

基于 H. 264/AVC 的视频通信抗分组丢失方法研究

周宁兆 宋 彬 常义林

(西安电子科技大学 ISN 国家重点实验室 西安 710071)

摘 要 H. 264/AVC 是新的视频编码标准,其高效的编码效率和良好的网络适配性,使它在多媒体通信中得到广泛应用.然而由于 Internet 网络是一种不保证 QoS 的“尽力”网络,基于 Internet 网络的视频业务将不可避免地受到数据分组丢失的影响,因此文中基于 H. 264 编码算法的特点提出多种新颖的视频抗分组丢失方法,包括 Tornado 码的不等保护,利用 SEI 域自适应改变纠错能力和交互式防误码扩散等.综合使用该文提出的多种抗分组丢失方法,在高丢包率环境下,与使用简单误码掩盖算法相比,恢复图像的平均 PSNR 可以提高 8~15dB,且算法与 H. 264 标准兼容,没有过多增加信道负担和运算复杂度,具有实用价值.

关键词 H. 264; Tornado 码; 抗分组丢失; SEI 域; 防误码扩散

中图法分类号 TN919

Error Resilience Techniques for Video Communication Based H. 264/AVC

ZHOU Ning-Zhao SONG Bin CHANG Yi-Lin

(National Key Laboratory of Integrate Services Network, Xidian University, Xi'an 710071)

Abstract H. 264/AVC, the result of the collaboration of the ISO/IEC Moving Picture Experts Group and the ITU-T Video Coding Experts Group, is the newest standard for video coding. H. 264/AVC can be widely used in many areas because of its higher coding efficiency and the network-friendly video representation. However, Internet is a best-effort network without ensuring QoS especially in real-time service(e. g. video communication), the packets lost will occur in video communication and the quality of the reconstructed image is reduced and even unaccepted. So error resilience techniques are necessary for video communication over Internet. This paper provides some error resilience methods based on H. 264/AVC, which include using a forward error correction Tornado code with packet unequal-protection according to different essentiality of video bit-stream, using SEI(Supplemental Enhancement Information)domain to change error corrected ability of Tornado code dynamically to adapt to the environment of the network, and a method of interactive error-propagation prevention, i. e. refreshing intra macroblocks in independent slice between encoder and decoder based SEI domain. Compared with simply using error concealment, the proposed techniques can improve the video quality about 8~15dB over variable and error-prone channel. Furthermore, these methods are compatible with H. 264/AVC without any increasing channel burden and arithmetic complexity, and can be used in practice.

Keywords H. 264/AVC; Tornado code; error resilience; SEI domain; error-propagation prevention

1 引言

随着第三代移动通信和 IP(Internet Protocol)网络的迅速发展,视频通信正逐步成为通信的主要业务之一.继制定了 H.261、H.263、H.263+ 等视频压缩标准后,ITU-T 和 ISO/IEC 联合制定新的视频压缩编码标准 H.264^[1,2],它同时也是 MPEG-4 第 10 部分的主要内容.制定 H.264 标准的目的在于更加有效地提高视频编码效率和它对网络的适配性,其编码算法可广泛应用于无线视频通信和 IP 视频会议等.

然而,由于 H.264 使用多种高效编码算法,使得视频码流对信道误码非常敏感,即使单个原发性错误,也可能会造成恢复视频质量的急剧下降,而 IP 网络丢包则更是无法忍受,严重时将导致解码端崩溃.因此,在基于 H.264 的视频通信终端上,必须采用有效的抗分组丢失算法,并结合多种视频抗误码方法,来保证恢复图像的质量.另外,在 IP 网络中,由于视频通信的实时性,通常不采用 ARQ(自动请求重发)方式重传接收错误的数据,而是使用基于分组前向纠错码,如纠删码 Tornado 码.

本文首先介绍了 H.264 编码算法和 Tornado 码的编译码原理,然后结合 H.264 编码算法的特点提出多种新颖的抗分组丢失方法,包括 Tornado 码的不等保护,利用 SEI 域自适应改变纠错能力和交互式防误码扩散等.综合使用本文提出的多种抗分组丢失算法,在高丢包率环境下,能够有效地保证恢复视频质量.

2 H.264 视频编码算法

H.264 标准是 ITU-T 最新的视频编码标准,即 ISO/IEC14496-10 或 MPEG-4 AVC.与目前使用最广泛的 H.263+ 标准相比,H.264 视频编码算法有许多新颖之处,下面首先给出 H.264 编码算法的新特点.

算法的分层结构. H.264 编码算法总体上分为两层:视频编码层(VCL)完成对视频内容的有效描述;网络适配层(NAL)完成在不同 QoS(服务质量)的网络上视频数据的打包传输.因此,VCL 的设计目标是为了提高编码效率,而 NAL 是解决视频 QoS 与网络 QoS 的适配.

高效的编码算法. H.264 编码算法使用了 1/4

像素精度运动搜索、可变块大小运动补偿、帧内预测编码等多种方法,有效地提高了 H.264 的编码效率.

补充增强信息域. H.264 中定义了补充增强信息(SEI),它的数据表示区域与视频编码数据独立,它的使用方法在 NAL 中给出.在 SEI 域内可以记入有用的自定义信息而不会影响基于 H.264 视频通信系统的兼容性.

多参考帧运动补偿.以前的视频编码标准中,预测(P)帧只使用前一帧图像来预测,而 H.264 编码器的运动补偿可以在大量已解码并存储的图像中选择参考帧,来达到提高编码效率的目的.

根据上述讨论可知,H.264 使用了多种提高编码效率的方法,与 H.263+ 标准相比,在相同信道速率下恢复图像的 PSNR 可以提高 2~3dB.但是,经过高效编码的 H.264 码流对信道误码,特别是 IP 网络丢包非常敏感,甚至会导致恢复图像的质量无法忍受.因此,本文将结合 H.264 编码算法的特点,提出多种视频抗分组丢失的方法.

3 Tornado 码编解码算法

Tornado 码属于纠删码,由 Luby, Mitzenmacher 和 Shokrollahi 等人共同设计完成^[3].由于这种纠错码的编解码速度快、算法简单,非常适合在实时视频通信中使用^[3,4].

3.1 Tornado 码编码原理

用 Tornado 码进行编解码是基于一个特定的图来完成,如图 1 所示.每一个用来进行 Tornado 码编解码的图是随机生成的一系列偶图中恢复概率最高的一个图^[3].

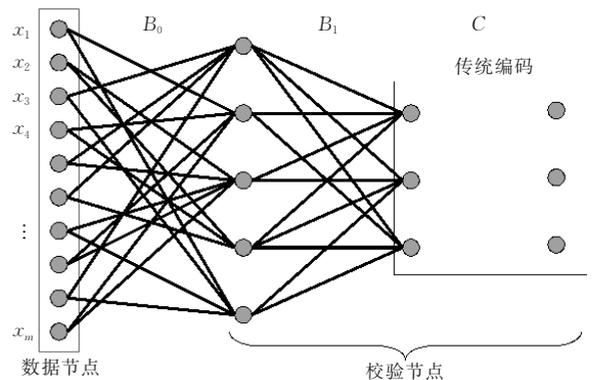


图 1 Tornado 码偶图结构

当对数据进行 Tornado 编码时,先将数据包分组,每一组中有 M 个数据包,Tornado 码将这 M 个数据包视为 M 个数据节点,与图 1 中 M 个数据结

点 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ 一一对应。同时图是由很多级偶图 (bitpartite graph) B_0, B_1, \dots, B_k, C 级连而成, 通过使用每一级偶图的连接关系可以由偶图的左节点生成右节点, 生成的方法是将与此右节点相连接的所有左节点进行异或, 异或后的结果就是生成的右节点。Tornado 码在最后一级使用传统的编码方法^[3] (如 RS 码等)。

3.2 Tornado 码解码原理

解码与编码类似, 使用校验节点来恢复数据节点。解码时从最后一级开始, 如果通过解码 C 恢复出了所有节点, 那么由 B_k 产生的校验节点就都恢复出来了, 然后用 B_k 恢复出由 B_{k-1} 编码生成的 $k-1$ 级校验节点, 以此类推, 直到第 0 级恢复出丢失的数据节点。这里使用的偶图 B_0, B_1, \dots, B_k 及 C 应与编码时所使用的偶图一致。

对于每一级偶图, 数据恢复的具体方法是: 如果有一个右节点没有丢失, 且与它相邻的所有左节点中只有一个节点丢失, 那么该丢失的节点就可以通过这个右节点与所有未丢失的左节点进行异或运算来恢复。

4 基于 H. 264 的抗分组丢失算法

在网络环境比较差的信道上进行视频通信时, 高丢包率将造成视频恢复质量急剧下降。另外, 由于 H. 264 使用去除时间相关性的帧间预测和去除空间相关性的帧内预测, 分组丢失还将导致误码扩散, 即不仅使当前帧出错, 而且会继续影响后续图像的恢复质量。因此, 需要采用多种视频抗分组丢失的方法^[5,6], 来保证 H. 264 实时视频通信的质量。

4.1 H. 264 的补充增强信息 (SEI)

在 H. 264 中定义了补充增强信息 (SEI), 它的

数据表示区域与视频编码数据独立, 使用方法在 NAL 中给出。本文将 SEI 的数据表示区域称为 SEI 域。每个 SEI 域包含一个或多个 SEI 消息, 而 SEI 消息又由 SEI 头信息和 SEI 有效载荷组成。SEI 头信息包括两个码字: 一个码字给出 SEI 消息中载荷的类型, 另一个码字给出载荷的大小。当载荷类型在 $0 \sim 255$ 之间时用一个字节 $0x00$ 到 $0xFE$ 表示, 当类型在 $256 \sim 511$ 之间时用两个字节 $0xFF00$ 到 $0xFFFE$ 表示, 当类型大于 511 时表示方法以此类推, 这样用户可以自定义任意多种载荷类型。其中类型 0 到类型 18 标准中已定义为特定的信息如缓存周期、图像定时等。由此可见 H. 264 中定义的 SEI 域可根据需求存放足够多的用户自定义信息。对于不支持解析这些用户自定义信息的 H. 264 解码器, 会自动丢弃 SEI 域中的数据。因此, 在 SEI 域内记入有用的自定义信息不会影响基于 H. 264 视频通信系统的兼容性。

本文根据 H. 264 标准对 SEI 域的描述, 在 SEI 域内存放用于视频抗误码的自定义信息, 这样既与标准兼容, 又利于采用有效的抗误码措施来保证恢复视频的质量。

4.2 Tornado 码保护算法

使用 Tornado 码对 H. 264 码流进行分组保护, 基本原理是: 首先将 H. 264 的 S 个 NALU (NALU) 分为一组; 然后将 S 个 NALU 等分为 M 个数据包, 其中每个数据包的长度为 K 个字节; 使用 Tornado 码编码生成 M 个数据包的 N 个校验包; 最后将 $M+N$ 个包 (分组 P) 通过 RTP 传送, 如图 2 所示。接收端在收到第 $P+1$ 组后开始检测第 P 组中是否有数据包丢失, 如果有就使用 Tornado 码进行解码, 恢复生成丢失的数据节点。

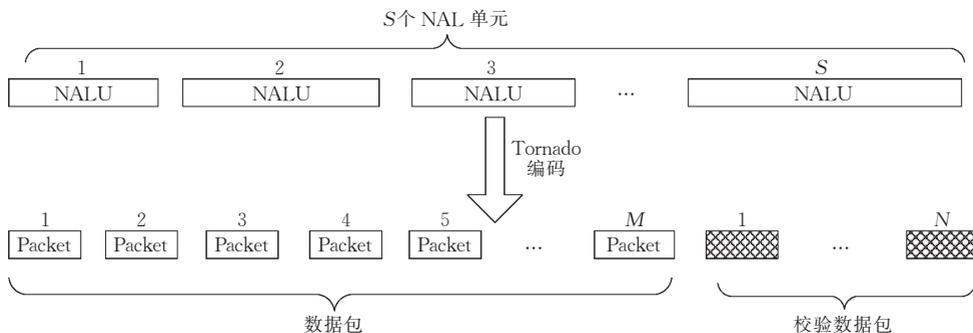


图 2 使用 Tornado 码分组保护 H. 264 码流的算法原理

4.2.1 改进的 Tornado 码保护算法

在实时视频通信中, 使用 Tornado 码保护会引

入延时, 延时的大小与图像数据组划分的大小相关。在图 2 中, 将 S 个 NALU 分为一组, 其中一个 NALU

包含一个 Slice 的码流数据. 如果一帧图像划分为一个 Slice, 则编码端就会有 S 帧的时延, 同样解码端也会有 S 帧的时延. NALU 与数据节点个数的关系如下式所示:

$$\sum_{i=0}^{s-1} \text{NalSize}_i = \text{PackSize} \times \text{DataNode} \quad (1)$$

式中 S 个 NALU 的长度值相加等于数据节点个数乘以每个节点数据包的大小. 由式(1)可以看出当 S 取值受限时, $\text{PackSize} \times \text{DataNode}$ 的取值也会受限, 另外由于要保证有效载荷传输的效率则要求 PackSize 取值不能太小, 因此 DataNode 的取值受限. 本文在 DataNode 受限的情况下, 提出了一种改进的 Tornado 码保护算法.

首先, 不采用多级偶图的编码方式, 而是只使用一级偶图的编码方式; 其次, 去掉最后一级的传统编码方式. 与原来的 Tornado 编码方式相比, 本文改进后的编码方法大大提高了算法的灵活性, 数据节点和校验节点的个数可以任意设置, 也降低了编解码算法的复杂度, 可用于实时视频通信的抗分组丢失. 另外, 在数据节点不多的情况下, 改进 Tornado 码的抗分组丢失性能基本没有下降.

4.2.2 不等保护的抗分组丢失算法

H.264 使用 Tornado 码保护时, 需要考虑数据包的大小、数据节点的个数以及校验数据的冗余度. 其中, 数据包长度要小于 MTU(网络的最大传输单元), 使得数据包不会被网络传输协议再次分割, 保证 Tornado 码的有效保护作用. 另外, 在视频通信延时允许的范围内, 可增加数据节点数 M , 从而增强 Tornado 码的抗分组丢失能力, 而当增加 Tornado 码校验节点数 N 时, 其抗丢包的性能也会增强, 当然冗余度也随之增加.

H.264 码流是基于 NALU 进行传输或存储, NALU(如图3所示)由 NAL 头信息和 NAL 载荷组成. NAL 头信息包含了 1bit 的 forbidden_zero_bit、2bit 的 Nal_ref_idc 和 5bit 的 Nal_unit_type, 其中 forbidden_zero_bit 总为零, Nal_unit_type 表示 NALU 的类型(H.264 中定义了 12 种类型). Nal_ref_idc 取零表示 NALU 中存放非参考图像的一个 Slice 或 Slice 数据分割, 不会影响后续解码; 而 Nal_ref_idc 取非零值表明 NALU 中存放一个序列/图像参数集或者是参考图像的一个 Slice 或 Slice 数据分割, 会严重影响后续解码.

因此, 在对 H.264 的码流进行分组保护时, 本文根据 Nal_ref_idc 的取值首先将 H.264 的数据分为

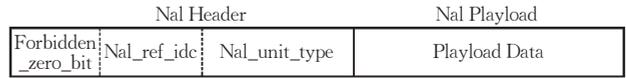


图3 NALU 结构

两类: 一类为相对重要的图像数据(即 Nal_ref_idc 等于 1), 另一类为次要的图像数据(Nal_ref_idc 等于 0). 然后, 对重要的图像数据使用冗余度较大、抗丢包能力强的 $TN1$ 码进行保护; 而次要的图像数据使用冗余度较小、抗丢包能力较弱的 $TN2$ 码进行保护. 通过这种不等保护算法, 保证了各类重要信息在高丢包环境下的正确恢复, 而对 $TN2$ 码未能恢复的图像信息采用误码掩盖和防止误码扩散技术.

4.2.3 利用 SEI 域的自适应不等保护算法

实际的 IP 网络常常是时变信道, 如果使用固定的 $TN1$ 和 $TN2$, 当信道丢包率较高时, 超过了 Tornado 码的纠错能力, 恢复图像质量将急剧下降. 而当信道丢包率较低时, 如果继续使用纠错能力较强的 Tornado 码其冗余开销大, 给在带宽受限的信道上传送高质量视频信号带来困难. 针对 H.264 的算法特点, 本文提出了基于 SEI 域的自适应保护算法, 来保证恢复视频的质量.

在基于 H.264 双向视频通信中, 通信系统的各个终端都既有编码器, 又有解码器. 因此, 解码端可以将丢失 NALU 中 Slice 的定位信息记入该终端编码码流的 SEI 域中, 发往远端. 其中, 出错定位信息包括 Slice 所在帧的序号和 Slice 在图像中的位置. 这样既不占用专门的反馈信道, 又能加快信息反馈的速度.

发送端收到 SEI 域表示的解码反馈信息后, 记录出错 Slice 的个数来感知网络丢包率. 每发送 N 帧图像数据后, 接收到出错 Slice 的个数超过某个特定的门限值(设为 G_1)时, 就要改变 $TN1$ 和 $TN2$ 的保护能力, 使用纠错能力更强的 Tornado 码; 否则, 保持原有的策略不变. 当信道丢包率由高变低时, 如果继续使用纠错能力强的 Tornado 码就会增大冗余度, 造成信道的浪费, 显然不利于恢复视频质量的提高. 因此, 每发送 N 帧图像数据后, 接收到出错 Slice 的个数低于某个特定的门限值(设为 G_2)时, 发送端就使用纠错能力相对较弱但冗余度低的 $TN1$ 和 $TN2$ 对 H.264 码流进行不等保护.

4.3 误码掩盖和防止误码扩散算法

在高丢包环境下, 如果丢包超过 Tornado 码的抗丢包能力, 本文在解码端进行误码掩盖: 首先通过

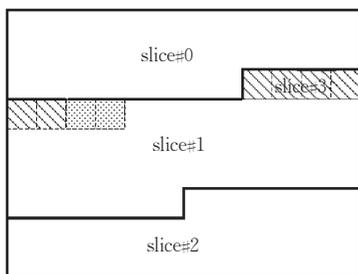
识别 NALU 头信息, 定位丢失数据包所在的 NALU; 然后将丢失数据的 NALU 整个丢弃, 由于 NALU 承载一个 Slice 的数据, 而一帧图像可能划分为多个 Slice, 则当丢失一个 Slice 后, 本文使用前一帧对应位置的 Slice 图像数据进行掩盖。

然而, 误码掩盖会造成编码端和解码端重构图像缓存内容不匹配, 从而导致误码在时间域上的扩散。例如, 当解码第 $N-1$ 帧有丢包时, 解码端会使用 $N-2$ 帧对应位置图像数据进行误码掩盖; 而编码端并不知 $N-1$ 帧有丢包, 会继续使用第 $N-1$ 帧的重构图像编码第 N 帧, 这样在解码第 N 帧时就会引起误码扩散。

另外, 由于 H. 264 使用帧内预测编码和环路滤波等算法, 误码不仅在时域上扩散还会在空域上扩散。因此与现有的视频编码方法相比, 高丢包环境下 H. 264 的解码恢复图像更容易出现误码扩散。误码扩散不仅使出错帧的恢复图像质量下降, 而且可能会给后续帧造成不可恢复的损失。避免误码扩散的传统方法是使用帧内帧刷新, 但是帧内编码会造成码流数据量急剧增大, 从而加重网络负担。

本文结合 H. 264 编码算法的特点使用帧内块刷新的方法防止误码扩散, 其原理如图 4 所示。当解码端出现 Tornado 码无法恢复的错误后, 解码端通过 SEI 域将出错的 Slice 号(图 4 中假设 slice#1 出错)发送给编码端, 编码端的帧内块刷新步骤是:

1. 在第 N 帧中, 编码端对 slice#1 按宏块扫描顺序, 从起始位置开始对 P 个宏块进行帧内编码;
2. 在第 $N+1$ 帧中, 对第 N 帧刷新的 P 个宏块重新划分为一个新的 Slice(slice#3), 而剩下的宏块仍划分为 slice#1, 接下来在 slice#1 中从起始位置开始继续对 P 个宏块进行帧内编码;
3. 在后继帧中, 重复步 2 的算法, 直到 slice#1 中宏块全部完成帧内编码。



□ 经过帧内刷新的宏块
 ◻ 未经过帧内刷新的宏块

图 4 帧内块刷新算法

在 H. 264 编码过程中, Slice 内各个宏块的帧间预测或帧内预测都无法跨越 Slice 边界, 而去方块

环路滤波也不会对 Slice 边界进行滤波。因此, 使用本文提出的帧内块刷新算法对 slice#1 中所有宏块进行帧内刷新后, 就可以完全消除 slice#1 中的误码扩散, 且对其它 slice 没有任何影响。

5 实验结果

本文使用标准图像序列“Container”和“Foreman”各 300 帧(重复 20 次)进行实验研究, 它们是 CIF 格式(352×288), $Y:U:V$ 是 $4:2:0$ 。实验中设定信道速率为 384Kbps, 目标帧频为 30frames/s, 用 PSNR 作为衡量恢复图像客观质量的测度, 并使用 Gilbert 马尔可夫模型来仿真 IP 网络丢包环境。另外, 使用 Tornado 码时, 每帧图像数据划分为 7 个 Slice(1 个 NALU 承载 1 个 Slice), 每 3 帧图像数据为一组编码, 即 21 个 NALU 组成 Tornado 编码的一个分组。实验中 4.2.3 节的参数 N 取值 100, G_1 和 G_2 分别取值 100 和 35。

首先, 在不同丢包率环境下, 图 5 给出下面 3 种方法性能比较的实验结果:

(1) 未使用 Tornado 码, 只使用本文给出的误码掩盖方法(NOEC);

(2) 使用固定 TN_1 码和 TN_2 码, TN_1 码为 $TN(30, 20)$ 码(其中数据节点 20 个, 校验节点 10 个), TN_2 码为 $TN(24, 20)$ 码, 其冗余度分别为 33% 和 16.7%。当网络丢包率超过 Tornado 码保护能力时, 进行误码掩盖(TNEC);

(3) 使用自适应 Tornado 码, 其中 TN_1 码可使用 $TN(40, 20)$ 码、 $TN(30, 20)$ 码, 它们的冗余度分别为 50% 和 33%; TN_2 码可使用 $TN(30, 20)$ 码、 $TN(27, 20)$ 码、 $TN(25, 20)$ 码和 $TN(24, 20)$ 码, 它们的冗余度分别为 33%, 25.9%, 20% 和 16.7%。同样当网络丢包率超过 Tornado 码保护能力时, 进行误码掩盖(ATNEC)。在表 1 中给出了不同 TN 码抗丢包性能比较的实验结果, 其中使用 TN 码进行信道编解码后的实际丢包率来衡量不同 TN 码抗分组丢失的性能。由图 5 可以看出, 当使用 TNEC 算法时, 与 NOEC 方法相比, 恢复图像的 PSNR 可提高 2dB 以上, 但是如果网络丢包率超过其抗丢包能力, 则图像质量也会急剧下降; 而使用 ATNEC 算法后, 在丢包率高达 16% 的环境下图像质量还可以接受, 与 TNEC 算法相比, 恢复图像的 PSNR 又可以提高 5~12dB。

然后, 本文在 ATNEC 算法的基础上, 又使用了

帧内块刷新的防误码扩散算法(ATNEC-IR),实验结果见图6.由图6可以看出,使用ATNEC-IR算法后,明显消除了误码扩散现象.另外,使用ATNEC-IR

算法,与ATNEC算法相比PSNR平均可以提高1dB左右.

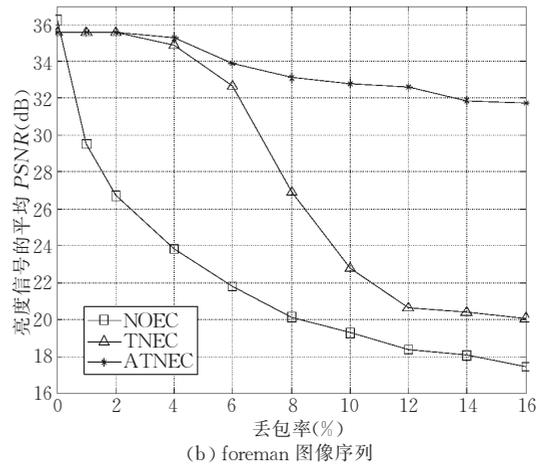
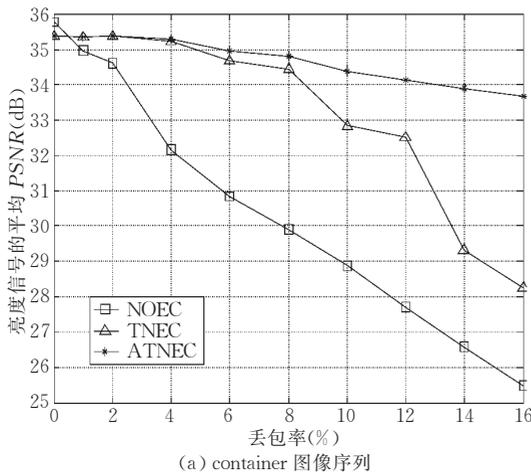


图5 基于 H.264 的抗分组丢失方法比较



图6 防误码扩散算法对恢复图像质量的改善(右图加入了防误码扩散算法)

表1 不同 TN 码的抗丢包性能比较

丢包率 (%)	TN 码 (%)				
	TN(40,20)	TN(30,20)	TN(27,20)	TN(25,20)	TN(24,20)
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3
6	0.0	0.0	0.1	0.8	1.3
8	0.0	0.3	0.4	1.4	2.2
10	0.0	0.8	1.3	3.2	4.0
12	0.2	1.1	2.4	3.9	4.9
14	0.4	1.4	3.3	6.7	8.1
16	0.7	2.3	4.7	8.4	10.5

6 结 论

本文根据 H.264 编码算法的新特点,提出基于 SEI 域的自适应 Tornado 码不等保护算法、误码掩盖和交互式防误码扩散等多种新颖的视频抗分组丢失算法.实验结果表明,在高丢包率环境下,综合使用本文给出的视频抗分组丢失方法,可以有效地保证恢复图像的主客观质量,且这些抗分组丢失方法与 H.264 标准兼容,具有实用价值.

参 考 文 献

- 1 Wiegand Thomas, Sullivan G. J., Bjontegaard Gisle *et al.*. Overview of the H.264/AVC video coding standard. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2003, 13(7): 560~576
- 2 ITU Telecom. Standardization Sector of ITU. Advanced video coding for generic audiovisual services. ITU-T Recommendation H.264, May, 2003
- 3 Luby M., Mitzenmacher M., Shokrollahi M. A., Spielman D., Stemann V.. Practical loss-resilient codes. In: *Proceedings of the 29th Annual ACM Symposium on Theory of Computing*, El Paso, Texas, United States, 1997, 150~169
- 4 Byers J., Luby M., Mitzenmacher M., Rege Ashutosh. A digital fountain approach to reliable distribution of bulk data. In: *Proceedings of ACM SIGCOMM'98*, Vancouver, British Columbia, Canada, 1998, 56~67
- 5 Song Bin, Chang Yi-lin. Research on H.26L based error-resilience techniques for video communication. *Journal of Xidian University*, 2003, 30(4): 450~454 (in Chinese)
(宋 彬,常义林.基于 H.26L 的视频抗误码方法研究.西安电子科技大学学报, 2003, 30(4): 450~454)

6 Song Bin, Chang Yi-lin. Subjective quality controlling based integrated error resilience technology for video communication. Acta Electronica Sinica, 2001, 29(7): 952~956(in Chinese)

(宋 彬,常义林. 基于主观质量控制的数字视频综合抗误码技术. 电子学报, 2001, 29(7): 952~956)



ZHOU Ning-Zhao, born in 1978, M. S.. His main research interests focus on video coding, video communications and related technique.

SONG Bin, born in 1973, Ph. D., associate professor. His research interests focus on video coding, video communications and related technique.

CHANG Yi-Lin, born in 1944, professor. His current research interests include span broad aspects of multimedia communications and network management.

Background

The research of this paper is supported by the National Natural Science Foundation of China "Research on Error Resilience Technology for 3G/4G Wireless Video Communications" (No. 60473043) and the Natural Science Basic Research Plan in Shaanxi Province of China "The Key Technology of Video Communication to Provide QoS Guarantee" (No. 2004F07), also supported by ISN National Key Laboratory and HuaWei Technology Limited Cooperation.

Recently, there is a great interest in video communications over IP network. H. 264 can be widely used in many areas because of its higher coding efficiency and the network-friendly video representation. However, video transmission

based on H. 264 over noisy channels is a very challenging task due to the very harsh and time-varying channel conditions. So error resilience techniques are necessary for video communication over Internet.

This paper provides some error resilience methods based on H. 264/AVC, which include using Tornado code as forward error correction with packet unequal-protection according to different essentiality of video bit-stream, using SEI domain to dynamically change error correction ability of Tornado code to adapt to the environment of the network, and an interactive method for error-propagation prevention.

《计算机学报》信息安全专辑 (2006年第8期)征文通知

信息已成为社会发展的重要资源,国际上围绕夺取“信息控制权”的斗争愈演愈烈,信息安全成为关系国家安全、经济发展和稳定的关键性问题,世界各国政府、学术界和企业界都高度重视信息安全,也加强了信息安全基础理论和自主关键技术的研究.《计算机学报》特别推出信息安全专辑,总结信息安全领域的热点问题和现状,展现信息安全领域的重大科技成果,开拓信息安全领域的新方向.

信息安全专辑在《计算机学报》2006年第8期(正刊)出版.本专辑将收录国内外信息安全领域具有创新性、突破性的研究成果.本专辑面向国内外征集论文,欢迎广大学者、专家、工程技术人员踊跃投稿.

专辑题目 信息安全

特约编委 冯登国(中国科学院软件研究所)

征文范围

信息安全专辑重点征集以下几方面的学术论文(不限于):

(1)信息安全体系结构,包括安全策略,安全模型,安全体系结构描述语言,安全体系结构形式化方法等.(2)信息安全算法及相关基础,包括密码算法,信息隐藏与检测算法,数字水印嵌入与检测算法,入侵检测算法,数据挖掘与过滤算法以及相关基础理论等.(3)信息安全协议及相关基础,包括认证协议,密钥交换与管理协议,电子支付协议,多方安全计算协议以及安全协议的安全性分析理论与方法等.(4)信息系统安全,包括网络安全,操作系统安全,数据库安全,服务器安全以及信息系统安全评估理论与方法等.(5)信息安全应用,包括电子政务、电子商务等领域中的安全解决方案,信息安全基础设施应用技术以及新技术应用带来的安全问题等.

投稿要求

来稿内容应属于作者的科研成果,数据真实、可靠,未公开发表过;引用他人成果已注明出处;署名无争议;是有创新学术见解的研究成果的完整论述,对该学术领域的发展有积极意义,字数一般不超过1万字.文章的格式符合《计算机学报》的要求(<http://cjc.ict.ac.cn>),来稿请注明“《计算机学报》信息安全专辑投稿”.

重要日期

截稿日期: 2006年4月5日

录用通知发出日期: 2006年5月15日

录用修改稿提交日期: 2006年6月5日

投稿方式及地址

E-mail 投稿: cjc@ict.ac.cn

信函投稿: 北京 2704 信箱《计算机学报》编辑部, 100080