别是 Text and Graphics with Motion(简称 TGM)、Mixed Content(简称 M)、Camera Captured Content(简称 CC)、Animation(简称 A). 每个测试数据有一个 YUV 版本和 RGB 版本. 因此,测试数据集的数目为 26 个序列.

表 2 SCC 标准测试数据集

分辨率	测试数据集名称	类别
1920×1080	sc_flyingGraphics(flyg)	TGM
	sc_desktopt(dsk)	TGM
	sc_console(cns)	TGM
	MissionControlClip3(mccs)	M
	EBURainFruits(ebu)	CC
1280×720	Kimono1(kmn)	CC
	sc_web_browsing(webb)	TGM
	sc_map(map)	TGM
	sc_programming(prg)	TGM
	sc_SlideShow(ss)	TGM
2560×1440	sc_robot(rob)	A
	Basketball_Screen(bbs)	M
	MissionControlClip2(mc2)	M

数据统计采用的算法基于文献^[15]提案,是在 HM-16.2+SCM-4.0 参考软件^①以及文献^[11]提案的基础上实现 ISC 的改进版本. 主要的编码参数配置见表 3. 表 3 中 CTU 是指编码树单元(Coding Tree Unit,CTU). 采用 HEVC SCC 规定的标准测试环境 TC1^[17];IBC 的参考范围为全帧,ISC 的参考范围为 2 个 CTU. 测试配置为有损 All Intra 配置. 对 26 个测试序列的第一帧进行数据统计. 统计最终被选择采用 ISC 模式进行编码的所有 CU 中 Offset 联合概率分布,即(*OffsetX*,*OffsetY*)参考串的频度占有参考串的百分比. 再根据 Offset 联合概率分布数据,对 4 个 QP 进行累加,并分不同扫描方式(H Scan 表示水平扫描方式,V Scan 表示垂直扫描方式)和不同区域进行汇总. 表 4 给出了 H Scan 时 Offset 区域划分定义(V Scan 时 Offset 区域划

分具有对偶性),一共分为 6 个区域. 当 H Scan 时,*OffsetX* 等于 0,*OffsetY* 等于 1 定义为 ABOVE 区域.*OffsetX* 等于 0,*OffsetY* 大于 1 定义为 ABOVE Ext 区域. 其他区域类推.

表 3 编码参数配置

参数类别	参数名称	值
ISC	参考范围	2CTU 或 4CTU
	扫描顺序	弓形扫描
	扫描方式	行列自适应
	匹配方式	2D 像素匹配
	匹配准则	有损匹配
其他	无损编码 QP	0
	有损编码 QP	22,27,32,37
	IBC 参考范围	全帧或 4CTU
	其余编码参数配置同 HM-16.2+SCM-4.0	

表 4 Offset 区域划分定义

扫描方式	<i>OffsetX</i>	<i>OffsetY</i>	Offset 区域
H Scan	0	1	ABOVE
H Scan	0	>1	ABOVE Ext
H Scan	!=0	0	LEFT&&.LEFT Ext
H Scan	<0	>0	$x<0 \& \& .y>0$
H Scan	>0	>0	$x>0 \& \& .y>0$
H Scan	>0	<0	$x>0 \& \& .y<0$

图 2 给出了不同扫描方式时不同区域的 Offset 联合概率分布汇总情况.

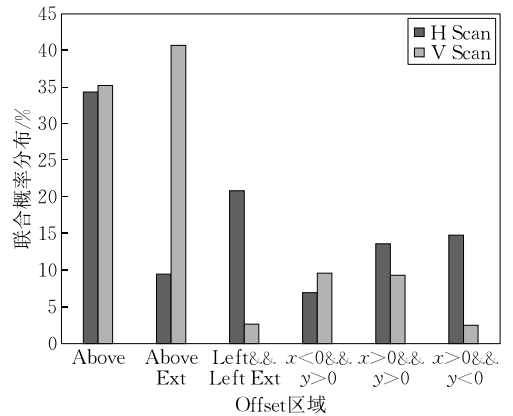


图 2 不同区域 Offset 联合概率分布汇总结果

从图 2 中可知,可以得出不同区域 Offset 联合概率分布具有以下特点:

特点 1. Offset 为 ABOVE 时出现的概率比较高.

特点 2. 当 V Scan 时,ABOVE Ext 区域出现的概率特别高. 这是因为 V Scan 时,ABOVE Ext 区域表示 *OffsetY* 等于 0 且 *OffsetX* 大于 1,即参考串在当前串的左边. 因为左边的取值范围比上边的取值范围大,所以 V Scan 时 ABOVE Ext 的比例

① https://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn_HEVCSoftware/tags/HM-16.4+SCM-4.0/

比其他区域的比例高很多。

另外,从 ISC 对 CTU、CU、CU 内像素串和像素的编码或解码顺序以及参考串范围,可以得出 $OffsetX$ 与 $OffsetY$ 的相关性,可用性质 1~10 表示。本文中行、列数编号从 0 开始,第 1 行、列为偶数行、列。

性质 1. 当 $OffsetY$ 等于 0 时, $OffsetX$ 不等于 0 成立。

证明。当 $OffsetY$ 等于 0 时, $OffsetX$ 等于 0 就是当前编码位置本身,编码位置本身不可能成为参考区域。故 $OffsetY$ 等于 0 时, $OffsetX$ 不等于 0 成立。证毕。

性质 2. 当 H Scan 时, $OffsetY$ 等于 0 时,且当前编码位置在 CU 的偶数行时, $OffsetX$ 必大于 0。

证明。由于弓形扫描方式在偶数行采用从左至右顺序,因此当 $OffsetY$ 等于 0 时,参考串一定在当前串的左边,不可能在当前串的右边(当前串的右边属于未编码区域,不可能成为参考区域),因此 $OffsetX$ 必大于 0 成立。证毕。

性质 3. 当 H Scan 时, $OffsetY$ 小于 0 时,必有 $OffsetX$ 大于 0 成立。

证明。当 H Scan 时, $OffsetY$ 小于 0 说明参考串在当前串的下方,此时,任何参考串不可能出现在当前串的右下方区域,因为根据编码的顺序,该区域尚未编码,不可能成为参考区域。因此参考串一定在当前串的左边,即 $OffsetX$ 大于 0。证毕。

性质 4. 当 H Scan 时, $OffsetX$ 等于 0 时,必有 $OffsetY$ 大于 0 成立。

证明。当 H Scan 时, $OffsetX$ 为 0 时,根据编码顺序,参考串只能在当前串的上边,即 $OffsetY$ 大于 0 成立。证毕。

性质 5. 当 H Scan 时, $OffsetX$ 小于 0,当前编码位置在 CU 的偶数行时, $OffsetY$ 必大于 0,当前编码位置在 CU 的奇数行时, $OffsetY$ 必大于等于 0。

证明。当 H Scan 时, $OffsetX$ 小于 0(参考串在当前串的右方)时,且当前编码位置在 CU 的偶数行(从左至右扫描)时,参考串只能在当前串的右上方,故 $OffsetY$ 必大于 0;在奇数行时,参考串可以在当前串的右上方或者上方,也即 $OffsetY$ 大于等于 0。证毕。

性质 1~5 具有对偶性,将 H Scan 换成 V Scan,行换成列, $OffsetX$ 换成 $OffsetY$, $OffsetY$ 换成 $OffsetX$ 等,可以得到性质 6~10。

性质 6. 当 $OffsetX$ 等于 0 时, $OffsetY$ 不等

于 0 成立。

性质 7. 当 V Scan 时, $OffsetX$ 等于 0 时,且当前编码位置在 CU 的偶数列时, $OffsetY$ 必大于 0。

性质 8. 当 V Scan 时, $OffsetX$ 小于 0 时,必有 $OffsetY$ 大于 0 成立。

性质 9. 当 V Scan 时, $OffsetY$ 等于 0 时,必有 $OffsetX$ 大于 0 成立。

性质 10. 当 V Scan 时, $OffsetY$ 小于 0 时,且当前编码位置在 CU 的偶数列时, $OffsetX$ 必大于 0,在奇数列 $OffsetX$ 必大于等于 0。

根据图 2 中不同区域 Offset 联合概率分布汇总结果以及以上特点和性质,可以得出以下结论:

结论 1. Offset 为 ABOVE 时出现的概率特别高,其二值化需要用比较短的码值来表示。

结论 2. 对 ABOVE 优先考虑后,其他 Offset 的联合概率分布变得更加平缓。大量实验表明,Offset 绝对值采用 EG2 更合适。

结论 3. 不同扫描方式不同区域 Offset 联合概率分布具有不同的特点,需要采用不同的编码方案。

结论 4. 性质 1~10 表明, $OffsetX$ 与 $OffsetY$ 的取值范围是互相限制的,存在不可能取值的范围。对这些范围就不需要分配二值化的码,从而减少对 $OffsetX$ 与 $OffsetY$ 进行二值化所需要的比特数。

3.2 联合 Offset 编码方案

根据结论 3~4,表 5 给出了 H Scan 时 $OffsetYX$ 方案与 $OffsetXY$ 方案前缀二值化比较的情况。其中 $OffsetYX$ 方案表示先编码 $OffsetY$ 再编码 $OffsetX$,根据性质 1~3 对 $OffsetX$ 前缀减少二值化所需要的比特数; $OffsetXY$ 方案表示先编码 $OffsetX$ 再编码 $OffsetY$,根据性质 4~5 对 $OffsetY$ 前缀减少二值化所需要的比特数。

表 5 中, $z(y)$ 、 $z(x)$ 表示 $OffsetY$ 、 $OffsetX$ 是否为零(为零用 0 表示,不为零用 1 表示)。 $s(y)$ 、 $s(x)$ 表示 $OffsetY$ 、 $OffsetX$ 的符号位(0 表示正数,1 表示负数)。从表 5 和图 2 中可以看出,H Scan 时,采用 $OffsetYX$ 二值化方案,有将近 36% 的比例 $OffsetX$ 前缀的二值化可以节省 2 个比特(注:表 5 中无 * 表示只有在偶数行时,不需要编码符号位);而采用 $OffsetXY$ 二值化方案,只有 16% 左右的比例 $OffsetY$ 前缀的二值化可以节省 2 个比特。因此,H Scan 时采用 $OffsetYX$ 方案更合适。同理可以分析得出,V Scan 时采用 $OffsetYX$ 方案更合适。H Scan 和 V Scan 时,都采用 $OffsetYX$ 二值化方案,编码顺序相同,但是其二值化方案并不相同。

表 5 H Scan 时两种 Offset 前缀二值化方案比较

区域	OffsetYX 前缀二值化				OffsetXY 前缀二值化			
	$z(y)$	$s(y)$	$z(x)$	$s(x)$	$z(x)$	$s(x)$	$z(y)$	$s(y)$
ABOVE Ext	1	0	0	无	0	无	无	无
LEFT && LEFT Ext	0	无	无	无*	1	0(1)	0	无
$x < 0$ && $y > 0$	1	0	1	1	1	1	无	无
$x > 0$ && $y > 0$	1	0	1	0	1	0	1	0
$x > 0$ && $y < 0$	1	1	无	无	1	0	1	1

基于以上分析,本文提出了联合 Offset 编码方案,即对频率出现最高的 ABOVE 采用最短的二值化码、Offset 绝对值采用 EG2 和不同扫描方式时采用不同的 OffsetYX 二值化方案。

算法 2. 联合 Offset 编码方案.

输入: OffsetX, OffsetY, scanMode

输出: Offset 码流数据

用 CM 编码是否是 ABOVE;

IF (Offset 不是 ABOVE)

用 CM 编码 OffsetY 是否为零;

IF (OffsetY != 0)

编码 OffsetY 的符号位;

EG2(|OffsetY| - 1);

IF (OffsetY < 0)

IF (scanMode == V Scan && 当前列是奇数列)

EG2(|OffsetX|);

ELSE

EG2(|OffsetX| - 1);

ENDIF

ELSE

用 CM 编码 OffsetX 是否为零;

IF (OffsetX != 0)

编码 OffsetX 的符号位;

EG2(|OffsetX| - 1);

ENDIF

ENDIF

ELSE

IF (scanMode == H Scan && 当前行是奇数行)

编码 OffsetX 符号位;

EG2(|OffsetX| - 1);

ENDIF

ENDIF

ENDIF

3.3 OffsetX 映射方案

联合 Offset 编码方案中,对 H Scan 时 OffsetY 小于 0 情况下的 OffsetX 的绝对值减 1 后采用 EG2 进行编码。在此基础上,本节根据 OffsetX 与其他复制参数 Length 等的相关性,提出了 OffsetX 映射方案:根据已经编码或解码的信息,得到 OffsetX

参数的范围,通过将 OffsetX 参数映射为更小的值,进一步减少编码的比特数。

图 3 给出了 H Scan 时 OffsetY 小于 0 时可能参考串(参考串在已重构范围内)与不可能参考串(部分参考串未在已重构范围内)的图示,其中,Length 表示当前串的匹配长度,OffsetXInCU 表示当前串的位置与当前 CU 起始位置的水平偏移。当前串的首像素在偶数行时,如果参考串在当前串的下方,即 OffsetY 小于 0 时,则 OffsetX1 与 OffsetX2 为可能匹配的位置,对应的串为可能参考串,而 OffsetX3 位置为不可能匹配的位置,对应的串为不可能参考串。同理,当前串的首像素在奇数行(扫描方向是从右向左)时,如果参考串在当前串的下方,OffsetX4 与 OffsetX5 为可能匹配的位置,而 OffsetX6 位置为不可能匹配的位置。根据图 3,可以得出性质 11~12。

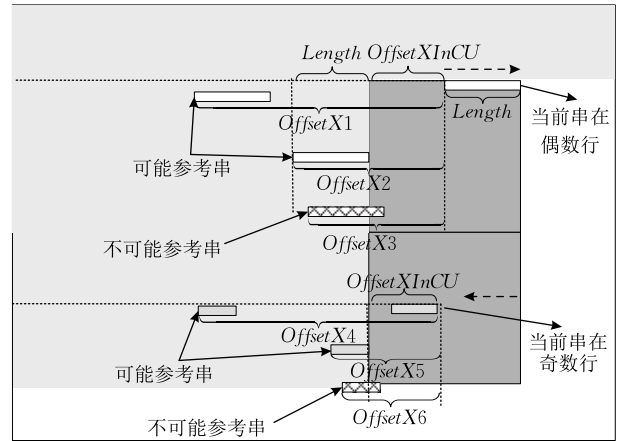


图 3 可能参考串与不可能参考串图示

性质 11. 当 H Scan 时,当前串的首像素在偶数行并且 OffsetY 小于 0 时,则式(3)成立。

$$OffsetX \geq \min(OffsetXInCU + Length, CUWidth) \quad (3)$$

min(x, y) 表示取 x, y 两者中的最小值。

证明。设当前 CU 的起始 X 位置为 $CuStartX$, 参考串的起始 X 位置为 $RefStartX$, 则有 $OffsetX = CuStartX + OffsetXInCu - RefStartX$, $RefStartX + Length \leq CuStartX$ (4)

由式(4)可以推导出式(5):

$$OffsetX \geq OffsetXInCU + Length \quad (5)$$

当前串的宽度不会大于 $CUWidth$, 因此,式(3)成立。证毕。

性质 12. 在 H Scan 情形,当前串在奇数行时,OffsetY 小于 0, $OffsetX \geq OffsetXInCU$ 成立。证明略。

根据性质 11 和性质 12, 提出了 H Scan 时 $OffsetY$ 小于 0 的情况下奇偶行不同的 $OffsetX$ 映射方案, 见表 6.

表 6 $OffsetX$ 映射方案

映射前	映射后
偶数行 $OffsetX$	$OffsetX - \min(OffsetXInCu + Length, CUWidth)$
奇数行 $OffsetX$	$OffsetX - OffsetXInCu$

3.4 Offset 截断 EG2 编码方案

联合 Offset 编码方案对 Offset 的绝对值均采用 EG2, 为了进一步减少 Offset 后缀需要编码的比特数, 根据 Offset 与当前编码位置的 Offset 取值范围之间的相关性, 提出了一种截断 EG2 编码方案并应用到 Offset 后缀的二值化与编码上.

众所周知, $k+1$ 比特的固定字长 2 进制码可以用来表示 $N = 2^{k+1}$ 个符号. 设这 N 个符号是取值 $1 \sim N$ 的数, 如果已知需要表示的符号有 M 个, 而 $N/2 < M < N$, 那么用 k 比特来表示 M 个符号就不够而 $k+1$ 比特又太多. TB^[18] 提供了一种解决方案: 用 k 比特的固定字长 2 进制码来表示 M 个符号中的 J 个符号而用 $k+1$ 比特的固定字长 2 进制码来表示 M 个符号中的其余 $M-J$ 个符号. J 称为截断值. 从 M 计算 J 的步骤是:

(1) $k = \text{floor}(\log_2 M)$, k 是满足 $2^k \leq M$ 的最大整数;

(2) $J = 2^{k+1} - M$.

显然, $M < 2^{k+1}$ 并且 $1 \leq J \leq 2^k$. 求出 J 后, 用 J 个 k 比特的固定字长 2 进制码来表示符号 $1 \sim J$, 而用剩余的 $2^k - J$ 个 k 比特的固定字长 2 进制码再加上 1 个比特, 生成 $(2^k - J) \times 2 = M - J$ 个 $k+1$ 比特的固定字长 2 进制码来表示 $J+1 \sim M$ 的其余 $M-J$ 个符号. 采用 TB 后, 对 M 个符号中的 J 个符号, 编码所需比特数可减少一个比特.

EG2 是一种分段变长码, 每段由固定字长 2 进制码前缀和固定字长 2 进制码后缀组成. 使用 EG2 对 Offset 绝对值 $|Offset|$ 进行编码时, $|Offset|$ 的取值范围受确定的参考像素集 R 范围的限制, 也有一个上限. 提出了截断 EG2 编码算法, 并将其应用在 $|Offset|$ 的编码上, 进一步减少对 $|Offset|$ 编码所需比特数, 从而提高编码效率.

从图 4 中可知, 当 ISC 参考像素集范围为 2CTU 时, 当前编码位置 (黑色串起始处) 的 $OffsetX$ 与 $OffsetY$ 为正或者为负时的最大值分别记为 $OffsetX_pMax$, $OffsetX_nMax$, $OffsetY_pMax$,

$OffsetY_nMax$. 设当前编码 Offset 绝对值 ($|OffsetX|$ 或 $|OffsetY|$) 为 $uiSymbol$, 它的上限 ($OffsetX_pMax$ 或 $OffsetX_nMax$ 或 $OffsetY_pMax$ 或 $OffsetY_nMax$) 加 1 为 $uiMax$. 算法 3 给出了对 Offset ($OffsetX$ 或 $OffsetY$) 绝对值 $uiSymbol$ 进行最大值为 $uiMax$ 的截断 EG2 编码算法的伪代码. 其算法描述见文献[16]提案.

算法 3. Offset 截断 EG2 编码.

输入: Offset 绝对值 $uiSymbol$, $uiMax$

输出: Offset 码流

$uiCount = 2$; $numBins = 0$; $jieduan = 1 \ll 2$;

WHILE ($uiSymbol \geq (1 \ll uiCount)$)

$uiSymbol - = 1 \ll uiCount$;

$uiCount++$;

$jieduan + = 1 \ll uiCount$;

写入前缀 1 至码流;

ENDWHILE

IF ($uiMax \geq jieduan$)

写入前缀 0 至码流;

ENDIF

$curValue = jieduan - (1 \ll uiCount)$;

IF ($uiMax < jieduan$)

TB($uiSymbol$, $uiMax - curValue + 1$);

ELSE

FL($uiSymbol$, $uiCount$);

ENDIF

其中 FL($synVal$, k) 表示对数值 $synVal$ 用固定长度 k 比特进行编码, TB($synVal$, $cMax$) 表示对数值 $synVal$ 进行最大值为 $cMax$ 的 TB 编码.

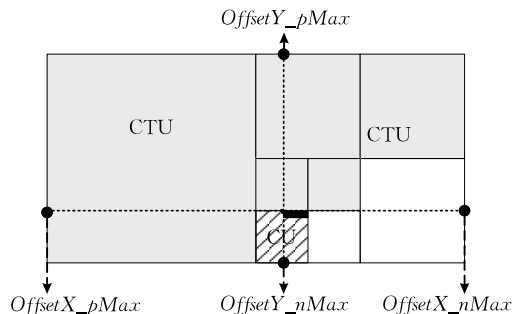


图 4 当前编码位置的 Offset 最大值的图示

4 实验结果与分析

本文的实验结果部分基于文献[15-16]提案, 是在屏幕图像编码测试软件 HM-16.2+SCM-4.0 参考软件^①以及文献[11]提案的基础上用 C++ 语言在 VS2010 集成开发环境, 实现的 ISC 改进版本. 测

试数据集采用 HEVC SCC 屏幕图像编码标准测试集合(同表 2), 编码参数配置采用标准配置 TC2^[17], 即 IBC 和 ISC 的参考范围均为 4CTU. 其他编码参数配置同表 3.

为了便于说明本文算法的特性, 将本文提出的算法及其比较的基准分为以下 4 种算法:

(1) HM-16.2+SCM-4.0+现有的 Offset 方案^[11], 简称为 Offset_Org 算法.

(2) HM-16.2+SCM-4.0+联合 Offset 编码方案, 简称为 Offset_Joint 算法.

(3) HM-16.2+SCM-4.0+联合 Offset 编码方案+OffsetX 映射方案, 简称为 Offset_Mapping 算法.

(4) HM-16.2+SCM-4.0+联合 Offset 编码方案+OffsetX 映射方案+Offset 截断 EG2 编码方案的算法, 简称为 Offset_TEG2 算法.

实验结果主要从编码效率和复杂度两个方面来衡量算法的有效性. 所有的实验都使用 All Intra (AI)、Random Access (RA) 和 Low delay B (LB) 3 种编码配置^[17]. 为了衡量算法的总体编码效率, 采用与 HEVC 的核心实验同样标准的 BD-rate^[19-20]降低率来衡量有损编码效率以及 Bit-rate 降低率来衡量无损编码效率. 按不同颜色格式(RGB 或者 YUV 格式)和不同的序列内容类别来分别进行总体衡量和比较. 对于有损实验, 主要用每个分量 G/Y, B/U 和 R/V 的平均 BD-rate 降低率来衡量算法的增益; 对于无损实验, 主要用总的 Bit-rate 降低率来衡量算法的增益.

表 7 给出了 4 种算法编码效率的比较. 每行数据代表一种颜色格式(YUV 或 RGB)和序列内容类别的组合. 一共有 8 种组合, 每个组合中实际有 1 至 4 个序列. 实验中编码的帧数是 30 帧.

表 7 4 种算法编码效率比较

(单位: %)

对比算法	色彩格式	测试序列分组	Lossless			Lossy								
			AI	RA	LB	AI			RA			LB		
						G/Y	B/U	R/V	G/Y	B/U	R/V	G/Y	B/U	R/V
Offset_Joint VS Offset_Org	RGB	TGM(1080p&720p)	-1.3	-0.9	-0.8	-1.6	-1.7	-1.7	-1.2	-1.3	-1.2	-0.9	-1.0	-1.2
		M (1440p&1280p)	-0.5	-0.1	-0.1	-1.0	-1.3	-1.2	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.8	-0.7
		A (720p)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	-0.1	-0.1	-0.2
		CC(1080p)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	YUV	TGM(1080p&720p)	-1.4	-0.9	-0.9	-1.7	-1.7	-1.9	-1.2	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.0
		M (1440p&1280p)	-0.5	-0.1	-0.1	-1.2	-1.5	-1.6	-0.8	-1.0	-1.1	-0.7	-1.3	-0.9
		A (720p)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.8	-0.3	-0.2	-0.3	0.2
		CC(1080p)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	-0.1	0.1	0.0
Offset_Mapping VS Offset_Org	RGB	TGM(1080p&720p)	-1.4	-0.9	-0.9	-1.7	-1.8	-1.8	-1.2	-1.5	-1.3	-1.0	-1.3	-1.2
		M (1440p&1280p)	-0.5	-0.1	-0.1	-1.0	-1.3	-1.2	-0.6	-1.0	-0.8	-0.6	-0.5	-0.7
		A (720p)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	-0.1	0.0	-0.2
		CC(1080p)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	YUV	TGM(1080p&720p)	-1.5	-1.0	-0.9	-1.8	-1.8	-1.9	-1.3	-1.3	-1.3	-1.2	-1.3	-1.3
		M (1440p&1280p)	-0.6	-0.1	-0.1	-1.2	-1.5	-1.6	-0.8	-1.0	-1.0	-0.7	-1.3	-0.5
		A (720p)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	-0.8	-0.3	-0.1	-0.5	0.3
		CC(1080p)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	-0.1	0.1	0.0
Offset_TEG2 VS Offset_Org	RGB	TGM(1080p&720p)	-1.7	-1.1	-1.0	-1.9	-2.0	-2.0	-1.4	-1.6	-1.6	-1.2	-1.4	-1.4
		M (1440p&1280p)	-0.5	-0.1	-0.1	-1.1	-1.4	-1.3	-0.6	-0.8	-1.0	-0.5	-0.6	-0.7
		A (720p)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	-0.1	0.0	-0.2
		CC(1080p)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	YUV	TGM(1080p&720p)	-1.8	-1.1	-1.1	-2.1	-2.0	-2.1	-1.5	-1.3	-1.3	-1.4	-1.3	-1.4
		M (1440p&1280p)	-0.6	-0.1	-0.1	-1.3	-1.7	-1.8	-0.8	-0.9	-1.0	-0.8	-1.1	-0.7
		A (720p)	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.2	-0.8	-0.3	-0.1	-0.5	0.4
		CC(1080p)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	-0.1	0.1	0.0

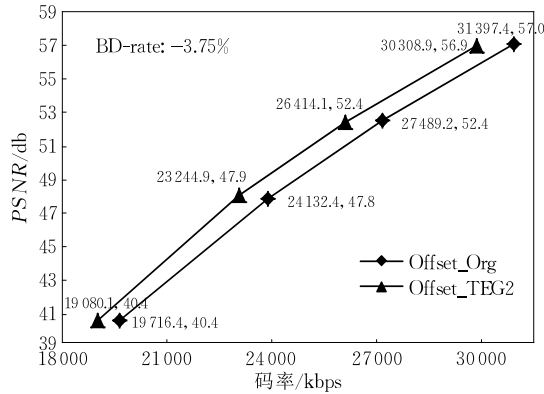
为了进一步衡量提出的算法 Offset_TEG2 与 Offset_Org 的编码效率, 给出 3 个典型屏幕图像序列的全帧编码效率比较情况. 表 8 给出了 3 个不同分辨率、不同色彩格式、不同的编码配置的典型的 SCC 测试序列信息.

表 8 典型 SCC 测试序列及其编码配置

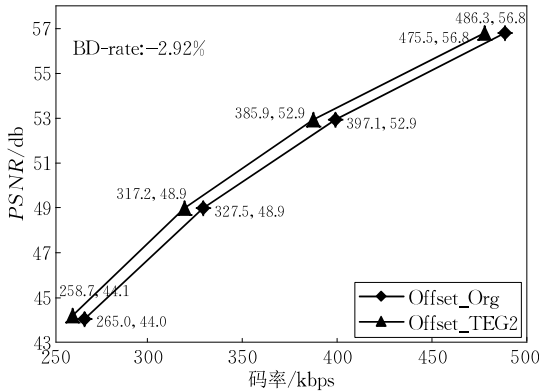
色彩格式	序列名称	帧数	帧率 fps	编码配置	其他配置
YUV	cns	600	60	AI	同表 3
RGB	webb	300	30	RA	同表 3
YUV	dsk	600	60	LB	同表 3

图 5 给出了 3 个典型屏幕图像序列的两种算法 Offset_Org 与 Offset_TEG2 的有损编码情况下的 RD(Rate Distortion) 曲线图. 包括每个序列 4 个

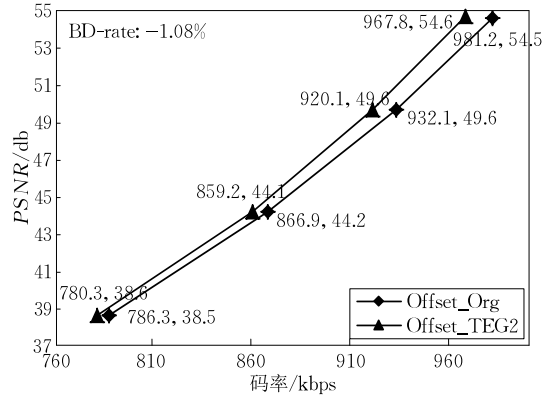
QP(QP 分别为 22、27、32、37) 的比特率、PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) 和两种算法的 BD-rate 降低率.



(a) cns序列AI配置Y分量RD曲线比较



(b) webb序列RA配置R分量RD曲线比较



(c) dsk序列LB配置Y分量RD曲线比较

图 5 典型 SCC 序列有损编码 RD 曲线比较

表 9 给出了 3 个典型屏幕图像序列 Offset_Org 与 Offset_TEG2 无损编码情况下的编码效率比较情况. 表中给出了每个序列的 Bit-rate 和压缩率, 及其两种算法的 Bit-rate 降低率.

表 9 典型 SCC 序列无损编码效率比较

序列名称	Offset_Org		Offset_TEG2		Bit-rate 降低率/%
	Bit-rate/kbps	压缩率/倍	Bit-rate/kbps	压缩率/倍	
cns	48952.89	61.00	47295.81	63.13	-3.39
webb	1226.00	541.23	1213.53	546.79	-1.02
dsk	1170.96	2550.03	1149.22	2598.27	-1.86

算法复杂度的比较分别用编、解码运行时间的比值来衡量. 每种算法在相同的环境下运行, 均在 CPU 为酷睿 i7@ 3.4 GHz 四核 8 线程, 内存为 24 GB 和硬盘为 1.5 TB 的 PC 机上执行. 每次同时执行 8 个窗口. 操作系统为 Windows 7 系统 64 位.

表 10 给出了 Offset_Org 与 Offset_TEG2 有损编码时间复杂度的对比情况. 其中表 10 中 ALL 表示 26 个测试序列 30 帧的运行时间.

表 10 有损编解码时间复杂度对比

序列名称	Offset_Org		Offset_TEG2		编码时间 比值/%	解码时间 比值/%
	编码时间/h	解码时间/h	编码时间/h	解码时间/h		
ALL	91.81	0.30	91.92	0.30	100.00	100
cns	52.54	0.13	52.11	0.13	99.18	100
webb	25.74	0.06	25.77	0.06	100.10	100
dsk	2.93	0.02	2.92	0.02	99.66	100

从以上实验结果, 可以得出以下结论:

(1) 从表 7 中总体的编码效率来看, 联合 Offset 编码方案、OffsetX 映射方案、Offset 截断 EG2 编码方案, 均有不同程度的编码效率提升. 其中编码效率提升最多的是联合 Offset 编码方案. 从表 7 中可知, Offset_Joint 与 Offset_Org 算法相比, 对于 TGM(1080p&720p) 序列类别, 无损情况下, 总的 Bit-rate 降低率 AI 配置为 1.4%, RA 配置为 0.9%, LB 配置为 0.9%; 有损情况下, Y 分量 BD-rate 降低率 AI 配置为 1.7%, RA 配置为 1.2%, LB 配置为 1.1%. 从 Offset_Mapping、Offset_Joint 与

Offset_Org 算法比较的情况来看, *OffsetX* 映射方案有平均 0.1% 左右的增益. 从 Offset_TEG2、Offset_Mapping 与 Offset_Org 算法比较的情况来看截断 EG2 编码方案有平均 0.2%~0.3% 的增益.

(2) 从典型的 SCC 序列的编码效率来看, Offset_TEG2 算法编码效率提升明显. 从图 5 中有损编码效率比较中可以看出, *cns* 序列 AI 配置下, QP 为 37 时, Offset_Org 算法的码率为 19 716.4 kbps, PSNR 为 40.4 db, Offset_TEG2 算法的码率为 19 080.1 kbps, PSNR 为 40.4 db, Y 分量的 BD-rate 节省率可达 3.75%. 从 RD 曲线图可知, *cns* 序列在相同的码率情况下, PSNR 提升约 1.5 db; *webb* 序列 RA 配置下, BD-rate 节省率可达 2.92%; *dsk* 序列 LB 配置下, BD-rate 节省率为 1.08%. 从表 9 无损编码效率比较中可以看出, *cns* 序列 AI 配置下, Bit-rate 降低率可达 3.39%; *webb* 序列 RA 配置下, Bit-rate 降低率为 1.02%; *dsk* 序列 LB 配置下, Bit-rate 降低率为 1.86%.

(3) 根据表 10 中有损编解码时间复杂度对比可知, Offset_TEG2 与 Offset_Org 算法几乎没有增加任何编解码复杂度. 事实上, 文献[16]提案中指出整个 ISC 算法的算法复杂度(经过华为(美国)和台湾交大的严格交叉验证^[21-22])也非常低. 而 Offset_TEG2 是对熵编码部分进行改进, 因此编解码复杂度的增加微乎其微.

(4) 提出的算法 Offset_TEG2 性能的提升程度与屏幕图像类别相关. 从表 7 中可以看出, 对于 TGM 类别, 提升比较多, M 有一些提升, 而对于 A 与 CC 类别几乎没有提升. 所有专门针对典型屏幕图像的算法, 包括 IBC 和 PLT, 都有这一特点.

5 结 论

为了消除 ISC 算法中现有的 Offset 参数编码方案中的冗余, 通过统计与分析 Offset 参数的联合概率区域分布情况和找出 Offset 参数之间的相关性, 对最频繁出现的值分配较短的二值化码, 并去除编码参数之间的相关性, 在此基础上提出了融合 Offset 联合编码方案、水平扫描时 *OffsetX* 映射方案和截断 EG2 编码方案的 Offset 参数编码改进算法. 实验结果表明, 本文提出的改进算法与现有的 Offset 编码方案相比, 在几乎没有增加任何编解码复杂度的情况下, 无损与有损编码效率均进一步提高. ISC 算法作为 SCC 中重要的研究对象之一, 继

续优化 ISC 算法中复制参数的编码是今后研究的重要课题之一.

参 考 文 献

- [1] Lin Tao, Zhou Kai-Lun, Wang Shu-Hui. Cloudlet-screen computing: A client-server architecture with top graphics performance. *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, 2013, 13(2): 96-108
- [2] Lin Tao, Wang Shu-Hui. Cloudlet-screen computing: A multi-core-based, cloud-computing-oriented, traditional computing compatible parallel computing paradigm for the masses// *Proceedings of the IEEE Workshop on Multimedia Signal Processing and Novel Parallel Computing*. New York, USA, 2009: 1805-1808
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T Q6/16. Joint call for proposals for coding of screen content. Geneva: ITU-T/ISO/IEC, Document: JCTVC-N14175, 2014
- [4] Budagavi M, Kwon Do-Kyoung. Intra motion compensation and entropy coding improvements for HEVC screen content coding// *Proceedings of the IEEE Picture Coding Symposium*. San Jose, USA, 2013: 365-368
- [5] Chang Tsui-Shan, Chen Chun-Chi, Liao Ru-Ling, et al. Intra line copy for HEVC screen content coding// *Proceedings of the Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference*. Siem Reap, Cambodia, 2014: 1-8
- [6] Guo Li-Wei, Karczewicz Marta, Sole Joel. Palette mode for screen content coding. Geneva: ITU-T/ISO/IEC, Document: JCTVC-M0323, 2013
- [7] Lin Tao, Zhang Pei-Jun, Wang Shu-Hui, et al. Mixed chroma sampling-rate high efficiency video coding for full-chroma screen content. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2013, 23(1): 173-185
- [8] Lin Tao, Zhou Kai-Lun, Chen Xian-Yi, et al. Arbitrary shape matching for screen content coding// *Proceedings of the IEEE Picture Coding Symposium*. San Jose, USA, 2013: 369-372
- [9] Lin Tao, Chen Xian-Yi, Wang Shu-Hui. Pseudo-2-D-matching based dual-coder architecture for screen contents coding// *Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo*. San Jose, USA, 2013: 1-4
- [10] Zhao Li-Ping, Chen Xian-Yi, Tao Lin. Mapping of intra string copy parameters for HEVC screen content coding// *Proceedings of the Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference*. Siem Reap, Cambodia, 2014: 1-10
- [11] Li Bin, Xu Ji-Zheng. CE10: Result of test 1 and 2. Geneva: ITU-T/ISO/IEC, Document: JCTVC-S0083, 2014
- [12] Hsiang Shih-Ta, Lei Shawmin. CE3-related: Improved method for entropy coding offset vectors of 2-D matching. Geneva: ITU-T/ISO/IEC, Document: JCTVC-T0129, 2015

- [13] Zhou Kai-Lun, Zhao Li-Ping, Lin Tao. CE3: Results of test B.2 on intra string copy. Geneva: ITU-T/ISO/IEC, Document: JCTVC-T0135, 2015
- [14] Zhao Li-Ping, Zhou Kai-Lun, Lin Tao. CE3: Results of test B.4.2 on intra string copy. Geneva: ITU-T/ISO/IEC, Document: JCTVC-T0136, 2015
- [15] Zhao Li-Ping, Zhou Kai-Lun, Wang Shu-Hui, Tao Lin. CE3: Non-CE3: Improvement on intra string copy. Geneva: ITU-T/ISO/IEC, Document: JCTVC-T0139, 2015
- [16] Tao Lin, Zhou Kai-Lun, Zhao Li-Ping. Non-CE1: Enhancement to palette coding by palette with pixel copy (PPC) coding. Geneva: ITU-T/ISO/IEC, Document: JCTVC-U0116, 2015
- [17] Yu Hao-Ping, Cohen Robert, Rapaka Krishna, Xu Ji-Zheng. Common conditions for screen content coding tests. Geneva: ITU-T/ISO/IEC, Document: JCTVC-S1015, 2014
- [18] Pu Wei, Seregin Vadim, Joshi Rajan, et al. SCCE3: Test B.12-binarization of escape sample and palette index. Geneva: ITU-T/ISO/IEC, Document: JCTVC-R0065, 2014
- [19] Bjøntegaard G. Calculation of average PSNR differences between RD-curves. Geneva: ITU-T, Document: VCEG-M33, 2001
- [20] Bjøntegaard G. Improvements of the BD-PSNR model. Geneva: ITU-T, Document: VCEG-A111, 2008
- [21] Liao Ru-Ling, Chen Chun-Chi, Peng Wen-Hsiao, et al. Crosscheck of non-CE1: Enhancement to palette coding by palette with pixel copy (PPC) coding. Geneva: ITU-T/ISO/IEC, Document: JCTVC-U0173, 2015
- [22] Wang Wei, Xu Meng. Cross-check report of U0116. Geneva: ITU-T/ISO/IEC, Document: JCTVC-U0189, 2015



ZHAO Li-Ping, born in 1984, Ph.D. candidate, lecturer. Her research interests include video coding and screen content coding.

LIN Tao, born in 1958, professor, Ph. D. supervisor. His research interests include video coding and screen content coding.

ZHOU Kai-Lun, born in 1977, Ph.D. candidate, lecturer. His research interests include video coding and VLSI architecture, design and verification.

Background

In January 2014, after the finalization of HEVC Range Extensions (RExt) standard, the ITU-T Video Coding Experts Group and the ISO/IEC Moving Picture Experts Group jointly issued a Call-for-Proposals on coding of screen content which targets at enabling HEVC the compression capability for screen content applications.

Typical types of screen content generally cover text, computer-generated graphics, natural images, or an arbitrary mixture of them, and thus the characteristics of such content are very different from the conventional camera-captured video content. Conventional video coding techniques such as intra prediction and DCT-based transform coding cannot effectively produce a sparse representation for signals with such high dynamics. The recent approaches proposed in literature for handling such screen content can be categorized

into four typical sets, including Intra Block Copy, Intra Mini-Block Copy, Palette coding, Intra String Copy. To improve the coding efficiency of repeated patterns with different sizes, ISC provides a very flexible solution because it allows string matching of variable sizes. In our previous work, we presented ISC algorithm and improved ISC algorithms. This paper presents an improved Offset parameter coding algorithm in ISC, which can significantly improve the coding efficiency of the screen content at no additional coding complexity.

This work is supported by the National Natural Science Foundation of China (Nos.61601200, 61271096), the Specialized Research Fund for the Doctoral Program of Higher Education (No. 20130072110054) and the Key Issues of Scientific Research of Jiaxing University (No. 70112027BL).