

文章编号 1004-924X(2014)08-2196-09

## 基于模式复杂度的深度视频快速宏块模式选择算法

陈 芬, 郑 迪, 彭宗举\*, 蒋刚毅, 王叶群  
(宁波大学 信息科学与工程学院, 浙江 宁波 315211)

**摘要:** 为了降低深度视频编码的复杂度, 提高深度视频编码的效率, 本文利用深度视频纹理复杂度的一致性, 提出了一种深度视频快速宏块模式选择算法。该算法首先对不同区域模式复杂度进行分析, 定义一个宏块模式复杂度因子, 根据该因子将深度视频划分为简单模式区域和复杂模式区域。然后, 分析深度视频的宏块模式分布情况及宏块模式选择的相关特性, 为提出的算法提供理论依据。最后, 根据模式区域选择相应的编码策略完成深度视频宏块模式的快速选择。实验结果表明, 提出的算法在几乎不影响编码率失真性能及保证绘制质量的情况下可明显降低计算复杂度, 能节约 65.57%~92.72% 的编码时间; 而在低码率的情况下节约的编码时间会更多。因此, 该算法在较低网络带宽限制下更加有效。

**关键词:** 深度视频; 模式选择; 模式复杂度; 复杂度因子; 率失真性能; 绘制质量

**中图分类号:** TN919.81 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/OPE.20142208.2196

### Depth video fast macroblock mode selection algorithm based on mode complexity

CHEN Fen, ZHENG Di, PENG Zong-ju\*, JIANG Gang-yi, WANG Ye-qun

(Faculty of Information Science and Engineering, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

\* Corresponding author, E-mail: pengzongju@nbu.edu.cn

**Abstract:** To reduce the complexity of encoding depth video and to improve the efficiency of encoding depth video, a depth video fast encoding algorithm was proposed by utilizing the consistency of the complexity of depth video texture. Firstly, the mode complexity in different areas was analyzed. The complexity factor of a macroblock mode was defined, and the depth video was divided into two kinds of areas, simple area and complex area, by using the factor. Then, the distribution of macroblock mode of depth video and the correlation characteristics of macroblock mode selection were analyzed in detail to provide a theoretical basis for the proposed algorithm. Finally, a fast selection algorithm for depth video macroblock mode was implemented based on different encoding strategies from the simple area or the complex area. Experimental results show that the algorithm can save 65.57%—92.72% encoding time while maintaining the encoding rate-distortion performance and the quality of virtual view. Furthermore, more encoding time can be saved in the condition of low bit rate. Therefore, this algorithm is more effective under low network bandwidth limitations.

收稿日期: 2013-11-21; 修订日期: 2014-01-11.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(No. 61171163, No. 61071120, No. 61271270); 宁波市自然科学基金资助项目(No. 2012A610041)

**Key words:** depth video; mode selection; mode complexity; complexity factor; rate-distortion performance; quality of virtual view

## 1 引 言

近年来,3D 电影的狂潮席卷全球,除电影产业外,电视产业也掀起了第二次革命,各大电视厂商都不断推出各自的 3D 产品,从而使三维视频技术发展迅猛<sup>[1]</sup>。三维场景信息有多种表示方式,其中,多视点深度视频(Multiview Video plus Depth, MVD)的三维场景表示格式已逐渐成为三维数字电视<sup>[2]</sup>和自由视点视频系统<sup>[3]</sup>等多视点视频系统的主流数据格式<sup>[4]</sup>。深度视频反映的是拍摄场景到相机的相对距离的几何信息<sup>[5-6]</sup>,它可以通过基于时间飞行原理的深度相机采集或深度估计软件获得。基于 MVD 的多视点视频系统将深度视频与彩色视频在服务器端通过视频编码技术进行编码压缩<sup>[7]</sup>,然后,传输到客户端解码,并使用基于深度图的绘制技术生成虚拟视点<sup>[8-9]</sup>。

由于深度视频编码具有较大的编码复杂度,因此,目前深度视频的快速编码算法是研究热点。深度视频和彩色视频在纹理等方面具有不同的特性,彩色视频的快速编码算法<sup>[10-11]</sup>不适合直接运用于深度视频。针对这一问题,很多学者从多个角度提出了降低深度视频编码复杂度的方法<sup>[12-18]</sup>。文献<sup>[12]</sup>提出了一种基于误差检测的宏块模式提前终止的深度视频快速编码方法。文献<sup>[13]</sup>提出了一种通过率失真代价值来决定是否要提前终止宏块模式选择的深度视频快速算法。文献<sup>[14]</sup>利用彩色视频图像的最优帧内预测模式信息优化深度视频帧内编码预测模式的选择范围,以降低深度视频帧内编码复杂度。文献<sup>[15]</sup>利用多视点彩色视频的时间和视点间相关性决定是否跳过某些深度宏块的编码过程,从而节约多视点深度视频的编码时间。文献<sup>[16]</sup>提出了一种面向绘制的深度视频快速宏块模式选择算法。文献<sup>[17]</sup>定义了一个自适应阈值,将深度视频分成深度连续区域和深度非连续区域,对不同的区域采用不同的快速编码策略,以降低编码复杂度、节约编码时间。文献<sup>[18]</sup>提出一种自适应的快速模式终止算法,它利用当前帧相邻块和相邻帧对应块

的编码信息提前终止模式选择。

上述算法结合深度视频的特点,或利用彩色编码信息来提高编码效率,在一定程度上降低了深度视频的编码复杂度。但是,这些算法都没有充分考虑深度视频编码的主要特点,即深度视频纹理复杂度比较相近,编码时相邻区域选择的模式相关性较大。根据这一特点,本文提出了一种基于模式复杂度的深度视频快速宏块模式选择算法。首先利用已编码的深度宏块判断当前宏块是复杂模式区域还是简单模式区域;然后,分析了深度视频的宏块模式分布和相关性情况,并将此作为算法的依据;最后,根据模式区域选择相应的编码策略。实验结果表明,本文算法在保证压缩效率与虚拟视点主客观质量的基础上明显降低了计算复杂度。

## 2 深度视频宏块模式分析

### 2.1 不同区域宏块模式的复杂度分析

一般来说,编码时对纹理简单的平坦区域选择大尺寸宏块模式,而对于运动区域和纹理丰富区域选择小尺寸宏块模式,当前帧的运动或者纹理特征可以通过已编码帧的宏块模式来反映<sup>[19]</sup>。深度视频同一视点相邻帧的内容具有相似性和时间相关性强;同时,深度总体比较平坦,具有较大的空间相关性。相关性越强,则编码模式相关性越大。因此,可以利用时间方向上参考帧的宏块模式和当前帧已编码宏块的最优模式信息预

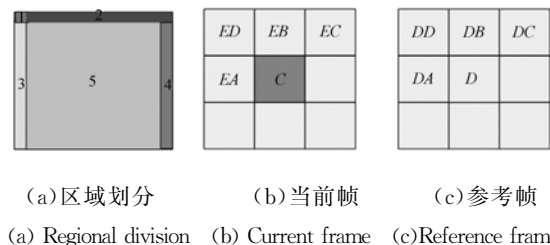


图 1 图像分区及各图像相邻宏块

Fig. 1 Regional division of image and adjacent macroblocks of each image

测当前宏块的编码模式,定义预测宏块集合  $\Omega$  为:

$$\Omega = \{EA, EB, EC, ED, D, DA, DB, DC, DD\}, \quad (1)$$

其中:EA、EB、EC 和 ED 分别表示当前帧待编码宏块的相邻左宏块、相邻上宏块、相邻右上宏块和

相邻左上宏块;D、DA、DB、DC 和 DD 分别表示时间方向上的参考帧的对应宏块、对应左宏块、对应上宏块、对应右上宏块和对应左上宏块。对应位置关系分别如图 1(b)和 1(c)所示。

定义宏块模式复杂度因子为 MMC,计算方法为:

$$MMC(C) = \begin{cases} W(m(D)), & C \in R_1 \\ 0.6 \times W(m(D)) + 0.2 \times (W(m(EA)) + W(m(DA))), & C \in R_2 \\ 0.5 \times W(m(D)) + 0.15 \times (W(m(EB)) + W(m(DB))) + 0.1 \times (W(m(EC)) + W(m(DC))), & C \in R_3 \\ 0.5 \times W(m(D)) + 0.1 \times (W(m(EA)) + W(m(DA)) + W(m(EB)) + W(m(DB))) + \\ \quad 0.05 \times (W(m(ED)) + W(m(DD))), & C \in R_4 \\ 0.4 \times W(m(D)) + 0.1 \times (W(m(EA)) + W(m(DA)) + W(m(EB)) + W(m(DB))) + \\ \quad 0.05 \times (W(m(EC)) + W(m(DC)) + W(m(ED)) + W(m(DD))), & C \in R_5 \end{cases} \quad (2)$$

其中: $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  和  $R_5$  分别表示每帧中的第一个宏块、第一行、第一列、最后一列和其他宏块,其位置分别对应图 1(a)中的 1、2、3、4 和 5 区;C 表示当前待编码宏块; $m(K)$  表示宏块 K 的宏块模式;W( $m(K)$ )表示宏块模式  $m(K)$  的宏块模式因子,其取值如表 1 所示。由于对应宏块与当前宏块的相关性最强,故权重最大;水平和垂直方向次之;对角方向的权重最小。表 1 中, $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ 、 $M_4$ 、 $M_5$  和  $M_6$  分别表示 SKIP 模式、Inter $16 \times 16$  模式、Inter $16 \times 8$  模式、Inter $8 \times 16$  模式、Inter $8 \times 8$  模式和 Intra 模式。大尺寸宏块  $M_1$ 、 $M_2$  的模式因子取值较小;中等尺寸宏块  $M_3$ 、 $M_4$  的模式因子取值相对较大;小尺寸宏块  $M_5$  模式因子取值更大;而对于  $M_6$  来说,由于剧烈运动区域或者纹理丰富区域无法通过运动估计在相邻参考帧中找到最优匹配块,从而选择此模式编码,故模式因子取值最大。

表 1 各种模式的宏块模式因子

$x$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_6$
W( $x$ )	1	1	2	2	4	5

由公式(2)可以看出,MMC 越大,宏块模式越复杂;反之,其越简单。可以设定一个阈值 T 将当前宏块划分为简单模式区域(Simple Area, SA)和复杂模式区域(Complex Area, CA)。划分方法为:

$$C \in \begin{cases} SA, & \text{if } MMC(C) \leq T \\ CA, & \text{else} \end{cases}. \quad (3)$$

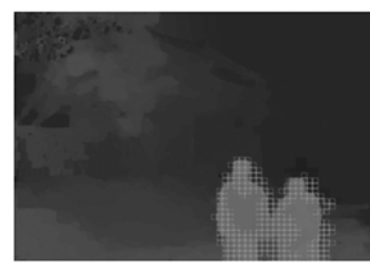
图 2 为各序列的区域划分结果。小正方形组成的区域为 CA,其余为 SA。CA 主要分布在边缘和运动对象等纹理较丰富的区域,而 SA 主要分布在背景相对平坦的区域。



(a) Leave Laptop



(b) Door Flowers



(c) Lovebird1



(d) Newspaper



(e) Book Arrival

图 2 各序列的 SA 和 CA

Fig. 2 SAs and CAs in test sequences

### 2.2 宏块模式选择分析

采用 JMVC8.3 分别对 Leave Laptop、Door Flowers、Lovebird1、Newspaper 和 Book Arrival 深度序列进行编码,并根据公式(3)将它们划分为简单模式区域和复杂模式区域,其中各区域宏块模式的分布情况如图 3 所示。图 3 中 CL、SL、CS 和 SS 分别表示复杂区域大宏块模式、简单区域大宏块模式、复杂区域小宏块模式和简单区域小宏块模式。大宏块模式包括  $M_1$  和  $M_2$ ,小宏块模式是剩余的 4 种模式。简单模式区域选择大宏块模式的平均概率达到 98.96%,剩余模式的概率只占 1.04%,而复杂模式区域选择大尺寸宏块模式编码的平均概率为 62.29%。由图 4 可以看出,简单模式区域所占比例都在 84.15%以上,有些甚至高达 98.03%,深度序列编码中大部分区域都是简单模式区域。简单模式区域选择大尺寸宏块模式作为最优模式的概率非常高,因此可以不必搜索复杂的小尺寸宏块模式,而复杂模式区域需要搜索较为复杂的小尺寸宏块模式以保证编码效率。经以上分析可得,两个区域可以采用不同的快速编码策略以尽可能提高编码速度。占较

大比例的简单模式区域可以减少候选的搜索模式,从而节省大量编码时间;占较少比例的复杂模式区域搜索较多的模式以保证率失真性能。各区域的宏块模式选择分析是本文快速算法的理论基础。

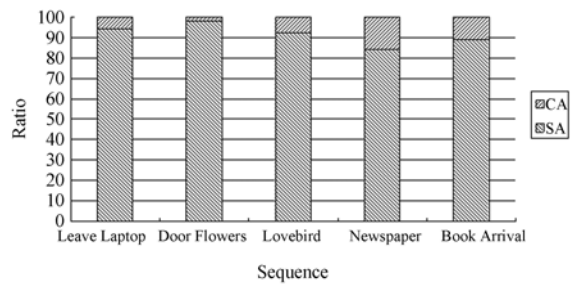


图 4 复杂与简单模式区域各所占比例

Fig. 4 Ratio of each complex and simple regions

### 2.3 宏块模式相关性分析

深度视频相邻参考帧之间和相邻宏块之间不仅在内容上存在着较大的相关性,在宏块模式的选择上也存在着较大的相关性, $M_1$  和  $M_2$  相关性尤其大。表 2 分析了当相邻宏块的宏块模式为  $M_1$  或  $M_2$  时,当前宏块模式为  $M_1$  或  $M_2$  的条件概率情况。相邻宏块模式为  $x_2$  时当前宏块模式为  $x_1$  的条件概率为  $P(m(C) = x_1 | m(K) = x_2)$ ,其中: $x_1$  和  $x_2$  的取值分别为  $M_1$  或  $M_2$ 。

由表 2 可以看出, $M_1$  的相关性最大,即当相邻宏块为  $M_1$  时,当前宏块也为  $M_1$  的概率非常高。当相邻左宏块最优模式为  $M_1$  时,当前宏块也为  $M_1$  的条件概率平均达 0.95,而选择  $M_2$  的概率为 0.04;对于相邻上宏块,当前宏块选择  $M_1$  的条件概率平均达 0.96,选择  $M_2$  的概率为 0.03;对于参考帧对应宏块当前宏块选择  $M_1$  的条件概

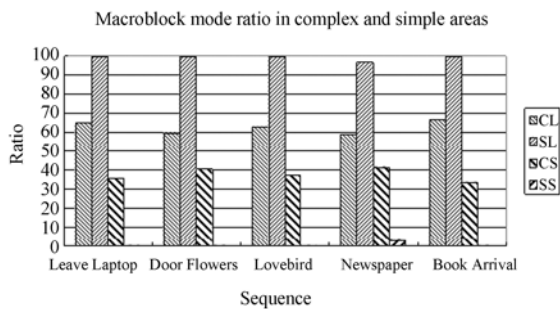


图 3 复杂与简单区域的宏块模式比例

Fig. 3 Ratio of macroblock modes in complex and simple regions

率甚至高达 0.98, 选择  $M_2$  的概率为 0.02。因此, 当相邻左宏块、相邻上宏块和相邻参考帧对应宏块都为  $M_1$  时, 当前宏块选择  $M_1$  作为最优编码

模式的概率非常高。然而当相邻宏块最优模式为  $M_2$  时, 当前宏块模式没有较强的选择趋势,  $M_2$  的相关性相对较低。

表 2 当前宏块和相邻宏块的模式相关性

Tab. 2 Mode correlation between current macroblock and its adjacent macroblocks

Sequence	$P(m(C)=M_1   m(K)=M_1)$			$P(m(C)=M_2   m(K)=M_1)$			$P(m(C)=M_1   m(K)=M_2)$			$P(m(C)=M_2   m(K)=M_2)$		
	$K=EA$	$K=EB$	$K=D$	$K=EA$	$K=EB$	$K=D$	$K=EA$	$K=EB$	$K=D$	$K=EA$	$K=EB$	$K=D$
Leave Laptop	0.96	0.97	0.99	0.03	0.03	0.01	0.55	0.50	0.69	0.24	0.32	0.21
Door Flowers	0.97	0.98	0.99	0.02	0.02	0.01	0.65	0.56	0.69	0.24	0.35	0.24
Lovebird1	0.95	0.96	0.97	0.04	0.04	0.02	0.61	0.55	0.60	0.25	0.26	0.27
Newspaper	0.91	0.91	0.95	0.06	0.05	0.03	0.45	0.45	0.41	0.30	0.31	0.35
Book Arrival	0.95	0.97	0.98	0.03	0.03	0.01	0.55	0.40	0.65	0.24	0.43	0.24
Average	0.95	0.96	0.98	0.04	0.03	0.02	0.56	0.49	0.61	0.25	0.33	0.26

### 3 基于模式复杂度的深度快速宏块模式选择算法

根据以上分析, 本文提出了一个基于模式复杂度的深度视频快速宏块模式选择算法, 算法框图如图 5 所示。具体的算法描述如下:

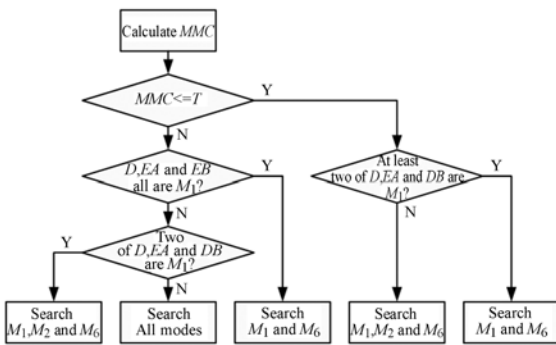


图 5 基于模式复杂度的深度快速宏块模式选择算法框图

Fig. 5 Block diagram of fast macroblock mode selection algorithm based on mode complexity

(1) 计算宏块模式复杂度  $MMC(C)$ , 并判定当前宏块所属区域;

(2) 如果当前宏块属于 SA, 则转入(3); 否则转入(4);

(3) 如果对应宏块、相邻左宏块和相邻上宏块 3 个宏块中有至少 2 个宏块的宏块模式为  $M_1$ , 则搜索  $M_1$ , 否则搜索  $M_1$  和  $M_2$ , 转入(6);

(4) 如果对应宏块、相邻左宏块和相邻上宏块的宏块模式都为  $M_1$ , 搜索  $M_1$ , 转入(6), 否则转入(5);

(5) 如果对应宏块、相邻左宏块和相邻上宏块 3 个宏块中只有 2 个宏块的宏块模式为  $M_1$ , 搜索  $M_1$  和  $M_2$ , 转入(6), 否则搜索所有模式。

(6) 搜索  $M_6$ , 根据率失真代价选择最优宏块模式。

### 4 实验结果及分析

在 Intel(R) Core(TM) i5-2500 CPU @3.30 GHz, 8.00 GB 内存, 操作系统为 Windows 7 的计算机上, 利用 JVT 提出的多视点视频编码的公共测试环境测试了 JMVC8.3 编码算法、本文提出的快速算法和文献[17]的算法。实验中阈值 T 取经验值 1.5。实验采用的测试序列由深度估计软件 DERS5.0<sup>[20]</sup> 所得, 具体测试序列和视点选择环境如表 3 所示。所有序列均测试了 61 帧, 编码时 GOP 长度均为 15。

表 3 测试环境

Tab. 3 Test environment

	Depth test sequence	Views	Virtual view
HHI	Door Flowers, Book Arrival,	7, 10	8
	Leave Laptop		
Nagoya	Dog, Champagne	38, 41	39
GIST	Newspaper	4, 6	5

表 4 列出了各个深度序列在各不同 QP 情况下,采用 JMVC、本文算法和文献[17]算法的编码时间和时间节约情况。 $\Delta T_P$  和  $\Delta T_Y$  分别表示本文算法和文献[17]算法的编码时间节约百分比。计算方法为:

$$\Delta T_P = \frac{T_{JMVC} - T_{Proposed}}{T_{JMVC}} \times 100\%, \quad (4)$$

$$\Delta T_Y = \frac{T_{JMVC} - T_{Yoon}}{T_{JMVC}} \times 100\%. \quad (5)$$

其中: $T_{Proposed}$ 、 $T_{Yoon}$  和  $T_{JMVC}$  分别表示采用本文算法、文献[17]算法和 JMVC 算法的编码时间。由表 4 可知,本文算法可以节省 65.57%~92.72%

的编码时间,而文献[17]算法节省的时间只有 55.63%~76.71%。就节省的编码时间而言,本文算法优于文献[17]的算法。另外,两种算法节约的编码时间都随着 QP 的增大而增多,对于本文算法,QP 越大, $M_1$  的比例越高,则提前选择  $M_1$  作为最优模式的概率越大,从而编码时间也节约得就更多;对于文献[17],因为自适应阈值与 QP 有关,故当 QP 越大时,阈值越大,连续区域的比例越高,则提前终止宏块模式选择的概率越大,故节约的编码时间也越多。

表 4 编码时间比较

Tab. 4 Comparison of coding time

Sequence	QP	$T_{JMVC}/s$	$T_{Proposed}/s$	$T_{Yoon}/s$	$\Delta T_P/(%)$	$\Delta T_Y/(%)$
Door Flowers	22	5 168.77	1 277.21	2 230.84	75.29	56.84
	27	5 025.59	968.04	1 967.85	80.74	60.84
	32	4 844.21	672.62	1 751.48	86.11	63.84
	37	4 671.76	489.62	1 586.18	89.52	66.05
Book Arrival	22	5 722.74	1 964.59	2 498.19	65.67	56.35
	27	5 495.39	1 558.39	2 316.70	71.64	57.84
	32	5 243.88	1 133.95	2 182.54	78.38	58.38
	37	5 032.37	823.23	1 949.24	83.64	61.27
Newspaper	22	5 201.50	1 211.26	1 822.61	76.71	64.96
	27	4 941.63	845.78	1 663.82	82.88	66.33
	32	4 727.59	623.01	1 541.61	86.82	67.39
	37	4 578.21	481.18	1 447.93	89.49	68.37
Leave Laptop	22	5 274.89	1 416.90	2 340.55	73.14	55.63
	27	5 108.45	1 079.73	1 941.60	78.86	61.99
	32	4 900.61	756.62	1 730.04	84.56	64.70
	37	4 728.34	554.22	1 561.77	88.28	66.97
Dog	22	8 073.60	2 169.95	2 104.57	73.12	73.93
	27	7 764.28	1 566.33	1 951.28	79.83	74.87
	32	7 411.96	1 068.42	1 817.23	85.59	75.48
	37	7 160.23	736.33	1 700.93	89.72	76.24
Champagne	22	7 061.13	811.15	1 764.21	88.51	75.02
	27	6 882.27	621.04	1 641.59	90.98	76.15
	32	6 745.22	529.59	1 580.98	92.15	76.56
	37	6 705.03	488.04	1 561.52	92.72	76.71

表 5 比较了两个算法编码码率的情况。 $\Delta BR_P$  和  $\Delta BR_Y$  分别为本文算法和文献[17]算法引起的码率变化,它们的计算方法分别为:

$$\Delta BR_P = \frac{BR_{Proposed} - BR_{JMVC}}{BR_{JMVC}} \times 100\%, \quad (6)$$

$$\Delta BR_Y = \frac{BR_{Yoon} - BR_{JMVC}}{BR_{JMVC}} \times 100\%, \quad (7)$$

其中:  $BR_{\text{Proposed}}$ 、 $BR_{\text{Yoon}}$  和  $BR_{\text{JMVC}}$  分别表示本文算法、文献[17]算法和 JMVC 算法编码深度视频的码率。由表 5 可以看出, 本文提出的算法的码率变化为  $-4.78\% \sim 3.95\%$ , 而文献[17]的为  $-1.08\% \sim 0.27\%$ , 因此, 两个算法都保持着较好的编码性能。对于本文算法, 当 QP 较小时, 码率增加

量相对较多, 但随着 QP 的增大, 码率增加量减少, 甚至节约码率。因为 QP 较大时, 采用  $M_1$  作为最优模式的比例增大, 这增加了 SKIP 模式的比例, 从而降低了码率。在传输 MVD 数据时, 深度视频一般采用较小的码率编码, 因此在低码率端本文算法更加具有优势。

表 5 编码码率性能对比

Tab. 5 Performance comparison of coding rate

(%)

Sequence/QP	$\Delta BR_P$				$\Delta BR_Y$			
	22	27	32	37	22	27	32	37
Door Flowers	2.42	1.72	-0.10	-2.76	0.27	-0.27	-0.22	-0.06
Book Arrival	3.02	2.53	2.13	1.35	-0.06	-0.63	-0.19	0.17
Leave Laptop	3.26	2.65	1.22	-0.65	-0.03	-0.90	-0.44	-0.26
Dog	-1.02	-2.07	-3.39	-4.78	-0.88	-1.08	-0.64	-0.36
Champagne	-0.15	-3.61	-3.19	-2.01	-0.95	-0.82	-0.30	-0.29
Newspaper	3.93	3.92	3.95	0.03	-0.53	-0.11	0.13	-0.13

深度视频不用于直接显示, 而是作为一种非常重要的辅助信息传输到解码端, 以辅助虚拟视点的绘制。因此, 采用深度视频绘制虚拟视点的 PSNR 比用深度视频编码的 PSNR 来评价更加合理, 使用的绘制软件为 VSRS 3.5<sup>[21]</sup>。

表 6 比较了本文算法和文献[17]算法采用重建深度视频绘制的虚拟视点的绘制质量。表中  $\Delta PSNR_P$  和  $\Delta PSNR_Y$  分别表示本文算法和文献[17]算法虚拟视点的 PSNR。它们的计算方法分别为:

$$\Delta PSNR_P = PSNR_{\text{Proposed}} - PSNR_{\text{JMVC}}, \quad (8)$$

$$\Delta PSNR_Y = PSNR_{\text{Yoon}} - PSNR_{\text{JMVC}}, \quad (9)$$

其中:  $PSNR_{\text{Proposed}}$ 、 $\Delta PSNR_{\text{Yoon}}$  和  $\Delta PSNR_{\text{JMVC}}$  分

别为本文算法、文献[17]算法和 JMVC 算法绘制虚拟视点的 PSNR。本文算法虚拟视点的 PSNR 差值为  $-0.05 \sim 0.03$  dB, 文献[17]算法的差值为  $-0.06$  dB  $\sim 0.07$  dB。表 6 中所列对比结果表明, 本文算法和文献[17]算法绘制虚拟视点的 PSNR 和 JMVC 算法的 PSNR 相当, 即两个算法都能保证绘制的客观质量。表 6 还表明, 本文算法能适用于各种测试序列。图 6 给出了 Newspaper 序列的原始图像、文献[17]算法和本文算法绘制的虚拟视点图像的结果。通过主观对比可知, 这两种算法的虚拟视点绘制性能非常接近。这个结论和表 6 的客观质量对比结果完全一致。

表 6 虚拟视点 PSNR 差值对比

Tab. 6 Comparison of PSNR difference for virtual viewpoint

(dB)

Sequence/QP	$\Delta PSNR_P$				$\Delta PSNR_Y$			
	22	27	32	37	22	27	32	37
Door flowers	0.01	-0.01	0.00	-0.02	0.05	0.07	-0.06	-0.06
Book arrival	0.01	0.03	-0.01	-0.04	-0.01	-0.03	-0.4	-0.02
Leave laptop	0.00	0.00	-0.01	-0.04	0.00	0.08	0.05	-0.03
Dog	-0.01	-0.01	-0.02	-0.05	0.01	0.00	0.01	-0.01
Champagne	0.03	0.00	-0.01	-0.01	0.02	0.00	-0.01	0.02
Newspaper	0.01	0.00	0.00	-0.02	0.01	0.00	0.00	0.01



图6 Newspaper序列的原始图像和虚拟视点绘制结果主观质量对比

Fig. 6 Subjective quality comparison of Newspaper sequence by using different methods

## 5 结 论

深度视频与彩色视频的纹理特点不同,使用相同的编码策略不利于深度视频的编码压缩。考虑到深度视频纹理简单,编码时相邻帧对应宏块和当前帧相邻宏块与当前宏块的复杂度相近,利用这种特点可以提高深度视频编码效率。本文利

用宏块模式复杂度因子将深度视频划分为两个复杂度不同的模式区域,对不同区域使用不同的编码策略进行编码,即对简单模式区域减少候选模式,复杂模式区域采用相对较多的候选模式。实验结果表明,所提出的算法在保证其他性能基本不变的情况下,大幅度降低了编码复杂度,能节约65.57%~92.72%的编码时间,低码率的情况下节约的编码时间更多。

### 参考文献:

- [1] VERRO A, TOURAPIS A, MULLER K, *et al.*. 3D-TV content storage and transmission [J]. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 2011, 57(2): 384-394.
- [2] SMOLIC A, MULLER K, MERKLE P, *et al.*. 3D video and free viewpoint video-technologies, applications and MPEG standards[C]. *Toronto, Canada: Proceedings of International Conference on Multimedia and Expo*, 2006, 2161-2164.
- [3] TANIMOTO M, TEHRANI M P, FUJII T, *et al.*. FTV for 3-D spatial communication [J]. *Proceedings of the IEEE*, 2012, 100(4): 905-917.
- [4] MULLER K, MERKLE P, TECH G, *et al.*. 3D video formats and coding methods[C]. *Proc. of IEEE International Conference on Image Processing, Hong Kong*, 2010, 2389-2392.
- [5] FOIX S, ALENYA G, TORRAS C. Lock-in Time-of-Flight (ToF) cameras: a Survey [J]. *Sensors Journal, IEEE*, 2011, 11(9): 1917-1926.
- [6] 史国凯, 王琼华, 李大海, 等. 基于分割的离焦图像深度图提取方法[J]. *液晶与显示*, 2012, 27(2): 229-234.
- [7] 祝世平, 张玲. 基于分形和 H. 264 的视频编码系统 [J]. *光学精密工程*, 2013, 21(3): 774-781.
- [8] ZHU SH P, ZHANG L. Video coding system based on fractal and H. 264 [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2013, 21(3): 774-781. (in Chinese)
- [9] MULLER K, MERKLE P, WIEGAND T. 3D video representation using depth video [J]. *Proceedings of the IEEE*, 2011, 99(4): 643-656.
- [10] MORI Y, FUKUSHUMA N, YENDO T, *et al.*. View generation with 3D warping using depth information for FTV [J]. *Signal Processing: Image Communication*, 2009, 24(1-2): 65-72.
- [11] SHI G K, WANG Q H, LI D H, *et al.*. A method for depth map extraction of defocused image based on segmentation [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(2): 229-234. (in Chinese)
- [12] 吴银花, 金龙旭, 张宁, 等. 针对 H. 264 快速整像素运动估计算法 [J]. *光学精密工程*, 2013, 21(4): 1017-1025.
- [13] WU Y H, JIN L X, ZHANG L, *et al.*. Improvement of fast integer pixel motion estimation algorithm for H. 264 [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2013, 21(4): 1017-1025. (in Chinese)

- [11] 吴银花, 金龙旭, 张柯. 应用 Jmode 值单调性的快速 P 帧模式选择算法[J]. 液晶与显示, 2013, 28(2):266-272.  
WU Y H, JIN L X, ZHANG K. Fast P-frame mode decision algorithm using monotonicity of Jmode[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(2):266-272. (in Chinese)
- [12] WANG M H, JIN X, GOTO S. Difference detection based early mode termination for depth map coding in MVC [C]. *Nagoya: Picture Coding Symposium*, 2010, 502-505.
- [13] MA X, HUO J, YANG X, *et al.*. Rate-distortion performance-invariant early termination algorithm for depth coding [J]. *Electronics Letters*, 2013, 49(1):36-38.
- [14] 杨旭, 常义林, 霍俊彦, 等. 一种三维视频深度图像快速帧内编码方法[J]. 西安电子科技大学学报: 自然科学版, 2012, 39(3):7-13.  
YANG X, CHANG Y L, HUO J Y, *et al.*. A fast intra coding method of depth map of 3d video [J]. *Journal of Xidian University: Natural Science Edition*, 2012, 39(3):7-13. (in Chinese)
- [15] LEE J Y, WEY H C, PARK D S. A fast and efficient multi-view depth image coding method based on temporal and inter-view correlations of texture images [J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2011, 21(12): 1859-1868.
- [16] PENG Z J, YU M, JIANG G Y, *et al.*. Virtual view synthesis oriented fast depth video encoding algorithm [C]. *2010 2nd International Conf. on Industrial and Information Systems, Dalian*, 2010, 204-207.
- [17] YOON D H, HO Y S. Fast mode decision algorithm for depth coding in 3D video systems using H. 264/AVC [D]. *5th Pacific Rim Symposium PSIVT Proceedings Part II, South Korea, Gwangju*, 2011, 25-35.
- [18] SHEN L Q, LIU Z, AN P, *et al.*. An adaptive early termination of mode decision using inter-layer correlation in scalable video coding [C]. *2010 17th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, 2010, 4229-4232.
- [19] SHEN L Q, SUN Y W, LIU Z, *et al.*. Efficient SKIP mode detection for coarse grain quality scalable video coding [J]. *IEEE Signal Processing Letter*, 2010, 17(10):887-890.
- [20] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M16923. Depth estimation reference software (DERS) 5.0 [R]. Xian, China, Oct, 2009.
- [21] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M18356. 3DV/FTV EE2: Report on VSRS extrapolation [R], Guangzhou, China, 2010.

#### 作者简介:



陈芬(1973—),女,四川邻水人,硕士,副教授,硕士生导师,1999年于中国科学院光电技术研究所获得硕士学位,主要从事数字信号处理、图像处理及光通信技术、多视点视频编码等方面的研究。E-mail: chenfen@nbu.edu.cn

#### 导师简介:



彭宗举(1973—),男,四川南充人,博士,副教授,硕士生导师,2010年于中国科学院计算所获得博士学位,主要从事视频图像压缩,多媒体信号处理与通信研究和感知编码。E-mail: peng-zongju@nbu.edu.cn

(版权所有 未经许可 不得转载)