A Novel Video Transmitting Solution：Rateless Channel Coding Method

# 一、Abstract——

Problem

Resolution（in this paper，proposed a system based on rcm）

impact(2db psnr增益，graceful ，ssim)

The explosive growth in wireless video causes huge demands for wireless video quality and efficiency. 传统的数字视频系统通过基于发送端速率自适应实现的混合重传机制（HARQ）会掉入“信道估计的困境”，只能达到阶梯型的速率调整，造成带宽资源浪费。

Thanks to the emerge of rateless coding modulation (RCM),we are able to transmit bits without knowing the channel condition. Further, RCM avoids the staircase effect and saves bandwidth. In this paper, we proposed a system based on RCM. In our system,视频经过h.264编码后再进行RCM编码，发送端持续地发送rcm编码后的符号直到收到接收端正确译码的信息；接收端对收到的符号进行与发送端互逆的操作。当接收端在正确译码后给发送端发送反馈信息提示正确译码.整个传输过程中接收端无需告诉发送端信道状况，从而避免了陷入信道估计的困境。 We show via experiments that our system outperforms the traditional digital video delivery system LTE by 2-3dB.

Key word——wireless video , channel coding

# I INTRODUCTION

According to Cisco VNI Forecast and Methodology[1], mobile video traffic accounted for 60 percent in 2016. Over three-fourths(78 percent) of the world’s mobile data traffic will be video by 2021, increasing 9-fold between 2016 and 2021. Traditioal wireless video communication system is designed according to Shannon’s source-channel separation principle. As shown in the figure, after prediction, transformation, quantization and entropy coding, video sequence is compressed into bit stream.

(Cisco report[1])无线视频在移动流量中占据了重要作用。传统的无线视频通信系统根据香农信源信道分离理论设计。信道中，为了提高效率，单播系统通常需要引入传输速率自适应，即编码和调制的选择随着信道条件的变化而调整。但是信道编码调制方式集合是有限的，并且难以保证信道估计的准确性，这种方式只能达到一个阶梯型的速率调整；信源端，通常采用预测、变换、量化和熵编码在应用层完成压缩。不同的参数设置将产生不同速率的比特流。为保证视频的比特率不超过物理层吞吐量，需要根据物理层的吞吐量决定编码使用的参数。物理层的吞吐量变化通常以毫秒为单位统计及预测，而视频压缩的时间尺度通常是以秒为单位，两者的不匹配导致了应用层参数设置滞后。因此，传统的数字方法很难保证无线视频传输的效率。

（速率自适应调制编码的局限性，难以实现无缝速率自适应）

如果有一个接收端速率自适应方法并且是无缝的——无缝是指速率变化时无码率的、平滑的。那么发送端可以连续生成并发送编码符号直到接收端正确解码并反馈确认，这样就可以达到节省带宽和避免阶梯效应的目的。幸运的是，rcm就可以满足我们对于接收端自适应的要求。

本文提出的h.264+rcm可以实现无缝速率自适应，发送端视频经过h.264编码后的比特流进行RCM编码，RCM递增生成具有细粒度比特能量分配的调制符号。收集调制符号递进地积累比特能量直到满足正确解码的需求。

在matlab上仿真的结果表明，和传统的数字视频系统lte相比，h.264+rcm在高信噪比条件下高出2-3db。

本文按照如下的结构组织。第二章介绍背景知识及相关工作，包括传统的视频传输方案AMC，harq，视频压缩编码方案H.264，无码率编码调制RCM；第三章介绍系统的整体框架，发送端和接收端的具体实施方案在第四章和第五章阐述；第四章详细介绍发送端的流程及ccm编码方案；第五章详细介绍接收端的流程及解卷积置信传播译码。在第六章中，我们设计仿真实验的环境，评估了h.264+rcm的仿真性能并和传统数字视频系统做了比较。第七章总结全文。

# II BACKGROUND AND RELATED WORK

(传输速率自适应HARQ，h.264,RCM)

自适应调制编码需要知道

Our system is related to a large body of work on AMC[][], SRA[][],

AMC：无线链路中，多径效应以及运动导致的多普勒效应使得信道条件是时变的。选择最低码率的信道编码和最低速率的调制可以保证在时变信道上传输的稳定性，但很明显会降低通信的效率。为了提高效率，单播系统通常需要引入传输速率自适应，即编码和调制的选择随着信道条件的变化而调整。众所周知的自适应算法是AMC。

但在实际的应用中这样的技术效果却不是很好，原因有三：一，无线信道变化莫测，接收端基于有限个参考信号进行估计，样本数量有限，很难保证准确性。如果实际情况比估计的好，则所选的编码调制方式不能充分利用信道容量；反之，如果实际情况比估计的差，则发送端无法实现纠错导致数据丢失；二，数字信道编码存在悬崖效应——在某个信噪比附近吞吐量随着信噪比降低急剧下降，即吞吐量并非平滑地变化。而发送端，无论是局域网802.11还是移动通信网LTE，可选的编码和调制技术都是有限的。因此即使拥有准确的信道估计，也只能实现不连续的阶梯型的速率调整（吞吐量曲线像阶梯一样）。阶梯间不连续的部分会降低通信的效率。三，在视频多播应用中，针对一个接收端的物理层传输速率自适应无法满足其他接收端的速率。



HARQ;

为弥补AMC中阶梯型速率变化问题，HARQ(Kim et al., 2011)已被应用到LTE系统。第二类 HARQ，即递增冗余法，通过可变码率编码，打孔Turbo码 (Rowitch and Milstein, 2000) 或者Raptor码 (Shokrollahi, 2006)，可以提供更加平滑的速率变化。随着LTE的演进， AMC和HARQ成为解决物理层速率自适应的主要方法。

h.264：除此以外，无线视频数据，通常使用混合编码技术压缩，即预测、变换、量化和熵编码。2003年3月份， ITU-T颁布了H.264视频编码标准。它不仅使视频压缩比较以往标准有明显提高，而且具有良好的网络亲和性，特别是对IP互联网、无线移动网等易误码、易阻塞、 QoS 不易保证的网络视频传输性能有明显的改善。H.264在应用层完成压缩。每种参数设置将产生不同速率的比特流。为保证视频的比特率不超过物理层吞吐量，视频通信需要引入码率控制模块，根据物理层的吞吐量决定编码使用的参数。注意到，物理层的吞吐量是时变的，通常以毫秒为单位统计及预测，而视频压缩的时间尺度通常是以秒为单位，两者的不匹配导致了与物理层速率选择类似的问题。

无缝速率自适应技术是指无线通信中，发送端无需改变传输方式，接收端的信息可以随着信道条件的变化自动的进行连续且平稳的调整。

RCM: 通常，假设信道噪声是高斯分布的，由信息论关于信道容量的定义可知，只有当信道的输入同样满足高斯分布的时候才能逼近信道容量，而通常信道编码的研究都是假设输入信道的信号是等概率的。为了获得更大的信道容量，一些研究者希望通过改变输入信号的分布概率(shaping) 来提高信道容量。 Forney等人[65] 指出，在带宽受限的高斯信道条件下，如果采用等概率的星座图进行调制，是不可能达到信道容量的，而且会产生大约πe/6(1.53 dB)的性能损失。叠加映射最初就是作为一种隐式成型技术(implicit shaping technique)被提出，Duan等人[66] 利用这一原理，将几个独立码字的输出进行叠加，根据中心极限定理，叠加了信道噪声的码字在接收端的分布近似为高斯分布。随后，这种星座映射方法由Ma 和Ping[67]进一步研究并命名为sigma映射(sigma-mapping)。最近sigma-mapping又再次被Wo[68]和hoeher等人[69]研究，并重新命名为叠加映射(superposition mapping，SM)，他们着重分析了基于SM的后验概率检测和LDPC编码策略。

RCM[20]本质上是一个迭代的sigma映射。它将L个比特与对应的权重进行相乘求和操作，将L个比特编码成一个调制符号：

其中，x为比特序列，L 是装载因子， W = {w1, w2, ...wL}, wl ∈R，是权重集，权重集中每个权重在一个算术求和式中必须出现且仅允许出现一次。下标il表示调制符号yi中权重wl所对应的比特索引。值得注意的是，在文献[67]和[68]中提到的sigma映射首先要将编码比特转换成BPSK 信号，再计算权重和。而RCM则是直接计算二进制比特对应权重的算术和。由于单极信号的效率不高，RCM使用了正负对称的权重，产生正负对称的符号，避免了单极信号的出现。

由于采用加权求和运算，使得比特到符号的映射不一一对应，而是多个 *L*长的比特会被映射成一个符号，相当于在比特到符号的映射过程中暗含了重复编码和随机交织器。这意味着，即使信道是无噪声的，也不能根据一个单独的调制符号正确的解映射出对应的原始比特。如果要正确解映射，就需要将每个比特调制到多个符号中，在接收端对多个调制符号进行联合解映射。

# III THE FRAMEWORK

（方案的总体设计原则，设计框架，具体实现过程，原理）



上图是h.264+rcm的总体设计方案。发送端视频序列首先经过h.264压缩编码。H.264采用变换和预测混合编码。预测值PRED和当前块相减后产生的残差块经变换、量化后产生一组量化后的变换系数，与解码所需的一些边信息（预测模式量化参数，运动矢量等）一起组成一个压缩后的码流。H.264的量化参数事先由rcm的谱效率及信道带宽确定。压缩后的码流进行RCM编码——每个RPC符号计算为：

其中W是测量矩阵。W的具体生成见第IV章。这些RPC符号直接用于信号的幅度调制。为了充分利用星座图平面，每两个连续生成的符号构成一个调制符号。

发送端根据RCM的编码规则生成编码符号。RCM编码规则具体见第IV章。先发送少量符号，再逐渐增加发送符号的个数，直到接收端正确译码并反馈给发送端一个已经正确译码的信号。发送端接收到接收端的反馈，开始发送下一组比特的符号。整个过程发送端和接收端不需要知道信道条件和信道反馈。发送端的详细过程见第IV章。

接收端连续地接收发送端发来的符号并译码。正确译码后给发送端一个反馈信号。接收端采用解卷积置信传播译码。卷积置信传播译码的具体实现见第V章。

接收端将接收到的符号译为比特流后再进行h.264解码。经熵解码得到量化后的一组变换系数X，再经反量化、反变换，得到残差。利用从该比特流中解码出的头信息，解码器产生一个预测块，它和编码器中的原始PRED是相同的。该解码器产生的PRED与残差相加后滤波，这个滤波后的结果就是最后的解码输出图像。

# IV VIDEO SENDER

发送端，H.264的量化参数由RCM的谱效率和信道的带宽确定。H.264的量化步长QP决定量化器的编码压缩率及图像精度。一般标量量化器的原理为：

其中，y 为输入样本点编码， QP为量化步长， FQ为y的量化值。其相反过程，即反量化为：

在量化和反量化过程中，量化步长QP决定量化器的编码压缩率及图像精度。如果QP比较大，则量化值FQ动态范围较小，其相应的编码长度较小，但反量化时损失较多的图像细节信息；如果QP比较小，则FQ动态范围较大,相应的编码长度也较大，但图像细节信息损失较少。编码器根据图像值实际动态范围自动改变 QP 值，在编码长度和图像精度之间折衷，达到整体最佳效果。

在H.264中，量化步长Qstep共有52个值。量化参数QP是量化步长的序号。应用时可以在这个较宽的量化步长范围根据实际需要灵活选择。

无线视频系统可以发送的比特数由如下公式得出：

其中，M为固定带宽下可以发送的符号数，goodput是信道编码的谱效率。公式求出来的比特数就是发送端可以发送的比特数，从而得到h.264相应的QP值。

发送端的H.264和无码率编码都具有线性复杂度.

4.1RATELESS VIDEO CODE(RCM)

定义N为比特块长度，K为成功解码所需的调制符号的数量。在传输过程中，首先传输K0个调制符号，以KC为步长增加调制符号数量直至正确解码。因此可以达到的调制速率为：

R=N/K=N/(K0+i\*KC) i=0,1,…

为了实现速率可变调制，需要均匀分配比特能量。传统的64QAM每3个比特一组加权求和生成一个符号。RCM的方法要求每个比特比特被多个符号采样并且每个比特采样的权重具有相同的欧拉范数。只有这样的映射才能使得比特能均匀增加。用一个M x N的邻接矩阵G实现从比特到符号的映射。

4.1.1构造编码矩阵

在RPC中，映射矩阵G是稀疏的，每一行只有L个非零元素。这里L为8.每行的L个权重是权重符号集W={-1,1，-2,2，-4,4，-4,4}的一个乱序。G的构造需要考虑CS的可译码性和信道特征。根据cui et al.(2014)，矩阵G应该具有规则的行，矩阵G的列应该尽可能的规则，权重集合应该可以生成较多的符号值。以权重集合{-1,1，-2,2，-4,4，-4,4}为例，它满足以上约束条件。接下来构造映射矩阵G，当行数M变化时依然保持良好特性。构造三个基础矩阵A1、A2、A4。每个基础矩阵的维度是N/8 x N/4。A1的结构如下。A2和A4具有相同的结构，非零元素换成+2/-2和+4/-4。

A1 =

其次，随机排列这三个基础矩阵并填充到一个N/2 X N的矩阵G0中，如下所示：

G0 =

其中表示将矩阵的列随机排列。

由于x的元素要么是0要么是1，因此共有23个不同的RPC符号，符号值为从-11到+11之间的整数。每两个RPC符号作为发送无线符号的IQ分量。传统调制的无线符号是由几个相邻比特映射组成的。但是RPC使用了一个非传统的23x23的星座，比传统的无线通信系统使用了更加稠密的星座。在差的信道条件下，接收端需要更多的调制符号来成功译码。在发送端，一个比特串可以产生无限多个符号，每个符号由不同L个比特生成。当信道条件好的时候，较少的符号数就足够完成译码。当信道条件差的时候，发送端需要持续发送符号，直到接收端成功译码后反馈ACK。因为通信速率由N除以无线符号个数计算，RPC实现了平滑的速率自适应功能。

# V VIDEO RECEIVER

基于接收到的符号y，RPC译码就是求解具有最大后验概率的x。置信传播算法是解决这类问题的高效方法。

5.1 解卷积置信传播译码

假设u’表示接收到的编码符号，则=**G** \* **b** + **e**，**e**是高斯白噪声，e（m）~N（o2）。解调过程就是找到以下问题的最优解：

采用BP算法进行解码。令v和c分别表示变量节点和约束节点。

(1) 初始化：用先验概率初始化从变量节点到约束节点的消息。

uv->c = pv(1) = p

(2)水平迭代(约束节点解码)：

每个约束节点c，通过卷积（下式1）计算概率分布pc（.），由c所有相邻节点计算得出的约束节点的概率密度函数。

通过解卷积（下式2）计算pc\v（.），除了变量节点v以外，由c的其它相邻节点计算出的约束节点的概率密度函数：

利用噪声概率分布pe和收到的符号值sc，计算pv（0）和pv（1）：

最后，计算并归一化消息uc->v：

(3) 垂直迭代(变量节点译码)：每个变量v，通过相乘pv(0)和pv（1）：

利用来自于每个邻居约束节点的消息，通过相除并归一化计算:

每次迭代重复步骤2和3。

(4) 硬判决：每个变量节点v使用上式计算和，最后做硬判决。

增加迭代的次数可以提高译码的正确性，但译码的复杂性也随之增加。

# VI MPLEMENTATION AND EVALUATION

(INCLUDE RESULT)

A. Experimental Setup

在我们的系统中，影响因素主要有snr，量化参数QP，rcm的谱效率，带宽。谱效率和带宽的关系由公式xx可以得出。本章我们比较了在不同的影响因素组合下视频的性能。

Test videos:

We choose x standard test video sequences of different resolutions, which are Parkrun of 720p, foreman of 352\*288, balloons of \*…. The diversity of these videos provides a good coverage for our analysis.

Channel setting:

We use AWGN channel with SNR range from 5 to 25dB. 无码率编码CCM的性能与信道发送的符号数成比例，符号数越多，译码的性能越好。对于任何的视频传输系统来说，如果不限制带宽，其性能都可以无限增加。为了公平的比较，本系统限制带宽和softcast一样。举例而言，Softcast发送352x288的视频序列需要使用50688个无线视频符号，那么我们使用rcm的系统也只能发50688个符号，根据这个符号数和rcm的谱效率可以求出h.264的量化参数，使得经过h.264压缩后的比特流正好能够被发送。The bandwidth is the same as that LTE uses.

Reference schemes:

We use MCS in LTE as the reference scheme. The channel coding scheme in LTE is Turbo Coding with a coding rate R=1/3. The modulation schemes supported are QPSK, 16QAM and 64QAM.

Evaluation criteria:

We compare the four schemes using the Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR). PSNR is a standard measure of video/image quality. PSNR is computed by the following formula:

where MSE is the mean square error of all pixels. For the reconstructed video PSNR, we take the average value of all frames.The key thing to note is that a PSNR below 16dB is effectively noise, whereas a PSNR above 40dB is excellent quality. A PSNR increase of 3dB means that your video quality is relatively twice as better.

B. Comparison with the reference schemes

接收端，迭代的次数影响译码的正确性和复杂性。本系统使用30次迭代。

下图是720p的park\_run.yvu在我们的系统和传统数字系统中的性能比较。

（放一下不同snr下的QP的表）



（和数字视频的性能，softcat比较psnr；跑一下foreman，park\_run(720p)，football（352x288）；snr：5:1:25和harq比较谱效率；）

# CONCLUSION

在这篇文章中，我们基于RCM设计了一个视频传输系统，证实了RCM在实际系统中的可行性。formulate我们这个系统中H.264的参数设置问题。通过仿真实验，比较了在相同带宽下我们的系统和传统数字视频传输系统的性能。实验结果表明在最佳情况下，我们的系统比传统数字系统的性能好xx dB。

REFERENCE