

文章编号:1001-9081(2006)04-0799-04

基于 MPEG-4 视频流的 QoS 映射研究

马志卫¹,张占军²

(1. 天津大学 管理学院,天津 300072; 2. 装甲兵工程学院 信息工程系,北京 100072)

(zhanjunzhang@263.net)

摘要:基于 XVID 和实时传输协议(RTP)提出了一种 MPEG-4 视频流的服务质量(QoS)映射管理方法。分析了 MPEG-4 视频流特点、编解码软件和 QoS 分层管理方法,提出了基于 RTP 协议的 QoS 管理逻辑结构、不同层次上的 QoS 参数,即应用层和系统层 QoS 参数,以及应用层到系统层 QoS 参数的映射算法。在模拟网络环境下的实验结果表明这种 QoS 参数的映射算法能够保证 MPEG-4 视频流的服务质量。

关键词:MPEG-4;QoS 映射;XVID;实时传输协议

中图分类号:TP316.5 **文献标识码:**A

QoS mapping based on MPEG-4 video streams

MA Zhi-wei¹, ZHANG Zhan-jun²

(1. School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2. Department of Information Engineering, Institute of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

Abstract: The mapping of Quality of Service(QoS) for MPEG-4 video streams was presented based on XVID MPEG-4 codec and RTP(Real-time Transport Protocol). First, the characteristics of MPEG-4 video streams, codec and layered management of QoS was analyzed. Then, a logical structure of QoS management based on RTP and QoS parameters of MPEG-4 video streams in application layer and system layer were presented. The QoS mapping algorithm and calculating formulas from application layer to system layer were put forward. Finally, results of simulation experiments reveal that the proposed mapping algorithms and formulas can meet QoS of MPEG-4 video streams.

Key words: MPEG-4; QoS mapping; XVID; Real-time Transport Protocol(RTP)

0 引言

随着 Internet 的迅猛发展和多媒体技术的广泛应用,实时传输视频、音频和多媒体动画等媒体成为研究的热点。由于网络带宽资源的限制和多媒体数据量大的特点,多媒体数据在网络上传输之前一般要进行压缩。MPEG-4 标准以压缩率高、高质量及低速率等特点已逐渐成为目前网络多媒体传输的主要格式和标准。IETF 组织定义了实时传输协议 RTP(Real-time Transport Protocol),提供数据的实时传输和 QoS 服务^[1]。RTP 协议包括实时传输控制协议 RTCP(Real-time Transport Control Protocol),负责管理交互的质量信息,在 RTP 会话期间周期性发送。RTCP 协议格式中包括了数据包数量、数据包丢失及延迟抖动等 QoS 参数。本文的研究工作就是基于 RTP 协议实时传输 MPEG-4 视频流数据来进行的,主要是在 QoS 分层基础上提出了具体的 QoS 表达参数和高层到低层的映射算法。

国际上对 QoS 映射、MPEG-4 压缩和 RTP 传输研究已经取得了一些成果。对于 RTP 传输控制,文献[3]提出了一个端到端 MPEG-4 视频流传输方案,主要研究了 RTCP 的反馈控制算法。文献[4]针对 MPEG-4 的低质量和高质量两种编码质量的视频源,给出了一种混合模型,在多个时间尺度上反映帧大小的变化。但是这些文献都没有讨论 MPEG-4 视频流 QoS 保证方法。对于 MPEG-4 压缩,文献[5~8]介绍了

MPEG-4 标准特点和视频编码工具或方法。对于 QoS 映射,文献[9]提出了一种 QoS 区间映射模型,该映射模型可以将应用层参数映射为传输层参数的一个区间范围,解决了传统映射方法不能适应不同用户的使用需求,或不能适应网络动态变化的缺点,但是它只适用于未压缩媒体流情况,实用性差。文献[10]讨论了网络层 QoS 参数定义。本文的研究基于以前的研究成果,重点在文献[3,9,10]基础上对 QoS 参数定义、QoS 映射、XVID MPEG-4 编码器和 RTP 传输进行了研究。

1 XVID MPEG-4 编码器

目前,基于 MPEG-4 标准的实用编码器软件主要有 ISO Encoder、DIVX 和 XVID。ISO Encoder 可以提供标准的 ISO MPEG-4 编码效果,但设置过于专业。DIVX 核心源自微软的 MS MPEGV1、MS MPEGV2 和 MS MPEGV3 系列编码内核。XVID 编码器是完全符合 ISO MPEG-4 视频压缩标准的软件编码器,其源代码完全开放,并严格依照 GPL 协议发布。本文的研究采用 XVID 编码器。

对于 XVID 编码器,xvidcore-0.9.0 开发包实现了 Simple Profile(SP);而 xvidcore-1.0.0 以上版本实现了 Simple Profile、Advanced Simple Profile(ASP)和 Advanced Real-Time Simple Profile(ARTS)。这三种 Profile 共同的特点是对矩形视频对象平面 VOP(Video Object Plane,一般是一个完整的视频帧)

收稿日期:2005-10-20;修订日期:2006-01-10

作者简介:马志卫(1971-),男,河北定州人,博士研究生,主要研究方向:管理信息系统、通信网络;张占军(1967-),男,河北保定人,副教授,博士,主要研究方向:多媒体通信、分布式系统、网络协议。

进行编码,编码方案是常用的混合 DPCM/DCT 模型,只不过额外引入一些工具提高编码效率和传输效率。由于 SP 的广泛应用,发展出了增强型的用于矩形 VOP 编码的 ASP 和 ARTS。ASP 在 SP 基础上加入了编码 B 帧的功能,并引入了 1/4 像素运动补偿、全局运动补偿、自适应量化和交织等编码工具,ARTS 增加了有利于实时视频传输的实用工具。MPEG-4 标准还对每个 Profile 能够编码的视频对象类型、分辨率及最大比特率等作了规定,例如 Simple 类支持 QCIF 64kbps 或 CIF 128kbps 质量。详细参数参见文献[6]。

2 MPEG-4 视频流 QoS 参数

2.1 QoS 分层管理模型

目前 QoS 管理大多采用分层结构^[2],而且通常采用三层 QoS 管理结构,即应用层、系统层和网络层。本文研究参考了这种 QoS 分层结构方法,但通过对 MPEG-4 视频流特点和 RTCP 协议分析,发现影响 RTP 传输 MPEG-4 视频流的因素只包括延迟、抖动、流速率(带宽)及位错率等。因此,将一般的网络层 QoS 和系统层 QoS 合并,提出 QoS 管理两层简单结构。

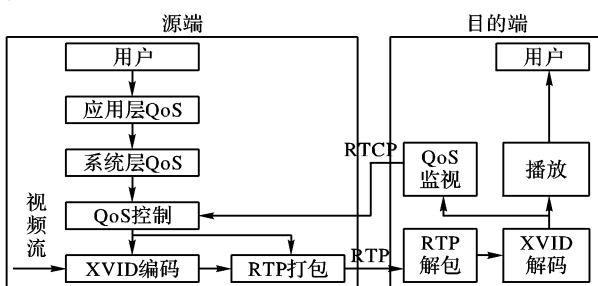


图1 MPEG-4 视频流 QoS 管理逻辑结构

图1所示为QoS管理的逻辑结构。首先是视频流源端用户提出QoS请求。用户提出的QoS一般是主观QoS,比如“很好”、“好”、“较好”、“一般”、“较差”、“差”等。需要把这些主观的要求转换成客观的应用层QoS参数值,这不属于本文的研究内容。当源端确定了应用层QoS参数之后要通过QoS映射把应用层QoS映射为系统可实际操作的系统层QoS参数。一般此QoS参数值是一个取值范围,当网络资源比较充裕时,可以在此取值范围内取保证性能较高的值,当网络资源仅能够勉强接受该请求时,则在取值范围内取仅能保证可接受限度的值。源端QoS控制管理器将根据系统层QoS参数控制MPEG-4视频流的编码(XVID编码)和RTP打包,保证视频流QoS。接收端接收视频流的RTP包,经解码后播放。通过对RTP解包和MPEG-4解码(XVID解码)查询,QoS监视计算出实际的系统层QoS参数值,用RTCP包传送到源端的QoS控制模块。源端的QoS控制将依据这些实际的QoS参数判定用户要求的QoS是否被实际保证,如果网络不能保证用户QoS,则向用户申请关闭或降低QoS。

2.2 QoS 参数

根据自适应QoS保证的研究成果^[9,10],多媒体流QoS参数一般需要定义一个范围,即期望的QoS和可接受的QoS。根据QoS分层结构,QoS参数也分为应用层QoS参数和系统层QoS参数两种。

(1) 应用层 QoS 参数

MPEG-4 视频流本质上是压缩连续媒体流,那么作为用户使用影响它的质量的参数包括媒体编码质量(类、级),播

放响应时间,抖动时间和帧丢失率等。

对于一条 MPEG-4 视频流,它的应用层 QoS 参数由一个五元区间组构成:

$$APP_QoS([C_a, C_d], [L_a, L_d], [tr_a, tr_d], [ADF_a, ADF_d], [ALF_a, ALF_d])$$

C_a : 用户可接受的视频编码类。

C_d : 用户期望的视频编码类。

L_a : 用户可接受的视频编码级别。

L_d : 用户期望的视频编码级别。

tr_a : 用户可接受的视频流播放响应时间。指用户请求播放到媒体开始播放之间的时间。

tr_d : 用户期望的视频流播放响应时间。

ADF_a : 用户可接受的抖动率。指单位时间内,帧到达间隔时间的最大值占总时间的比值。

ADF_d : 用户期望的抖动率。

ALF_a : 用户可接受的帧丢失率。指单位时间内,丢失帧数与总帧数的比值。

ALF_d : 用户期望的帧丢失率。

(2) 系统层 QoS 参数

系统层为应用层提供流服务。在视频流服务中,视频流要么从实时产生,比如视频摄像头,要么从存储源得到。在这个过程中,帧形成实时流。

MPEG-4 视频流系统层的 QoS 参数定义为:位速率、端到端延时、延时抖动和位丢失率等。

对于一条 MPEG-4 视频流,它的系统层 QoS 参数由一个四元区间组构成:

$$SYS_QoS([r_a, r_d], [td_a, td_d], [tj_a, tj_d], [p_a, p_d])$$

r_a : 用户可接受的视频数据传输位速率,表示为 bit/s。

r_d : 用户期望的视频数据传输位速率,表示为 bit/s。

td_a : 用户可接受的流的平均端到端延迟。

td_d : 用户期望的流的平均端到端延迟。

tj_a : 用户可接受的流的延迟抖动。

tj_d : 用户期望的流的延迟抖动。

p_a : 用户可接受的位丢失率。

p_d : 用户期望的位丢失率。

3 QoS 映射

3.1 位速率映射

MPEG-4 视频流位速率映射是简单地根据应用层 QoS 参数中的视频编码类别和级别来计算的。

设函数 rf 是表 1 将类别和级别映射到速率的函数,即: $r = rf(C, L)$ 。例如: $rf(SP, L3) = 384\text{kbps}$ 。则可接受位速率 r_a 和期望位速率 r_d 计算为:

$$r_a = rf(C_a, L_a) \quad r_d = rf(C_d, L_d) \quad (1)$$

3.2 端到端延时映射

在 MPEG-4 视频流传输中,对于第 i 帧的响应时间 tr_i 有三部分组成,即端到端延时(td_i)、编码和解码时间(tc_i)以及缓冲时间(tb_i)。设 td 是流的平均端到端延时, tj_i 是第 i 帧的延迟抖动,则 $td_i = td + tj_i$ 。那么第 i 帧的响应时间为: $tr_i = td + tj_i + tc_i + tb_i$ 。

响应时间 tr 是 tr_i 的平均值:

$$tr = E(\sum tr_i / N)$$

$$= E(\sum (td + tj_i + tc_i + tb_i)) / N$$

$$= td + \sum E(tj_i) + tc + tb$$

式中 td, tc, tb 分别是平均端到端延迟、平均编解码时间和平均缓冲时间。

由延迟抖动定义,可以简化设 tj 属于均匀分布,则有:

$$E(\sum (tj_i)) = \sum E(tj_i) = 0.$$

因此平均响应时间为:

$$tr = td + tc + tb$$

响应时间的限制条件为 $tr_d \leq tr \leq tr_a$,由此可以得到端到端延时的下界和上界。将上式代入响应时间限制,可以得到:

$$tr_d - tc - tb \leq td \leq tr_a - tc - tb$$

因此端到端延时的可接受值和期望值的计算为:

$$td_a = tr_a - tc - tb \quad td_d = tr_d - tc - tb \quad (2)$$

3.3 延时抖动映射

对于 MPEG-4 视频流,每帧都有一个预期播放时间,在这个时间播放则没有抖动,如果帧早于其预期的播放时间到达,或是在预期播放时间之后到达都有抖动。因此,对于有 N 帧的 MPEG-4 视频流, ADF 为:

$$ADF = \frac{\sum_{i=1}^N tj_i}{N \cdot T}$$

其中, T 为视频帧的单位播放时间,即时间限制。

根据定义,第 n 帧的延迟抖动为:

$$tj_n = \sum_{i=1}^n tj_i - \sum_{i=1}^{n-1} tj_i$$

$$= ADF \cdot n \cdot T - ADF \cdot (n-1) \cdot T$$

$$= ADF \cdot T$$

可见,每帧的 tj 只同 ADF 有关。于是,可以得到:

$$tj = ADF \cdot T$$

ADF 的限制条件为 $ADF_d \leq ADF \leq ADF_a$,将上式代入 ADF 限制条件,由此可以得到延时抖动的上界和下界。

因此,延时抖动的可接受值和期望值的计算为:

$$tj_a = ADF_a \cdot T \quad tj_d = ADF_d \cdot T \quad (3)$$

3.4 位丢失率映射

MPEG-4 视频流将帧打成 RTP 包后进行传输,RTP 协议并不保证包的可靠传输,一些包可能在传输中丢失。设视频流的丢失率为 p ,那么有: $p = \text{总丢失 RTP 包数} / \text{总 RTP 包数}$ 。

MPEG-4 视频流在传输时将帧打为 RTP 包。由于视频编解码原因,视频包的丢失,对应帧解码就会失败。因此 p 也可近似表示为: $p \approx \text{总丢失帧数} / \text{总帧数}$ 。

根据 ALF 的定义, ALF 是总的丢失的帧数与总帧数的比

值,即:

$$ALF = \text{总丢失帧数} / \text{总帧数}$$

因此有: $p \approx ALF$

根据 ALF 的限制条件 $ALF_d \leq ALF \leq ALF_a$,将上式代入限制条件,可以得到流的位丢失率的上界和下界。

因此,位丢失率的可接受值和期望值的近似计算为:

$$p_a \approx ALF_a \quad p_d \approx ALF_d \quad (4)$$

4 模拟实验

本文模拟实验环境为 CPU P4 2.4B,内存 1G DDR333,显卡 FX5200 128M 128bit;操作系统 Win2000 Server, Windows XP;100Mbps 以太网;XVID 编解码器软件,并选择简单编码类 SP。实验前需要首先确定映射参数。我们看到,公式(1)和(4)直接由应用层 QoS 参数映射,公式(2)和(3)映射时需要确定 tc, tb 和 T 。 tc 可以在 XVID 编码和解码程序中直接测量得到,选择不同质量的视频编码类和级别, XVID 的编解码时间也不相同。本文实验环境下选择 SP 编码类测量得到的编解码时间见表 1。 tb 是一个平均值,它和编程的缓冲区大小有关,本文实验环境下 $tb = 5\text{ms}$ 。公式(3)中的 T 也是固定值,可以根据网络状态设定,本文实验环境下设定 $T = 650\text{ms}$ 。

表 1 XVID SP 编解码时间

类	级	位速率	tc
SP	L_0 或 L_1	64kbps	22.3ms
SP	L_2	128kbps	28.1ms
SP	L_3	384kbps	30.7ms
平均			27.0ms

实验选用图像质量分别为很好、好、一般、差和很差的五种由 XDIV 编码的 MPEG-4 视频流。首先确定五种服务质量的视频流在应用层的 QoS 参数 ($[C_a, C_d], [L_a, L_d], [tr_a, tr_d], [ADF_a, ADF_d], [ALF_a, ALF_d]$),这些 QoS 参数同实际网络环境设置有关,不同的环境可能不相同。然后通过映射数学公式计算出系统层 QoS 参数的取值范围 ($[r_a, r_d], [td_a, td_d], [tj_a, tj_d], [p_a, p_d]$),如表 2 所示。

最后实际测量各种服务质量的 MPEG-4 视频流的播放效果,播放速率、响应时间、抖动率和帧丢失率。实际测量时采用模拟程序把位速率、端到端延时、延时抖动和位丢失率等系统 QoS 参数稳定在表 2 数值之内。播放速率在接收端定时测量;响应时间在发送端和接收端发送网络命令测量;抖动率和帧丢失率在接收端 XVID 解码器软件测量得到。图 2 所示实际测量的播放效果。

表 2 应用层 QoS 参数到系统层 QoS 参数的映射

	QoS 参数	很好质量	好质量	一般质量	差质量	很差质量
应用层	$[C_a, C_d]$	SP, SP	SP, SP	SP, SP	SP, SP	SP, SP
	$[L_a, L_d]$	13, 13	12, 13	L1, L2	L0, L1	L0, L0
	$[tr_a, tr_d]$	1100, 550ms	1200, 600ms	1300, 650ms	1400, 700ms	1500, 750ms
	$[ADF_a, ADF_d]$	9%, 4%	13%, 7%	15%, 10%	25%, 13%	40%, 18%
	$[ALF_a, ALF_d]$	16%, 3%	21%, 11%	25%, 13%	28%, 17%	33%, 23%
系统层	$[r_a, r_d]$	384k, 384kbps	128k, 384kbps	64k, 128kbps	64k, 64kbps	32k, 64kbps
	$[td_a, td_d]$	1068, 518ms	1168, 568ms	1268, 618ms	1368, 668ms	1468, 718ms
	$[tj_a, tj_d]$	104, 19.5ms	136.5, 71.5ms	162.5, 84.5ms	182, 110.5ms	214.5, 149.5ms
	$[p_a, p_d]$	16%, 3%	21%, 11%	25%, 13%	28%, 17%	33%, 23%

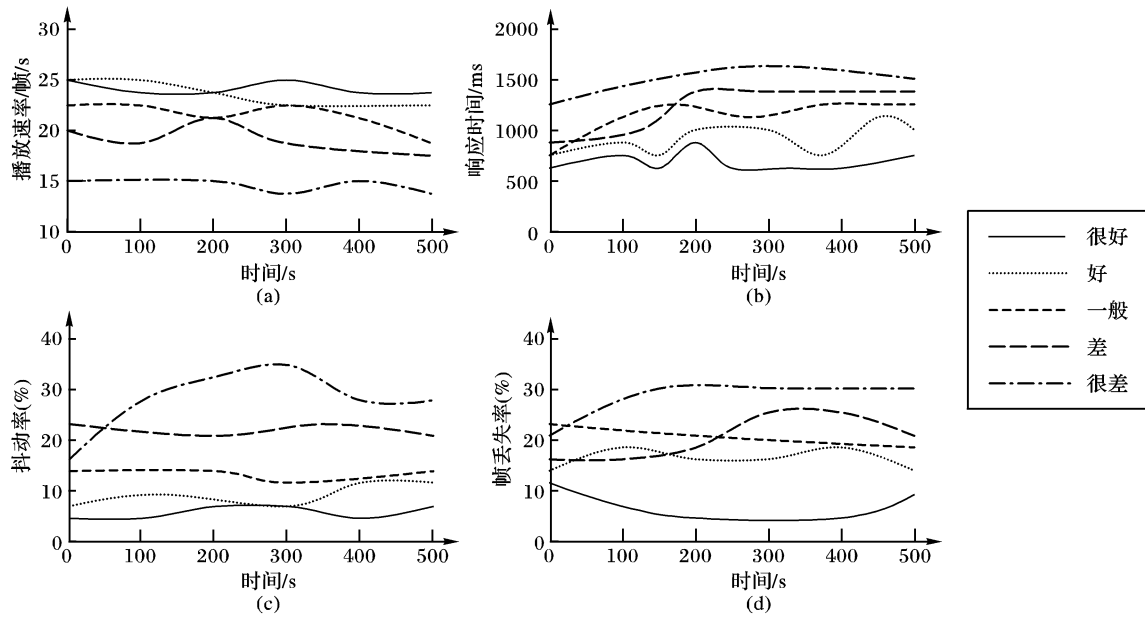


图2 实际测量的播放效果曲线

5 结语

本文基于 XVID MPEG 编码器软件包和 RTP 协议提出了 MPEG-4 视频流的服务质量(QoS)管理的两层分层管理方法。基于 RTP 协议提出了 QoS 保证的逻辑结构。提出基于 XVID-MPEG-4 的应用层 QoS 参数应分为媒体编码质量(类、级)、播放响应时间、抖动时间和帧丢失率等,即 $APP_QoS([C_a, C_d], [L_a, L_d], [tr_a, tr_d], [ADF_a, ADF_d], [ALF_a, ALF_d])$; 系统层 QoS 参数应分为位速率、端到端延时、延时抖动和位丢失率等,即 $SYS_QoS([r_a, r_d], [td_a, td_d], [tj_a, tj_d], [p_a, p_d])$ 。提出了应用层 QoS 参数到系统层 QoS 参数的映射公式。模拟实验结果表明本文 QoS 保证分层方法和 QoS 参数映射算法能够保证 MPEG-4 视频流的服务质量。

参考文献:

- [1] Audio-Video Transport Working Group. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications [EB/OL]. <http://www.faqs.org/rfcs/rfc1889.html>, 1996-11.
- [2] 杨学良, 张占军. 分布式多媒体计算机系统教程 [M]. 北京: 电

子工业出版社, 2002.

- [3] 陶蒙华, 黄孝建, 沈树群. MPEG 视频流的两种基于 RTP 的建模及其比较 [J]. 北京邮电大学学报, 2002, 25(1): 53.
- [4] LI WP. Overview of Fine Granularity Scalability in MPEG-4 Video Standard [J]. IEEE Transactions Circuits and Systems for Video Technology, 2001, 11(3): 894.
- [5] GONZALEZ RC, RICHARD E. Digital Image Processing [M]. Second Edition. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [6] RICHARDSON IEG. H. 264 and MPEG-4 Video Compression: Video Coding for Next-generation Multimedia [M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [7] SCHAFER R, WIEGAND T. The Emerging H. 264/AVC Standard [J]. EBU Technical Review, 2003, 38(1): 25.
- [8] KIKUCHI Y, NOMURA T, FUKUNAGE S. RTP Payload Format for MPEG-4 Audio/Visual Streams [EB/OL]. <http://rfc3016.x42.com>, 2000-11.
- [9] 汤庸, 杨学良, 区海翔, 等. QoS 映射与自适应协商机制的研究与实现 [J]. 软件学报, 2001, 12(05): 751.
- [10] 张占军, 韩承德, 杨学良. 基于自适应的多媒体流 QoS 保证的研究 [J]. 计算机学报, 2000, 23(12): 1320.

(上接第 798 页)

实验结果表明,与全搜索相比,本文算法在大幅度提高搜索速度(200~9000 倍按搜索点数计算)的情况下得到了与其相当的效果。与快速运动估计算法 MVFAST 和 PMVFAST 相比,本文算法的平均速度分别提高了 45% 和 8%,而且平均 PSNR 更高。

参考文献:

- [1] 章毓晋. 基于内容的视觉信息检索 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [2] JEANNIN S, JASINSCHI R, SHE A, et al. Motion description for content-based video representation [J]. Signal Processing: Image communication, 2000, 16(1-2): 59-85.
- [3] HOSUR PI, MA KK. Motion Vector Field Adaptive Fast Motion Estimation [A]. Second International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS '99) [C]. Singapore, 1999.
- [4] TOURAPIS AM, AU OC, LION ML, et al. Fast block matching motion estimation using predictive motion vector field adaptive search technique (PMVFAST) [A]. In: ISO/IEC/JTCL/SC29/WG11

MPEG2000/m 5866 [C]. Noordwijkerhout, Netherlands, 2000.

- [5] CHEN OT-C. Motion Estimation Using a One-Dimensional Gradient Descent Search [J]. IEEE Transactions Circuits and Systems for Video Technology, 2000, 10(4): 608-616.
- [6] PEKER KA, DIVAKARAN A, PAPATHOMAS TV. Automatic measurement of intensity of motion activity of video segments [A]. Proceedings of SPIE Conference on Storage and Retrieval from Multimedia Databases [C]. San Jose, CA, 2001. 341-351.
- [7] ZHU S, MA KK. A new diamond search algorithm for fast block-matching motion estimation [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2000, 9(2): 287-290.
- [8] TOURAPIS AM. Core experiment on block based motion estimation [Z]. ISO/IEC JTCL/SC29/WG11 MPEG2000/M5867, Noordwijkerhout, 2000.
- [9] Experimental conditions for evaluating encoder motion estimation algorithms [A]. In: ISO/IEC JTCL/SC29/Well N3141 [C]. Hawaii, USA, 1999.
- [10] MPEG-4 testing and evaluation procedures document [A]. In: ISO/IEC JTCL/SC29/Well N0999 [C]. Tokyo, July, 1995.