

# 基于 GOP 取帧与变帧率的 VCR 实现方法

周 军,李 俊,朱 明

(中科院网络传播系统与控制重点实验室,安徽省网络传播系统与控制重点实验室,安徽合肥 230027)

**摘 要:** MPEG 编码视频帧间存在解码依赖性,导致 VCR 操作尤其是快进快退,需要服务端传送大量解码依赖帧.目前的 VCR 实现方法在解决这种依赖传输现象时,系统资源消耗与机顶盒解码复杂度非常高.本文提出一种基于 GOP 取帧与变帧率的 VCR 实现方法,基于 GOP 取帧消除依赖传输从而降低快进快退码率,可降到正常播的 22%.变帧率实现码率可定制的效果,满足不同链路需求.该方法无需预处理视频,可作为在线算法应用于实时视频系统.

**关键词:** 快进快退; 图像组; 变帧率; 机顶盒; MPEG 视频; 流媒体

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2009) 08-1675-06

## VCR Implementation Based on GOP Fetching and Variable Frame Rate

ZHOU Jun, LI Jun, ZHU Ming

(Key Laboratory of Network Communication System and Control, CAS,  
Key Laboratory of Network Communication System and Control, USTC, Hefei, Anhui 230027, China)

**Abstract:** Due to the decoding dependency of MPEG coded frames, now existing methods on VCR implementation have to face the problem of how to settle the transmission of extra frames caused by this decoding dependency which would brought in heavy resource consumption and high STB decoding complexity. To tackle the problem, based on GOP (Group-of-Pictures) fetching and variable frame rate (VFR), our VCR implementation method called G-VFR is proposed. GOP based frame-fetching can effectively eliminate the dependency transmission, and VFR leads to optional transmission rate. The experimentation results demonstrate that G-VFR can reduce the transmission rate of fast-scan operations to 22% of that of normal playback, and the VFR character can be achieved by parameter adjusting, meanwhile G-VFR can be used in real-time streaming system such as Time-Shifted TV.

**Key words:** VCR (Video cassette recording); GOP (Group of Pictures); variable frame rate; STB (Set-Top Box); MPEG video; streaming media

### 1 引言

伴随多媒体技术与通讯网络的发展,视频业务得到越来越广泛的应用,诸如 VOD 点播、交互电视、视频会议等.随着用户对这些业务的熟悉,简单的点播操作已难以满足人们的需求.提供丰富的 VCR 操作,支持视频快速浏览、按需观看,才能进一步赢得用户的支持,这也是新一代视频点播业务的发展趋势.

目前视频业务广泛采用的 MPEG 编码技术,通过运动补偿与预测,将视频编码为 I、P、B 三类帧. I 帧单独解码, P 帧依赖此前的 I/P 帧解码, B 帧依赖在它前后的 I/P 帧解码.客户端解码 P/B 帧时,由于上述提到的解码依赖性,导致服务端需要额外传输其解码依赖的帧,如果依赖的帧也有依赖,则需要进一步传输依赖帧的依

赖.称这种为解码 P/B 帧而传输其解码依赖帧的现象为依赖传输,如图 1 所示.为解码 B 帧,需要额外传输 3 个 P 帧和 2 个 I 帧,共 5 个冗余帧.可见实现 VCR 操作的一大难点即是如何解决这种依赖传输问题,特别是快进快退需要不断挑帧发送,依赖传输更加频繁,大量的磁盘带宽、网络带宽、计算资源将会消耗在依赖帧的传输上,给系统带来极大的负担.

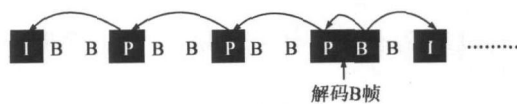


图1 依赖传输现象

如何解决依赖传输问题,降低系统资源耗费与机顶盒解码复杂度,文献[1,3~9]提出了一系列的解决方法.这些方法(详见 2.2)具有两个共同点.基于单个帧

收稿日期:2008-09-09;修回日期:2009-05-17

基金项目:国家 863 高技术研究发展计划(No. 2008AA01A318);安徽省高校自然科学基金项目(No. KJ2008A106)

的粒度选取所需发送帧是第一个共同点(不包括文献[1]).基于单个帧的粒度,必然面临如何解决依赖传输问题,无论解决的好坏,都会带来额外系统资源耗费.第二个共同点是快进快退保持不低于正常播的帧率,这与上述方法为解决依赖传输现象从而传输冗余帧是分不开的.但这并不等于使用低于正常播的帧速率就会严重损坏收看效果.文献[2]提出用户 QOP(quality of perception)的概念,发现帧率对 QOP 并没有造成显著影响,某些类别影片帧率低的反而 QOP 更高.因此可以使用低帧率来满足特殊应用场景,如带宽严格限定的 HFC 网络.

综上,本文提出一种基于 GOP 取帧与可变帧率 VFR(Variable Frame Rate)的 VCR 实现方法,取 GOP 首字母 G 与 VFR 简称为 G-VFR 方法.快进快退时,G-VFR 引入跳跃因子的取帧模型不仅包含了服务端不丢帧以及根据倍速丢帧的两种取帧方式,还能对丢帧的程度做出精细控制.GOP 内挑帧发送策略实现了帧率可选的特性,从而既能保证低的带宽占用,使快进快退码率降到正常播的 22%,还能针对链路状况采用适合速率,满足多种需求.该方法立足于解决帧的依赖传输问题,因此对编码后导致帧间存在解码依赖现象的压缩编码标准有效,如 MPEG2、MPEG4、H.264.

## 2 VCR 实现

完整的 VCR 操作包括播放/继续(Play/Resume)、暂停(Pause)、退出(Stop)、重复(Rewind)、快进/快退(Fast Forward/Fast Rewind)、前跳/后跳(Jump Forward/Jump Backward)、慢退/慢进(Slow Reverse/Slow Down).快进快退是 VCR 中资源耗费最高的操作,其它操作相对实现简单、资源耗费低.因此本文主要针对如何实现高效低耗的快进快退操作展开研究.

### 2.1 问题分析

快进快退在实现方式上存在服务端丢帧与不丢帧的区别.

**A. 服务端不丢帧.**服务端根据快进快退倍速  $S$  相应提高发送速率,在相同时间内发出  $S$  倍于正常播的内容,如图 2 所示.显然,这种方式会严重消耗系统计算资源、磁盘带宽、网络带宽,机顶盒解码复杂度也成  $S$  倍上升.

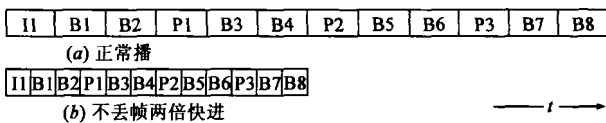


图2 服务端不丢帧

**B. 服务端丢帧.**根据倍速  $S$  挑帧发送,这是目前快进快退实现中普遍采用的方式,如图 3(a)所示.由于

需要传输解码依赖帧,变成图 3(b)的情况.文[3]发现为解码一个非 I 帧,服务端传输其依赖帧的个数随快进快退倍速的提高几乎成线性增长.这种严重的依赖传输现象同样会给系统造成巨大负担.

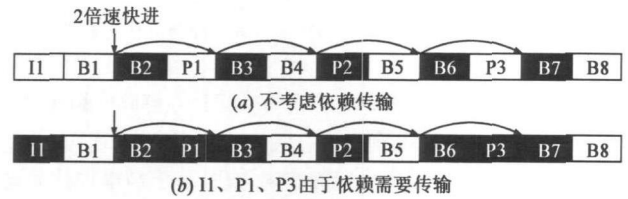


图3 服务端根据倍速跳帧发送

### 2.2 常用的 VCR 实现方法

文献[1,3~9]就如何解决上述问题展开了一系列研究.文献[3~5]采用双向流的方法减少冗余帧的传输,然而带宽消耗仍然比较高,文献[3]中 VCR 操作码率约为正常播的 2.7 倍,同时反向流的引入也会导致编码复杂度增加.文献[6,7]预先从正常播文件提取需要的帧,根据倍速生成多个文件.文献[6]在生成快进快退文件时只使用 I 帧,这虽然消除了解码依赖性,但由于帧率保持不变,全 I 帧结构必然引入高的带宽消耗.文献[7]能确保快进快退所需带宽不高于正常播,但它具有同文献[6]一样的缺陷:服务端支持的快进快退倍速受限于预先制作文件的个数.文献[8,9]通过重新设计帧的依赖关系,降低帧间的依赖性,从而减少冗余帧的传输,然而其违反了 MPEG 编码标准,导致编码复杂度的增加和视频质量的下降.文献[1]提出基于 GOP 跳跃模式来取帧,GOP 可作为独立解码单位,帧的依赖性基本得以消除.但在高倍速快进快退时,如 16 倍速,每次取帧会有 15 个 GOP 被跳过不发送,假设 GOP 长度为 12,正常播帧率 30fps,每次丢帧将有 6 秒(12 \* 15/30)的内容被丢弃,视频播放时画面连贯性变差.同时它也保持与正常播帧率相同,难以满足特殊网络状况需求.

## 3 G-VFR 原理与实现

G-VFR 由三部分构成:基于 GOP 的取帧模型,跳跃因子,GOP 内挑帧策略.

### 3.1 基于 GOP 取帧模型

基于 GOP 的取帧模型,把 GOP 作为原子单位,基于 GOP 粒度丢帧和发送.由于 GOP 可作为独立的解码单位(GOP 末尾不包含依赖下一个 GOP 的 I/P 帧解码的 B 帧),基于 GOP 取帧能消除帧的依赖传输现象,从而减轻系统负担,降低机顶盒解码复杂度.

记  $S$  为快进快退倍速,实际应用中  $S = \{1, 2, 4, 8, 16, 32\}$ ,  $S = 1$  表示正常播,其它值对应快进快退不同倍速.记  $V_{frame}(S)$  为帧率,  $V_{frame}(1)$  为正常播帧率.定义 GOP 速率为每秒传输的 GOP 个数,记为  $R_{GOP}(S)$ .在 GOP 粒度下, GOP 速率取代帧速率成为衡量快进快退

速率的重要刻度.记  $N$  为 GOP 长度,即每个 GOP 内包含的帧数.则正常播 GOP 速率为:

$$R_{GOP}(1) = V_{frame}(1)/N \quad (1)$$

根据快进快退定义,在相同的时间内用户浏览的内容是正常播的  $S$  倍,则有:

$$R_{GOP}(S) = S * R_{GOP}(1) \quad (2)$$

### 3.2 引入跳跃因子的 GOP 取帧模式

跳跃因子  $SF$  (Skip-Factor) 作用于  $R_{GOP}(S)$  起到对快进快退 GOP 速率的调节作用,可理解为需要发送的 GOP 占全部 GOP 的比重.它由两部分组成,平衡因子  $K$  和快进快退倍速的倒数  $1/S$ .  $1/S$  作用于  $R_{GOP}(S)$  可根据快进快退倍速将其降低,而  $K$  防止  $R_{GOP}(S)$  在  $1/S$  作用下变的过小.  $SF$  表达式为:

$$SF = K/S, 1 \leq K \leq 32 \quad (3)$$

当  $K=1$ ,只有  $1/S$  起作用,  $R_{GOP}(S)$  降到最小.当  $K \geq S$ ,跳跃因子  $SF \geq 1$ ,失去跳跃作用,  $R_{GOP}(S)$  保持不变.可见增大  $K$  值能减少 GOP 丢弃数目,取帧更连续、播放效果更平滑.减小  $K$  能降低  $R_{GOP}(S)$ ,减少带宽占用,降低机顶盒解码复杂度.

要起到跳跃效果,需要  $SF \leq 1$ ,即:

$$\begin{cases} (K/S) \leq 1 \\ \max(S) = 32 \end{cases} = > \begin{cases} K \leq S \\ \max(S) = 32 \end{cases} = > K \leq 32$$

$K < 1$  没有意义,这就得到了公式(3)给出的  $K$  取值范围.引入跳跃因子后,新的 GOP 速率为:

$$R'_{GOP}(S) = \begin{cases} R_{GOP}(S) * SF = R_{GOP}(S) * K/S, & SF \leq 1 \\ R_{GOP}(S), & SF > 1 \end{cases} \quad (4)$$

将式(2)带入式(4),得到快进快退与正常播 GOP 速率的关系:

$$R'_{GOP}(S) = \begin{cases} K * R_{GOP}(1) & SF \leq 1 \\ S * R_{GOP}(1) & SF > 1 \end{cases} \quad (5)$$

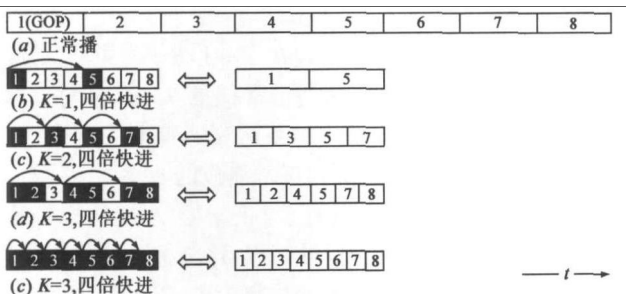


图4 G-VFR取帧模型

图 4 为四倍速快进时跳跃因子作用下 G-VFR 取帧示意图,G-VFR 快退取帧模式与快进原理相同,只是从当前时刻往此前的时间取帧,在 GOP 粒度取帧模式下与快进是对称操作.当  $K=1$ ,  $SF=1/4$ ,即有  $1/4$  的 GOP 需要发送,如图 4(b)所示.当  $K=2$ ,  $SF$  为  $2/4$ ,即有  $1/2$

的 GOP 需要发送,如图 4(c).当  $K=3$ ,  $SF=3/4$ ,即有  $3/4$  的 GOP 需要发送,如图 4(d).当  $K > 3$ ,  $SF \geq 1$ ,全部 GOP 都需发送,如图 4(e).为保证视频播放的平滑效果,在选取 GOP 时采用均匀间隔.

### 3.3 挑帧策略

通过在 GOP 内有策略地挑帧发送实现帧率可选特性.分如下三种情况讨论.

**A. 只发 I 帧,称之为 A 策略.**一个 GOP 只包含一个 I 帧,发送一个 GOP 等于发送一个 I 帧,则帧速率等于 GOP 速率:

$$V_{frame}(S) = R'_{GOP}(S) \quad (6)$$

**B. 发送全部 I 帧和部分 P 帧.**称发送 I 帧和一个 P 帧的策略为 B1 策略,发送 I 帧和两个 P 帧的策略为 B2 策略,其它类推.记  $N(P)$  为 GOP 内 P 帧个数,  $N_{send}(P)$  为该 GOP 内发送的 P 帧个数.则每个 GOP 发送的帧数为  $1 + N_{send}(P)$ ,其中  $0 \leq N_{send}(P) \leq N(P)$ :

$$V_{frame}(S) = (1 + N_{send}(P)) * R'_{GOP}(S) \quad (7)$$

**C. 发送全部 I、P 帧和部分 B 帧.**称发送全部 I、P 帧以及一个 B 帧的策略为 C1 策略,发送全部 I、P 帧以及两个 B 帧的策略为 C2 策略,其它类推.由于 GOP 末尾的 B 帧可能需要依赖下一个 GOP 的 I/P 帧才能解码,但该 GOP 可能被丢弃没有发送,导致此处 B 帧不能解码.有两种方式可以处理该类 B 帧,一是编码时去掉这类 B 帧的后向依赖性,采用类似于 P 帧的编码方式;二是直接抛弃该处 B 帧.由于 B 帧的信息含量相对很少,本文采用直接抛弃的方法.记  $N(B)$  为 GOP 内 B 帧个数,  $N_{-}(B)$  为处于末尾依赖下一 GOP 才能解码的 B 帧个数,  $N_{send}(B)$  为该 GOP 内发送的 B 帧个数.则每个 GOP 发送的帧数为  $1 + N(P) + N_{send}(B)$ ,其中  $0 \leq N_{send}(B) \leq (N(B) - N_{-}(B))$ :

$$V_{frame}(S) = (1 + N(P) + N_{send}(B)) * R'_{GOP}(S) \quad (8)$$

由于 P/B 帧具有解码依赖性,上述策略在选取 P/B 帧时,需要严格按照从 GOP 头往 GOP 尾的方向,否则由于缺乏解码依赖帧可能会导致部分 P/B 帧无法解码.如采用 B1 策略时,发送的 P 帧只能是该 GOP 内紧接 I 帧的第一个 P 帧,如果发送的是其它 P 帧,由于缺少第一个 P 帧该 P 帧无法解码.

## 4 性能评估

本文后续评估使用正常播帧率 30fps,并采用图 2 (a)所示的 GOP 结构.针对该 GOP 结构,应用 3.3 节挑帧策略可得到十种方案,如表 1 所示.

### 4.1 跳跃因子对 GOP 速率的调节

根据  $K$  及快进快退倍速的不同取值,绘制出  $R'_{GOP}(S)$  与  $R_{GOP}(1)$  的比值关系图,见图 5.根据  $K$  值将图 5

表 1 发送策略

编号	策略	发送结构
1	A	I
2	B1	IP
3	B2	IPP
4	B3	IPPP
5	C1	IBPPP
6	C2	IBBPPP
7	C3	IBBPBPP
8	C4	IBBPBBPP
9	C5	IBBPBBPBP
10	C6	IBBPBBPBBP

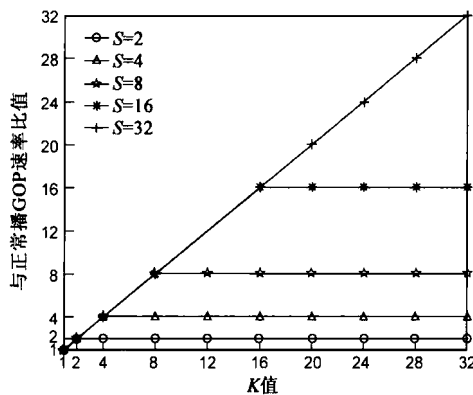


图 5 K对快进快退GOP速率调节作用

划分为六段进行分析。

当  $1 \leq K \leq 2$  时, 始终有  $F \leq 1$ , 则  $R'_{GOP}(S) = K * R_{GOP}$  (1), 所有倍速的图形在此段重合, 与  $S$  无关。对同一  $K$  值, 尽管快进快退倍速不同, 其  $GOP$  速率相同。

当  $2 < K \leq 4$  时,  $S = 2$  的图形与其它倍速的图像分离开来。此时  $F > 1$ ,  $R'_{GOP}(S) = S * R_{GOP}(1)$ ; 其它倍速  $F \leq 1$ ,  $R'_{GOP}(S) = K * R_{GOP}(1)$ 。

类似地, 当  $4 < K \leq 8$  时,  $S = 4$  的图像也分离开来。当  $8 < K \leq 16$  时,  $S = 8$  的图像分离开来。当  $16 < K < 32$  时,  $S = 16$  的图像分离开来。当  $K = 32$  时, 始终有  $F \geq 1$ , 所有倍速下  $R'_{GOP}(S) = S * R_{GOP}(1)$ , 是正常播  $GOP$  速率的  $S$  倍。

4.2 B 帧转换帧率

记帧速率中 I、P、B 帧所占比例为  $P_I, P_P, P_B$ 。快进快退相对正常播, 上述三个值发生了变化, 三种帧大小相差也较大, 导致快进快退与正常播帧速率的比较关系不能直接反应出它们码率间的关系。

可知 I 帧速率为  $V_{frame}(S) * P_I$ , B、P 帧类推。通常三种帧大小之比为  $I : P : B \approx 4 : 2 : 1$  (统计文[10]多部影片得到的结果), 即一个 I 帧相当于 4 个 B 帧, 使用 B 帧衡量后 I 帧速率为  $4 * V_{frame}(S) * P_I$ , P 帧类推, 则新帧速率为:

$$V_{frame}^B(S) = 4 * V_{frame}(S) * P_I + 2 * V_{frame}(S) * P_P + V_{frame}(S) * P_B \quad (9)$$

简称为 B 帧转换帧率。可见 B 帧转换帧率消除了帧速率中 I、P、B 帧的差别。对同一部影片, 通过比较快进快退与正常播 B 帧转换帧率的关系可以直接对应到码率的关系。

由式(9)求得在本文使用的 GOP 结构下, 30fps 的正常播帧速率转换为 B 帧转换帧率是 45fps。计算  $K = 2$  时, G-VFR 快进快退帧率, 得到表 2, 括号内为 B 帧转换帧率。

4.3 帧率改善评估

结合表 2, 并计算  $K$  取其它值不同策略下的 B 帧转换帧率, 绘制出图 6。由公式(5)可知:

$K = 1, S$  取其它值的曲线与  $K = 1, S = 2$  的曲线完全一样;  $K = 2, S$  取其它值的曲线与  $K = 2, S = 2$  的曲线完全一样;  $K = 3, S > 2$  的曲线与  $K = 3, S = 4$  的曲线完全一样;  $K = 4, S > 2$  的曲线与  $K = 4, S = 4$  的曲线完全一样;  $K = 5, S > 4$  的曲线与  $K = 5, S = 8$  的曲线完全一样;  $S = 2, K > 1$  的曲线与  $K = 2, S = 2$  的曲线完全一样;  $S = 4, K > 3$  的曲线与  $K = 4, S = 4$  的曲线完全一样。

表 2  $K = 2, G-VFR$  快进快退帧率

策略	快进快退倍速				
	2	4	8	16	32
A	5(20)	5(20)	5(20)	5(20)	5(20)
B1	10(30)	10(30)	10(30)	10(30)	10(30)
B2	15(40)	15(40)	15(40)	15(40)	15(40)
B3	20(50)	20(50)	20(50)	20(50)	20(50)
C1	25(55)	25(55)	25(55)	25(55)	25(55)
C2	30(60)	30(60)	30(60)	30(60)	30(60)
C3	35(65)	35(65)	35(65)	35(65)	35(65)
C4	40(70)	40(70)	40(70)	40(70)	40(70)
C5	45(75)	45(75)	45(75)	45(75)	45(75)
C6	50(80)	50(80)	50(80)	50(80)	50(80)

由上讨论可见图 6 囊括了  $S, K$  与策略的不同组合的绝大部分情况, 是一个较低 B 帧转换帧率比值的完整图, 下面针对图 6 进行分析。

最低点, 全图最低点出现在  $K = 1, S = 2$ , 策略 A。此时快进快退 B 帧转换帧率是正常播的 22%。对同一部片源, 可以把 B 帧转换帧率关系对等到码率关系, 即 G-VFR 可使快进快退码率降到正常播放的 22%。

低帧率点, 设定快进快退与正常播 B 帧转换帧率比值不超过 1.33 的点为低帧率点, 这个标准比文献[3]最终使快进快退码率降为正常播的 2.7 倍要好。按照这个标准来考察不同策略支持的快进快退倍速的情况, 可得到如下结论:

$K = 1$ , 所有策略下比值小于 1, 全部策略达标。  $K = 2$ , 所有倍速下策略 A 至 C2 达标。  $K = 3$ , 2 倍速时策略 A 至 C2 达标, 其他倍速 A 至 B2 达标。  $K = 4$ , 2 倍速时策略 A 至 C2 达标, 其他倍速 A 和 B1 达标。  $K = 6$ , 2 倍速时策

略 A 至 C2 达标,4 倍速时 A 与 B1 达标,其它倍速策略 A 达标. $6 \leq K \leq 32$ ,2 倍速时策略 A 至于 C2 达标,4 倍速策略 A 与 B1 达标.

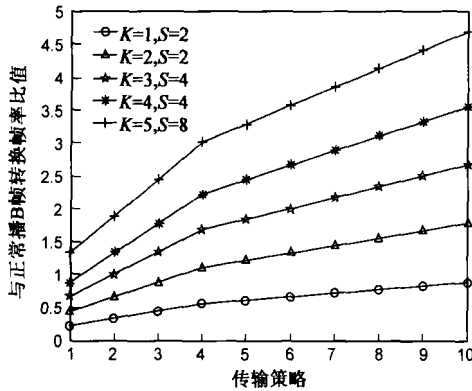


图6 G-VFR快进快退与正常播B帧转换帧率关系

可见不同的 K 与策略的组合不仅实现了帧率可选的特性,同时能确保在选定 K 与策略下帧率得到降低从而使发送码率大幅降低,这比文献[7]与正常播持平的效果还要好.

### 4.4 服务端复杂度分析

该算法实现复杂度非常低,不会对服务端并发性造成影响.快进快退时服务端只需根据链路需求和快进快退倍速 S,首先确定 SF 取值和 GOP 内使用的挑帧策略,而后如图 4 所示根据 SF 确定需要发送的 GOP,再如表 1 所示根据挑帧策略确定 GOP 内需要发送的帧,最后调整传输时间发送即可.

## 5 实验性能比较

### 5.1 实验建立

现代多媒体应用中 MPEG4 和 H.264 由于其编码高效性,得到越来越广泛的应用.因此针对这两种格式编码的影片实施快进快退来进行性能评估.从文献[10]获取 MPEG4 和 H.264 编码的片源轨迹(Video Traces)<sup>[11]</sup>,进行仿真实验.

表 3 Sony Demo 统计信息

Encoder	MPEG4 Temporal
Frame rate(fps)	30
GoP Size	12
No. B Frames	2
Number of Frames	17680
Mean I Frame Size (Bytes)	49470.41
Mean P Frame Size (Bytes)	22492.04
Mean B Frame Size (Bytes)	10524.17

考虑到 G-VFR 帧率可选的特性,选取以下三种情况与正常播进行比较:B 帧转换

帧率比正常播低,选取帧率最低的 2 倍速、K = 1、策略 A,采用三元组方式记为(2, 1, A);B 帧转换帧率与正常播接近,选取 4 倍速、K = 2、策略 B2,记为(4, 2, B2);B 帧转换帧率比正常播高,选取 8 倍速、K = 2、策略 C2,记为(8, 2, C2).

这些影片的仿真结果皆有效验证了 G-VFR 方法的各项特性.下面详细分析 MPEG4 编码的 Sony Demo 仿真结果.该影片详细信息见表 3,本实验采用前 120 秒(3600 帧)的数据对 G-VFR 方法进行仿真.

### 5.2 码率调节性能评估

该影片正常播放时,前 14 秒码率相对偏低,影响到快进快退与正常播码率对比效果.本仿真从第 15 秒开始实施快进快退,至影片 120 秒处截止,仿真结果见图 7.

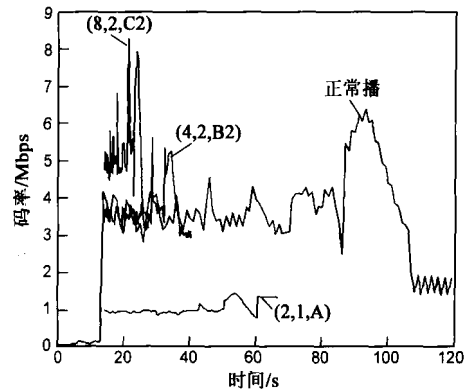


图7 Sony Demo MPEG4片源仿真结果

#### 5.2.1 码率可变性与低码率

一方面,选择合适的参数 G-VFR 能使快进快退码率相对正常播降到非常的低,如曲线(2, 1, A)最低降到了正常播的 22%. 另一发面,变化参数可以得到变码率的效果,不仅可以选码率低于正常播的方式,也可以保持与正常播持平的码率方式,如曲线(4, 2, B2)所示,还可以选择高于正常播的码率,如曲线(8, 2, C2)所示.

#### 5.2.2 B 帧转换帧率对码率刻画有效性

图 7 中,正常播放码率约为 3.6Mbps,曲线(2, 1, A)码率约为 1Mbps,两者之比为  $r = 1/3.6 = 2.5/9$ ,而它们 B 帧转换帧率之比  $r_B = 10/45 = 2/9$ ,两者非常接近.曲线(4, 2, B2)与正常播的曲线基本持平,保持走势一致,即它们码率相当,而其 B 帧转换帧率之比  $r_B = 40/45 \approx 1$ .曲线(8, 2, C2)保持在正常播码率曲线上方,码率之比  $r = 5/3.6 \approx 1.39$ ,而其  $r_B = 60/45 = 4/3 \approx 1.33$ ,两者之比非常接近.可见本文提出的 B 帧转换帧率能良好地反映码率变化情况,是一个有效的码率衡量单位.

## 6 总结

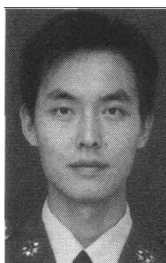
本文首先分析了 VCR 实现的难点与目前方法存在的问题,在此基础上提出了一种基于 GOP 取帧与可变帧率的 VCR 实现方法.该方法消除了帧的依赖传输现象,从而能大幅降低系统资源消耗与机顶盒解码复杂度.变帧率的特性使其可满足多种链路状况需求.该方法涵盖了目前存在的快进快退实现方法的两种取帧方式,且能更精确控制帧速率.实验结果显示,相比其它

方法 G-VFR 使快进快退码率得到更大程度的降低,在本文研究的 GOP 结构下可降到正常播的 22%。该方法已应用到 3Tnet 上海长宁区演示系统与上海嘉定有线电视系统。

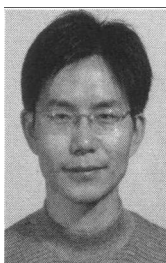
#### 参考文献:

- [1] J Lee, S Lee. A GoP-skipping-based dynamic transmission scheme for supporting fast scan functions of a stored video [A]. Proc IEEE TENCON 99 [C]. NJ: IEEE Press, 1999. 919 - 922.
- [2] G Ghinea, J Thomas. Quality of perception: user quality of service in multimedia presentations [J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2005, 7(4): 786 - 789.
- [3] C Lin, et al. MPEG video streaming with VCR-functionality [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2001, 11(3): 415 - 425.
- [4] T Ip, et al. Macroblock-based algorithm for dual-bitstream MPEG video streaming with VCR functionalities [A]. Proc IEEE International Symposium on Circuits and Systems [C]. NJ: IEEE Press, 2005. 2671 - 2674.
- [5] T Ip, et al. A simplified dual-bitstream MPEG video streaming system with VCR functionalities [A]. Proc IEEE International Conference on Image Processing [C]. NJ: IEEE Press, 2007. VI481 - VI484
- [6] D Andersen. A proposed method for creating VCR functions using MPEG streams [A]. Pro of the Twelfth International Conference [C]. Data Engineering, 1996. 380 - 382.
- [7] K Psannis, et al. MPEG-2 streaming of full interactive content [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2006, 16(2): 280 - 285.
- [8] K Yang, et al. Design of frame dependency for VCR streaming videos [J]. Signal Processing: Image Communication, 2007, 22(5): 505 - 514.
- [9] J Lou, et al. Complexity and memory efficient GOP structures supporting VCR functionalities in H. 264/AVC [A]. Proc IEEE International Symposium on Circuits and Systems [C]. NJ: IEEE Press, 2008. 636 - 639.
- [10] P Seeling, et al. Video Traces of MPEG4 and H. 264 Coded Movies [OL]. <http://trace.eas.asu.edu/tracemain.html>
- [11] P Seeling, et al. Video Traces for Network Performance Evaluation: a Comprehensive Overview and Guide on Video Traces and Their Utilization in Networking Research [M]. NJ, USA: Springer-Verlag New York, Inc. Secaucus, 2006.

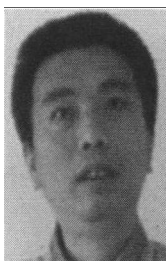
#### 作者简介:



周 军 男, 1982 年生于四川彭山. 博士研究生, 主要研究方向为网络新媒体.  
E-mail: zaju@mail.ustc.edu.cn



李 俊 男, 1973 年生于安徽寿县. 副教授, 主要研究方向为网络新媒体、网络传播系统与控制.



朱 明 男, 1963 年生于安徽滁州. 教授, 博导, 主要研究方向为数据挖掘与网络新媒体.