

4.6 传输码流复用的实现

4.6.1 传输码流复用中的码率控制

MPEG-2 系统复用标准规定了如何将一路或多路视频、音频和数据复用成一个单一的码流，但没有规定具体的实现复用的过程，因此实际中可以采用各种不同的方式实现码流的复用。在实际的多路业务复用中，目前通常采用两种方式进行复用：固定比特率（Constant Bit Rate）和可变比特率（Variable Bit Rate）。

相对于恒定带宽的传输信道来说，MPEG-2 复用器输出的码流码率也是恒定的。所谓固定比特率和可变比特率的区别主要在于输入码率的不同。固定比特率复用是指输入到复用器的各码流的码率是固定的；可变比特率复用是指输入到复用器的各码流的码率是可变的。

1. 固定比特率复用方式

在固定比特率复用方式下，在接入复用器前各路信号要以恒定码率独立编码，在复用器的输出端，输出码流的码率为输入码率的简单叠加。

在 MPEG-2 视频编码中，由于存在不同类型帧的划分，导致不同视频帧码率大小差别很大，编码器直接输出的码率是不均匀的，这就与固定比特率复用方式下要求复用器的输入码率恒定产生矛盾。解决这个矛盾的做法是在每个编码器的末端设置一个缓存器，经过缓存后以恒定码率接入复用器。图 4-18 给出了固定比特率的编码复用方式。

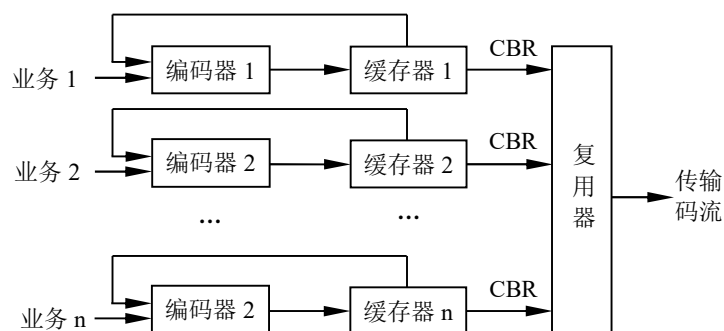


图 4-18 固定比特率编码复用方式

为了防止缓冲器上溢和下溢，必须采用码率控制策略，在保证缓冲器以恒定码率输出的前提下尽量提高图像质量。

码率的高低既取决于量化精度还取决于原始图像中细节内容的比例。图像细节丰富，量化精度高时，缓冲器可能溢出；反之，图像结构比较粗糙，量化精度低时，缓冲器中数据占有率低，因此，可以通过各种方法找出缓冲器与量化器之间的相应关系，将缓冲器充盈度信息反馈给量化器，控制量化精度，是缓冲器保持一定的占有率。

固定比特率编码复用方式优点是系统采用模块化结构，系统结构简单便于运行维护；缺点是不能合理利用频道资源，造成频道资源的浪费。

2. 可变比特率复用方式

在可变比特率编码复用方式下，量化精度相对固定，可以使各路图像的质量相当。但是由于图像内容随着时间的变化，容易造成同一业务的输出码率发生较大的变化，使传输控制变得复杂。

变码率码流复用中，由于在一个信道中能传输多个节目，各个节目的码率峰值出现的时刻不同，而且各个节目在同一时刻图像的复杂程度也不同。因此，在同一信道内对各个节目利用“错峰削谷”的手段，降低各路变码率节目同时达到最大和最小的可能，使各业务在互相叠加时，较大码率和较小码率相互补充，提高信道利用率。这种根据变码率的统计特性进行叠加，使复用后的码率波动大幅减少，同时根据视频码流的统计特性对带宽进行动态分配，增加信道利用率的复用方式，叫做统计复用。

根据复用控制方式的不同，统计复用可以分为带码率控制反馈实时编码的统计复用、无反馈码率控制的统计复用和基于分层编码的统计复用。

①联合码率控制

联合码率控制系统对各编码器实施联合控制，在保证信道传输恒定比特率码流的前提下，允许各路业务信源以可变比特率编码，以适应不断变化的信源需求。联合码率控制如图 4-19 所示，在复用器后设置缓存器取代固定比特率编码中各信源编码器后的缓存器，码率控制针对该缓存器。系统开始工作时，各个编码器可设置相同量化参数；当系统预测到复用后的码率超过信道允许的目标码率时，就按各路业务的图像复杂程度重新分配编码码率；然后编码器根据编码码率调整量化参数，使编码器的输出码率符合复用器输出的目标码率。

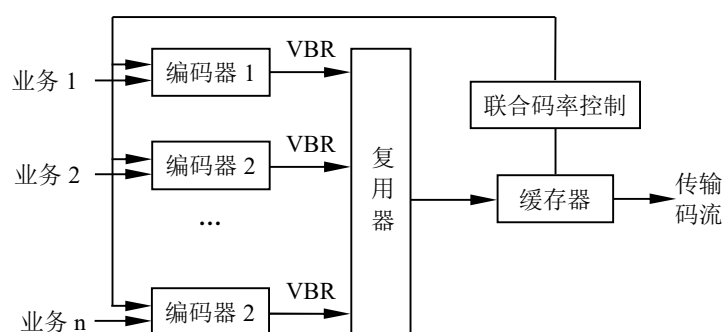


图 4-19 联合码率控制编码复用方式

②帧平移统计复用

无反馈的统计复用常用一种方式是帧平移法，其思路是利用 MPEG-2 的帧类型的差别，使总体码率比较均匀。

MPEG-2 编码码流具有明显的伪周期性，以 GOP 为周期存在较大的峰值，在每个 GOP 中，I 帧码率要远远大于 B、P 帧码率，而 P 帧码率又大于 B 帧码率。这种码流不利于信道接入，如果按最大峰值分配带宽，则多数时间码率小于峰值，必然浪费信道资源，若以平均码率分配信道带宽，则业务接入信道前，需利用缓冲器吸收最大峰值超出平均值的部分，所以缓存器的容量必须很大，这将增加传输延时，而且峰值码率出现时间很短，降低了缓存器

的使用效率。

帧平移法利用 IBP 帧码率的差异，如图 4-20 以第一路视频业务为基准，将后续接入的业务相对前一业务滞后一帧，这样就可以利用不同类型码率分布的差异减少各业务同时达到峰值的可能性。帧平移法虽然较为简单，但是，由于平移方式固定，不能根据各路视频业务内容变化进行调整。

第一路业务：IBBPBBPBBPBBPBBIBBPBBPBBP...
第二路业务：BIBBPBBPBBPBBPBBIBBPBBPBBP...
第三路业务：BBIBBPBBPBBPBBPBBIBBPBBPBBP...

图 4-20 帧平移统计复用方式

4. 6. 2 传输码流复用的信息调整

1. PCR 信息调整

数字电视传输流中含有 PCR 信息，码流复用会对 PCR 信号的精确度和稳定度产生影响，因此，在复用时需要调整 PCR。

复用导致的 PCR 偏差如图 4-21 所示，图中 PID 标为 100 到 400 的数据包为同一节目的 TS 包，而 PID 标记为 500 和 600 的数据包表示复用后插入的其他 TS 包，设输入码率和输出码率之比为 2：3，箭头代表 PCR 信号的时间点。可见，复用改变 TS 包在时间轴上的位置，从而改变了 PCR 的插入间隔。如果复用过程中不对 PCR 的值进行调整，仍然采用复用前的时间点上的 PCR 值，那么 PCR 的精确度会出现很大的偏差。假设输入码率为 4Mb/s，输出码率为 6Mb/s，偏差大约为两个输出 TS 包的宽度，在包长度为 188 字节的情况下，将产生 $2 \times 188 \times 8 \text{bit} / 6 \text{Mb/s} = 500 \mu\text{s}$ 的偏差，远远大于 MPEG-2 标准规定的 PCR 偏差 500ns 的上限。

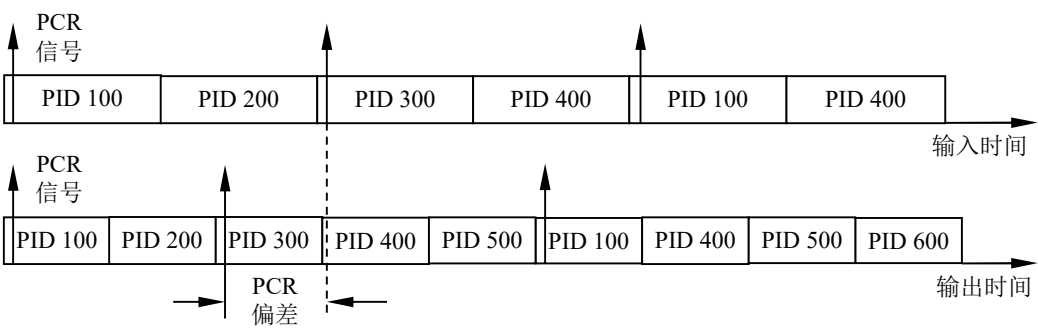


图 4-21 复用导致的 PCR 偏差

复用对 PCR 的调整，主要是使 PCR 精度恢复正常。首先使用系统时钟测量复用前后的 TS 包相对时间差 T，然后把 T 折算到基于原始 PCR 的相对时间差 T_{pcr} ，最后在输出的 TS 包上减去 T_{pcr} 。在图 4-21，就是修改输出 TS 包序列中的第二个 PCR 值，从原来的位置改为现在所在时间点的值，整个传输流中的其他 PCR 也存在偏差需要修改调整。

2. 服务信息调整

传输复用会使多路输入的节目流的参数产生冲突，如两路节目的视频流 PID 相同、两路视频节目的节目号相同等，这就需要复用器对输入码流的 PSI-SI 进行调整，或者更改部分 PID 以排除冲突。对码流中的 PSI-SI 信息的调整操作只能在复用器中实现，因为复用器是所有输入码流的汇合处，只有复用器才能获得足够的信息对 PSI-SI 进行调整而不至于产生新的冲突。

调整 PSI-SI 冲突的方法有两种：一种是复用器提供手工编辑 PSI-SI 和 PID 映射的功能，用户通过手工输入排除冲突。另一种是用户指定要复用的节目号和输入码流的 PID 值，复用器根据输入的 PSI-SI 信息自动生成输出流的 PSI-SI，并进行 PID 映射。后一种方法要求复用器具有分析输入 SI 的能力，实现比较复杂。实际中将这两种方法结合起来，既可以减轻用户负担，又有很大的灵活性。