

文章编号:1001-9081(2009)12-3307-03

## MIMO 系统中的 H. 264/SVC 数据流抽取和重组算法

杨 金, 孙世新

(电子科技大学 计算机科学与工程学院, 成都 610054)

(rbjojo@yahoo.com.cn; sxsun@uestc.edu.cn)

**摘 要:**为了使 H. 264 可分级视频编码(SVC)生成的数据流分割为多个子数据流,便于在多输入多输出(MIMO)无线网络的不同子信道上传输以提高视频传输速率,提出了一个 SVC 数据流抽取和重组算法。在发送端,该算法利用 SVC 数据流的分层结构,将其中的基本层和增强层抽取为多个子数据流,并保持基本层子数据流能够独立解码。在接收端,该算法将接收到的子数据流重组成可解码的 SVC 数据流。实验证明该算法能充分利用 MIMO 系统提供的高带宽,并具有较低的冗余度和较好的灵活性。

**关键词:**H. 264; 可分级视频编码; 多输入多输出; 数据流抽取和重组

**中图分类号:** TP391 **文献标志码:** A

## Bitstream extracting and re-assembling for H. 264/SVC video transmission over MIMO system

YANG Jin, SUN Shi-xin

(School of Computer Science and Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu Sichuan 610054, China)

**Abstract:** In order to divide the H. 264 Scalable Video Coding (SVC) bitstream into sub-bitstreams that are transmitted in different Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) sub-channel to improve the video data transmission rates over wireless system, a bitstream extracting and re-assembling scheme was proposed to extract the basic and enhancement layers of SVC bitstream into sub-bitstreams at the sender side while keeping the sub-bitstream of basic layer to be decoded independently. At the receiver side the received sub-bitstreams were reconstructed by a bitstream re-assembling scheme into decodable SVC bitstream. Experimental results show that the proposed scheme can make full use of the high-bandwidth provided by MIMO systems with low redundancy and high flexibility.

**Key words:** H. 264; Scalable Video Coding (SVC); Multiple-Input Multiple-Output (MIMO); bitstream extracting and re-assembling

### 0 引言

移动无线通信技术的飞速发展使越来越多的视频信息得以在无线网络中传播。作为无线通信技术的重要突破,多输入多输出(Multiple-Input Multiple-Output, MIMO)技术相对于传统的单输入单输出(Single-Input Single-Output, SISO)技术可以提供更低的网络延迟和更高的带宽,使得无线网络中高质量实时视频传输成为可能。与此同时,ISO/IEC 组织和国际电信联盟联合制定了 H. 264/AVC 标准的最新扩展可分级视频编码技术(H. 264/SVC)<sup>[1]</sup>。H. 264/SVC 引入了分层的数据流结构,为视频信号提供了空间、时间、质量三个层次的可分级性,出色的灵活性和编码效率使其成为了无线视频传输的有效编码方案。MIMO 系统中的视频传输技术已经得到了广泛的关注和研究。文献[2]提出了在 MIMO 系统无线视频传输的方案。文献[3]提出了对被分割在多个子信道上传输的视频数据提供非平等数据保护(Unequal error Protection, UEP)的方法。文献[4-6]研究了 SVC 数据流的基本层和各个增强层在不同的 MIMO 子信道传输时通过信道选择和功率分配等方法提高视频传输质量。以上这些文献中都涉及到了将视频数据流的分割成子数据流用于不同子信道中传输的问题,但是却没有提出具体的数据流分割和重建的方案。为此,

本文利用 H. 264/SVC 中分层的概念,提出了 H. 264/SVC 视频数据流的抽取和重组算法,该抽取算法以网络抽象层单元(NAL Unit)为基本单位,将 SVC 数据流中的基本层和增强层分解为不同的子数据流,而且确保抽取出的基本层可以不依赖其他被独立解码。同时,该重组算法可以根据终端设备对空间分辨率和质量的需求,灵活选择适当的增强层与基本层重组获得可解码的 SVC 数据流。

### 1 系统结构描述

MIMO 空间复用技术可以为无线视频传输提供较大的带宽。本文着重研究 H. 264/SVC 压缩视频数据流在 MIMO 网络上利用空间复用技术进行传输的解决方案。图 1 展示了本文提出的 H. 264/SVC 与 MIMO 技术相结合的传输系统的基本结构(以一个 3×3 MIMO 系统为例)。在发送端,源视频数据被编码成为一个具有 3 层结构的 SVC 视频数据流。该数据流通过数据流抽取算法分解成为 3 个独立子数据流,每个子数据流经过调制和天线选择模块后被发送到 3 个不同的 MIMO 子信道中。在接收端,经过解调获得的 3 个子数据流通过数据重组算法进行重组。根据终端设备对分辨率、帧率等方面的不同需求,基本层与适当的空间增强层子数据流被重组成为可解码的 SVC 数据流。对于 PC 等终端设备,可以

收稿日期:2009-06-18;修回日期:2009-08-14。

作者简介:杨金(1981-),男,四川宜宾人,博士研究生,主要研究方向:视频压缩、视频传输; 孙世新(1940-),男,湖北孝感人,教授,博士生导师,主要研究方向:视频压缩、并行计算。

选择更多的空间增强层与基本层重组以获得更高的分辨率,而手机等终端设备则使用较少的增强层进行重组。最后重组后的 SVC 视频数据流通过解码器被还原成视频数据。

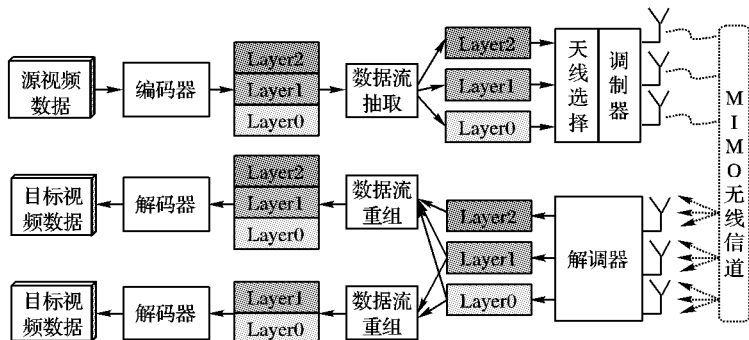


图1 SVC 视频数据流 MIMO 无线环境传输系统基本结构

## 2 SVC 可分级编码技术介绍

H. 264/SVC 创建基于层次结构的视频数据流,包含一个基本层 (Base Layer) 和一个或多个增强层 (Enhancement Layer)。每个增强层用于提高空间或时间分辨率或者视频质量,增强层必须依赖基本层以及比它低的增强层中的数据才能被正确解码。H. 264/SVC 的可分级性是指数据流中的一部分数据可以被移除以满足不同的终端用户以及网络条件的要求。H. 264/SVC 提供了空间、时间、质量三个层次的可分级性。空间可分级性指的是将数据流所支持的不同空间分辨率编码到不同的空间增强层中,每个空间层使用不同的 Dependency ID (DID) 进行标识。在 H. 264/SVC 中的时间可分级性是由分等级的 B-帧 (Hierarchical B-pictures) 的方式实现,每个独立的时间增强层由 Temporal ID (TID) 来标识。粗粒度质量可分级编码 (CGS) 的质量可分级性被看作空间可分级性的特例,它的质量增强层与基本层拥有相同的空间分辨率,每个 CGS 层拥有自己的 DID。中粒度可分级编码 (MGS) 的质量可分级性提高了数据流抽取的灵活性,它将宏块中的变换因子 (Transform Coefficients) 细化分割成多个质量层,每个质量层由一个独立的 Quality ID (QID) 所标识。与 H. 264/AVC 相同,已编码的 SVC 视频数据被组织在称为网络抽象层单元 (NAL Unit) 的数据包中,具有相同的 DID、TID、QID 的 NAL Unit 被称为处于同一可分级层 (Scalable Layer) 中<sup>[7]</sup>。

## 3 SVC 数据流抽取算法

SVC 数据流头中的第一个 NAL Unit 为 scalability\_info SEI (Supplemental Enhancement Information) message。它包含了此 SVC 数据流中所有可分级层的各种信息,每个可分级层对应一个从 0 开始递增的 Layer ID, num\_layers\_minus1 字段指该数据流所包含的 Scalable Layer 的总数减 1 的值。对于每一个可分级层, scalability\_info SEI 中包含该可分级层所对应的 DID、TID、QID 值,它对应的比特率、帧率、宽高分辨率,以及解码该可分级层所依赖的 SPS、Subset SPS、PPS 的 ID 号。除此之外, SVC 数据流头中还包括一组 Sequence Parameter Set (SPS)、Subset Sequence Parameter Set (subset SPS)、Picture Parameter Set (PPS),它们被基本层和增强层中包含视频数据的 Slice NAL Unit 引用以提供解码所需的参数信息,每个 Parameter Set 拥有自己的 ID 号。

每个子序列由一个 sub\_seq\_info SEI message 开始,它的

sub\_seq\_layer\_num 和 sub\_seq\_id 字段标识该子序列,这两个字段被用在后文的重组过程中标识多个子数据流中的同一子序列。Prefix NAL Unit 必须出现在第一个基本层 (DID = 0) 的

Slice NAL Unit 之前,为基本层解码提供信息。而后的一系列 Slice NAL Unit 按照可分级层次由低到高排列<sup>[1]</sup>。

我们的数据流抽取算法以空间增强层 (CGS 质量增强层被看作空间增强层的一个特例) 为抽取单位,而同一空间增强层中的所有时间、质量增强层被输出到同一个子数据流中,也就是说所有 DID 相同的 Slice NAL Unit 被抽取到同一个子数据流中。为了抽取 DID 为  $i$  的空间增强层,图 2 中描述的抽取算法如下:

- 1) 读取源数据流,在 scalability\_info SEI 中取得 DID 等于  $i$  的最大可分级层的 LayerID  $j$ 。
- 2) 将 scalability\_info SEI 中 LayerID  $\leq j$  的所有可分级层的相关信息写入新建的 scalability\_info SEI 中,并且将它的 num\_layers\_minus1 字段设为  $j-1$ ,将新的 scalability\_info SEI 复制到输出数据流。
- 3) 根据 scalability\_info SEI 中的信息,将 LayerID  $\leq j$  的所有可分级层解码所依赖的 SPS、Subset SPS、PPS 复制到输出数据流中。
- 4) 读取子序列,将开头的 sub\_seq\_info SEI 复制到输出数据流中。
- 5) 如果  $i = 0$ ,将 Prefix NAL Unit 以及紧接的基本层 (DID = 0) 的 Slice NAL Unit 复制到输出数据流中。
- 6) 如果  $i \neq 0$ ,将所有 DID =  $i$  的 Slice NAL Unit 按顺序复制到输出数据流中,然后跳转到 4) 直到源数据流结束。

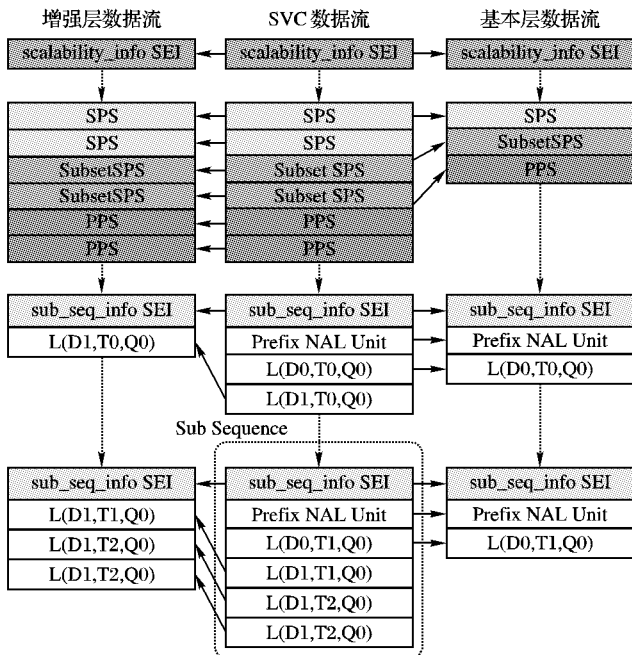


图2 SVC 数据流结构及其抽取过程

## 4 SVC 数据流重组算法

根据终端设备支持的空间分辨率、质量等需求,在多个数据流的 scalability\_info SEI 中查找对应的 DID =  $i$  的空间增强层子数据流,为了重组空间增强层 (DID =  $i$ ) 及其解码所依赖的基本层 (DID = 0) 和比它低层次的空间增强层 ( $0 < DID < i$ )

子数据流,图 3 中描述的重组算法如下:

1) 读取  $DID = i$  的空间增强层子数据流,将它的数据流头中的 scalability\_info SEI、SPS、Subset SPS 和 PPS 复制到输出数据流中。

2) 读取  $DID = i$  的空间增强层子数据流的子序列,从子序列开头的 sub\_seq\_info SEI 中读取 sub\_seq\_layer\_num 字段的值为  $x$ , sub\_seq\_id 字段的值为  $y$ ,并将该 SEI 复制到输出数据流中。

3) 在基本层 ( $DID = 0$ ) 子数据流中读取 sub\_seq\_layer\_num =  $x$  和 sub\_seq\_id =  $y$  的子序列,将 Prefix NAL Unit 以及紧接的基本层 ( $DID = 0$ ) 的 Slice NAL Unit 复制到输出数据流中。

4) 以  $DID$  从低到高顺序在所有空间增强层 ( $0 < DID < i$ ) 子数据流中读取 sub\_seq\_layer\_num =  $x$  和 sub\_seq\_id =  $y$  的子序列,将 Slice NAL Unit 按顺序复制到输出数据流中。

5) 将  $DID = i$  的空间增强层数据流中 sub\_seq\_layer\_num =  $x$  和 sub\_seq\_id =  $y$  的子序列中的 Slice NAL Unit 复制到输出数据流中,然后跳转到 2) 直到数据流结束。

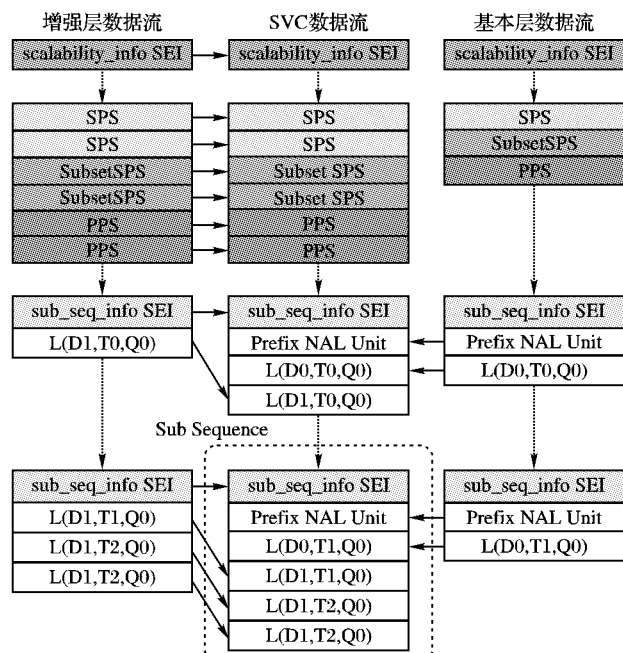


图 3 SVC 数据流重组过程

## 5 实验结果及其分析

为了对前面提到的 SVC 数据流抽取和重组算法进行验证,我们将 150 帧的 Bus 视频序列经过 H. 264/SVC 编码器压缩成为有 3 个空间增强层的 SVC 数据流,其中基本层的空间分辨率为 QCIF ( $176 \times 144$ ),而两个增强层的分辨率分别为 QCIF ( $176 \times 144$ ) (CGS 质量增强层) 和 CIF ( $352 \times 288$ ) (空间增强层)。表 1 是源 SVC 数据流和经过抽取算法后的子数据流的信息,可以看出 3 个子数据流所需的字节数之和为 876029 字节,比源数据流多出了 4714 个字节,增幅为 0.54%。这说明我们的算法能够很好地抽取出基本层和增强层子数据流用于 MIMO 无线系统传输,抽取过程中带来的冗余非常小。

经过 MIMO 系统传输后的数据流根据终端设备的需求可以重组成为表 2 中的 3 种可解码的 SVC 数据流。这说明我们所提出的系统不但最大限度地利用了 MIMO 技术提供的带宽,而且具有很好的灵活性,能够适应各种终端设备的需求。

同时可以看出基本层的重组不依赖于其他数据流,通过天线选择算法等技术提高基本层的传输质量,可以有效地提高视频传输可靠性。

表 1 SVC 数据流抽取结果

数据流	DID	空间分辨率	字节数/B
源 SVC 数据流	—	—	871 315
基本层 (L0)	0	QCIF	80 331
增强层 1 (L1)	1	QCIF	152 626
增强层 2 (L2)	2	CIF	643 072

表 2 SVC 数据流重组结果

数据流	所依赖数据流	空间分辨率	字节数/B
数据流 1	L0	QCIF	80 331
数据流 2	L0, L1	QCIF	232 185
数据流 3	L0, L1, L2	CIF	871 350

## 6 结语

为了实现将 H. 264/SVC 数据流分割为多个子数据流通过 MIMO 无线网络的不同子信道进行传输,本文提出了 SVC 数据流的抽取和重组算法。该算法可以将 SVC 数据流中的基本层和增强层有效地分解成独立的子数据流用于传输,并根据终端设备的需求选择适当的子数据流进行重组。实验证明该抽取算法保证了基本层子数据流可以独立解码,从而确保了无线传输的基本质量,并且具有比较低的冗余度。而重组算法可以根据终端设备对空间分辨率和质量的需求选择适当的子数据流进行重组,具有较好的灵活性。该算法可以作为 MIMO 系统上 SVC 视频数据传输研究的基础,便于下一步对多个子信道上的多个子数据流的非平等数据保护、速率控制等方面的研究,进一步提高 MIMO 系统下的无线视频传输的质量和效率。

### 参考文献:

- [1] ISO/IEC MPEG Joint Video Team (JVT), ITU-T Rec. H. 264, ISO/IEC 14496-10 AVC standard [S]. ITU-T VCEG, 2007.
- [2] JI Z, ZHANG Q, ZHU W W, et al. Video broadcasting over MIMO-OFDM systems, circuits and systems [C]// ISCAS '03: Proceedings of the 2003 International Symposium, Washington, DC: IEEE, 2003, 2: 844-847.
- [3] YANG G H, SHEN D X, LI V O K. Unequal error protection for MIMO systems with a hybrid structure [C]// ISCAS 2006: 2006 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Washington, DC: IEEE, 2006: 682-685.
- [4] SONG D W, CHEN C W. Scalable H. 264/AVC video transmission over MIMO wireless systems with adaptive channel selection based on partial channel information [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2007, 17(9): 1218-1226.
- [5] SONG D W, CHEN C W. QoS Guaranteed SVC-based video transmission over MIMO wireless systems with channel state information [C]// 2006 IEEE International Conference on Image Processing, Washington, DC: IEEE, 2006: 3057-3060.
- [6] JI Z, ZHANG Q, ZHU W W, et al. Power-efficient MPEG-4 FGS video transmission over MIMO-OFDM systems [J]. ICC '03: Proceedings of IEEE International Conference on Communications, Washington, DC: IEEE, 2003, 5: 3398-3402.
- [7] SCHWARZ H, MARPE D, THOMAS W. Overview of the scalable video coding extension of the H. 264/AVC standard [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2007, 17(9): 1103-1120.