

Mathematics Mapping Model of Network Video Packet Loss Rate and the Quality of Experience under the Internet of Things

Yibin Hou, Jin Wang

School of Software Engineering, Department of Information, Beijing University of Technology, Beijing
Email: ybhou@bjut.edu.cn, 805372192@qq.com

Received: May 30th, 2019; accepted: June 14th, 2019; published: June 21st, 2019

Abstract

The mapping model of the network and network video packet loss rate to the quality of user experience is a hot topic in the academia and the industry and commerce. In order to study the influence of packet loss on QoE and establish the Mapping model of packet loss rate and the Quality of experience when the video transmits in the network, this paper builds an NS2 + MyEvalvid simulation platform, focuses on the influence of packet loss on QoE and establishes the Mapping model of packet loss rate and the Quality of experience. Simulation results show that packet loss has a significant influence on Quality of experience. Packet loss rate and the Quality of experience present a nonlinear relationship. Therefore, based on the study, packet loss has a significant influence on Quality of experience, using a nonlinear regression analysis method to establish the Mapping model of packet loss rate and the Quality of experience.

Keywords

Packet Loss, Packet Loss Rate, Influence, Quality of Experience, Mapping Model, Network Video

物联网下网络视频丢包率到用户体验质量的数学映射模型

侯义斌, 王 进

北京工业大学信息学部软件学院, 北京
Email: ybhou@bjut.edu.cn, 805372192@qq.com

收稿日期: 2019年5月30日; 录用日期: 2019年6月14日; 发布日期: 2019年6月21日

摘要

物联网和网络视频丢包率到用户体验质量的映射模型是学术界和工商界的热点话题。为了研究视频在网络传输过程中丢包对QoE的影响并建立丢包率到QoE的映射,搭建了NS2 + MyEvalvid实验仿真平台,重点研究丢包对用户体验质量QoE的影响并建立丢包率到用户体验质量QoE的映射。仿真结果表明,丢包对用户体验质量QoE有着显著影响,丢包率和用户体验质量QoE呈现一元非线性关系。因此,在研究丢包对QoE有显著影响的基础上,采用一元非线性回归分析的方法建立丢包率到用户体验质量QoE的映射。

关键词

丢包, 丢包率, 影响, 用户体验质量, 映射模型, 网络视频

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

目前,国际信息化的发展促使国际间人们的交流日益广泛,网络视频业务也日益增多。在信息产业中,网络视频业务正成为当今计算机网络界最流行的应用,从国际国内交流到生活和娱乐,视频渗透到我们生活的各个方面。然而网络本身并不完善,本质上是一种失真网络。因此,引起了学术界和工业界的广大专业人士思考是什么原因导致视频质量下降以及如何评估网络视频的质量。为此,我们建立视频质量评估模型对视频的质量进行评估。网络TCP/IP协议本身只是一种尽力而为的协议[1][2],在这种服务模型下,所有业务流公平地去竞争网络资源,不能满足对带宽,延迟,抖动等有特殊要求的新型应用。这些新型应用促成了服务质量(Quality of Service, QoS)概念的出现。网络视频失真将严重影响用户体验质量QoE。因此,为了满足用户的终端体验质量需求,需要建立优化的视频质量评估模型。QoE的评价方法中主观方法操作起来十分的困难,因此客观QoE评价方法即将测量得到的丢包率映射为QoE成为一种新的方法。通过对网络视频失真深入的分析,可以知道网络视频传输失真的主要表现形式是延迟、丢包和抖动。其中,延迟几乎对视频的质量没有影响,而网络的抖动所导致的效果就是丢包,所以统一采用丢包率衡量网络的性能。因此,我们研究丢包对QoE的影响并建立丢包率到QoE的映射。

2. 相关工作

文献[1]提出一套基于PSNR值的通过对视频源编码,传输,修复,比较评价等模块实现对视频传输及评价整个过程的仿真的视频评测框架EvalVid。文献[2]说明了在H.264视频中区分了I, P, B帧的优先级并提高了视频质量,但没有深入的分析每一帧对用户体验的不同影响。文献[3]得出影响MPEG2视频质量的主要因素有编码率和丢包等,但是没有丢包率到PSNR值的映射。文献[4]选用MPEG4, H.264, H.263三种视频格式在Evalvid框架下分析不同位置丢包对QoE的影响。文献[5]为了支持大规模的部署,提高精确性和可行性,建立了一种数据包丢失与失真视频关系的评估模型。文献[6]说明由于分组过程中视频数据包的损失, QoE/QoS(体验质量/服务质量)的服务可以强烈的退化。它验证了一个单一的I帧数据包丢失导致视频减值,并显著性降低视频质量。文献[7]为了说明丢包对视频质量的影响,设计了一个实时的数据包分析系统去监测数据包丢失。文献[8]介绍一种模型来说明QoS参数对用户感知的视频质量

的影响,分析了在各种网络配置下 MPEG-4 视频传输的 QoS 参数,得到了 QoS 参数如何影响用户感知的视频质量。

3. 丢包对 QoE 的影响

通过深入分析失真网络,我们知道网络视频传输失真的主要表现形式是延迟、丢包和抖动。其中,延迟几乎对视频的质量没有影响,而网络的抖动所导致的效果就是丢包,所以统一采用丢包率衡量网络的性能。本节主要是在使用 MPEG4 编码器的基础上研究丢包对 QoE 的影响。MPEG 是 Moving Pictures Experts Group (动态图象专家组)的简称,是国际标准化组织(ISO)成立的专责制定有关运动图像压缩编码标准的工作组所制定的国际通用标准。其中 MPEG1 是 VCD 的视频图像压缩标准; MPEG2 是 DVD/超级 VCD 的视频图像压缩标准, MPEG4 是网络视频图像压缩标准之一。MPEG4 之优势在于其压缩比(最大可达 4000:1),低位元速率,较少之核心程式空间,加强运算功能,及强大之通讯应用整合能力,已成为影音数位视讯产业,最重要之功及标准格式。日本 NTT 制定标准,让动态影像能以不同通信速率传递。国际电脑界推出了适合电视动画、移动通讯、电脑互动影片、随选视讯的第四代动态影像解压缩协定——MPEG4,这一协定将使得动画影像应用范围更加广,画面更加自然。VCD 可以在符合第一代动态影像解压缩协定(MPEG1)的多媒体电脑上播放,如果透过网络传输播放影像,大约要通过 64 K 以上的数据专线或整体服务数据网络,才能够观看到比较自然的影像。高画质电视或高容量 DVD 则使用第二代动态影像解压缩协定(MPEG2),电脑如果要看 DVD 光盘,除了 DVD 光驱外,还要加装动态影像解压卡(当然, CPU + 3D 加速卡,完全可以以软解压的方式来实现),因为高画质电视处理资料量为普通动画影像的 6 倍,若在网络上传输,至少要用 3 Mbps 的专线,相当于两条 T1 专线,根本无法普及化。因此,日本 NTT 移动通信网公司主导国际电信标准组织,在包括松下、东芝、富士通、恩益禧等电脑通讯业者参与下,着手开发宽频移动通信,又称为下一代移动通信,让不同速率的通信传输都可结合 MPEG4 播出,也搭配制订了 MPEG4 标准。NTT 在日本电脑展上展示了以 28,800 bps 传输,每秒播放 10 个 176 乘 144 画面的迷你画面,适用于视讯电话或远距监视;若改用流行的 56 Kbps 猫,传输的画质会更好,还能校正解压缩错误,避免影像漏失;如果用 384 Kbps 数据专线,就可以每秒 15 至 30 画面速度播放,画面大小为 352 乘 288;若是 2 Mbps 专线就能播出完整的 720 乘 480 画面,每秒 30 个画面,这和当时电影、电视效果就完全相同了。MPEG4 影音数位视讯产业已在台湾异军突起,悄悄地在市场中展现具潜力之商机。MPEG4 是一个影音串流视讯压缩技术及商业标准格式,继 MPEG2、MP3、VCD、DVD 之后, MPEG4 之优势压缩比(最大可达 4000:1),低位元速率,较少之核心程式空间,加强运算功能,及强大之通讯应用整合能力,已成为影音数位视讯产业,最重要之功及标准格式。亚洲国家(主要以日本、中国台湾、韩国及大陆为主轴)是一个不论在 IT、IA 及无线通讯产品设计、研发及生产上成长最快速之市场;台湾厂商在此产业动向,更扮演其重要之角色。继台湾在传统夕阳产业及科技人力密集之生产制造基地,转移至海外,其中以大陆为最大之产业外移地区,台湾产业生态必然受到冲击及转型,研发,设计, IP (智慧财产)及专业之系统整合俨然成为台湾产业必经之定位,从美商 Intel 及 Phoenix 至台湾设立研发中心,不难看出其端倪。MPEG4 影音数位视讯产业所研发,设计及系统整合方面,藉著产业世代交替阶段中,孕育出丰富之商机,其 MPEG4 影音数位应用商机可分为三大类:一、以安全系统,数位监视系统(Surveillance)为主--MPEG4 的高压缩比,能够让数位录(放)影机传输更快,存取空间更少。并可透过 Internet 传输,播放较佳的影像品质,其中 IC 晶片厂商有 TI 及凌阳为主;因主要是在监控应用可搭配一般的数位或类比监视系统应用中,此数位监视系统或数位监控录影——DVR (Digital Video Recorder)可与宽频网际網路(Internet)及无线通讯(WLAN)结合,衍生出更多之 MPEG4 应用商机;国内有潜力之厂商包括:悠克、慧友、镇宇、.....二、以数位相机(DSP),一般数位 DV 摄录影机(CCD),可携带型 MPEG4 (或 DivX)多媒

体影音(录)放, 影机(Portable MPEG4/DivX Player or Viewer)为主, 此应用领域需较高品质之影像解析度或画素, 通常为百万画素, 彩色液晶萤幕以 1.5 吋、2.5 吋及 3.5 吋为主, 影音动画可达到 $160 \times 120/320 \times 240$ (DSP)或运用 DXP 讯号处理(CCD)加入了 MPEG4 影音录功能, 使其增加更多的空间; 录制高品质之影像和语音, 此应用领域可与手机或 PDA 整合加入 MPEG4 影音压缩功能, 并可与无线通讯(Bluetooth 及 WLAN)整合, 成为便利之无线影音应用产品。国内有潜力之厂商包括: 天瀚、明碁、致伸、东雅、金宝、建邦.....此市场供应商一直是以日本为主, 主要厂商包括: Sharp、Sony、Panasonic、Nikon、FujiFilm、Olympus、Canon.....三、以可携带型之行动数位影音录放影机 DVR、数位电视/视讯广播机上盒 DVB (Digital Video Broadcasting)及 STB (Set-Top-Box)为主, 从类比到数位, 从一般的广播到录放功能, MPEG4 已在数位影音录放领域扮演革命性的角色; 其中最大的特色是有 HDD 硬碟或 CD-RW 整合到系统中, MPEG4 已逐渐地在数位影音录放领域中取代了 MPEG2 的地位; 虽然 DVB STB 以 MPEG2 为其为其标准之压缩规格, 主要 DVB 晶片供应厂为 ST (5518)及 Fujitsu (2250)为主流, 其中 PVR (Personal Video Recorder)功能已运用到 STB, 但市场尚未打开; 同时市场已有以 MPEG2 之外接式 DVR; 将来 MPEG4 整合 HDD 及 CD-RW 之外接用 DVR, 即可取代 MPEG2 DVR, 同时也会刺激 MPEG4 跨入 DVB STB 之压缩技术升级。

3.1. 实验环境

由于在真实的网络上, 无法量化的去模拟网络不同程度的损伤。为此, 在 windows 上搭建 cygwin + NS2 的网络仿真环境, 通过改变 QoS 参数的方法去模拟网络不同程度的损伤。再将 NS2 和 Evalvid 进行整合得到 MyEvalvid。MyEvalvid 使得 Evalvid 能通过 myEvalvid, my_UDP, my_Evalvid_Sink 这三个接口程序与 NS2 做沟通, 介绍如下。1) myEvalvid: 读取经 VS 程序处理过后的影片记录文件, 把记录文件中的每一个画面切割成较小的片段, 并在用户在 Tcl Script 中设置好的时间内把这些区段往较底层的 UDP 层传送出去。2) my_UDP: 基本上 my_UDP Agent 只是 UDP Agent 的延伸。这个新的 Agent 把封包传送时间、封包的识别和封包负载大小记录在 Tcl Script 中所设置的文件中。3) myEvalvid_Sink: 接收由 my_UDP 所传送出去的封包, 并且记录接收时间、封包的识别和封包负载大小, 记录在 Tcl Script 所设置的文件中。

3.2. 拓扑结构描述和高清视频选择

有线拓扑结构一共有 4 个节点, n_0 与 n_1 和 n_2 与 n_3 之间是双工链路, 链路的频宽是 10 MBps, 延迟的时间设置为 1 ms。 n_1 和 n_2 之间是单工链路速度, 频宽是 640 kb, 延迟的时间设置为 1 ms。单工和双工的队列管理机制都采用 DropTail, 且队列的长度都是 50 个封包大小。在 n_0 上建立 UDP Agent, 封包大小设置为 1500 bytes, 在 n_3 上建立 NULL Agent, 封包大小设置为 1500 bytes。最后, 将两个 Agent 设置好联机。仿真时间是 10 s。无线网络的拓扑结构总共有 4 个无线节点, $n_0 \sim n_3$ 这四个无线节点 n_0 (200, 400), n_1 (200, 300), n_2 (400, 300), n_3 (400, 400)。 n_0 设置为移动节点, 在模拟的第 5 s 的时候, 以 5 m/s 的速度从起始位置移动到(300, 400)位置, 然后在第 25 s 的时候, 再移动到(200, 400), 也就是 n_0 的起始位置。在 n_0 上建立 udp1 Agent, 在 n_3 上建立 null1 Agent, 然后在这个上面建立联机。仿真时间是 50 s。我们选取高清视频源进行实验, 高清视频源主要有 525 序列和 625 序列。在充分了解高清视频的基础上, 选出人类剧烈运动, 内容复杂度高的视频 src13_hrc1_525.yuv 和风景, 内容复杂度低的 src22_hrc1_525.yuv 两个视频。高清视频即现在的 HDTV, HDTV 是 DTV 标准中最高的一种, 即 High Definition TV, 故而称为 HDTV。HDTV 规定了视频必须至少具备 720 线非交错式(720 p, 即常说的逐行)或 1080 线交错式隔

行(1080 i, 即常说的隔行)扫描(DVD 标准为 480 线), 屏幕纵横比为 16:9。音频输出为 5.1 声道(杜比数字格式), 同时能兼容接收其它较低格式的信号并进行数字化处理重放。HDTV 的规格: HDTV 规定了视频必须至少具备 720 线非交错式(720 p, 即常说的逐行)或 1080 线交错式隔行(1080 i, 即常说的隔行)扫描(DVD 标准为 480 线), 屏幕纵横比为 16:9。音频输出为 5.1 声道(杜比数字格式), 同时能兼容接收其它较低格式的信号并进行数字化处理重放。HDTV 有常见的三种分辨率, 分别是: 720 p (1280 × 720P, 非交错式 欧美国家有的电视台就是用这种分辨率), 1080 i (1920 × 1080, 隔行扫描), 1080 p (1920 × 1080, 逐行扫描), 其中网络上流传的以 720 p 和 1080 p 最为常见, 480 p 属于标清, 480 p 效果就是市面上的 DVD 效果! 480 p 是一种视频显示格式。字母 p 表示逐行扫描 (progressive scan), 数字 480 表示其垂直分辨率, 也就是垂直方向有 480 条水平线的扫描线; 而每条水平线分辨率有 640 个像素, 纵横比(aspect ratio) 为 4:3, 即通常所说的标准电视格式(standard-definition television, SDTV)。帧频通常为 30 赫兹或者 60 赫兹。一般描述该格式时, 最后的数字通常表示帧频。480 p 通常应用在使用 NTSC 制式的国家和地区, 例如北美、日本、台湾等。480 p 60 格式被认为是准高清晰电视格式(enhanced-definition television, EDTV)。

1) REMUX: 提取原版 Blu-ray 和 HDDVD 视频进行无损封装, AVI 视频部分不重编码, 音频一般采用原片音轨, 可能采用 DVD 提取的国粤语和其他音轨; 2) AVI: 所谓封装格式就是将已经编码压缩好的视频轨和音频轨按照一定的格式放到一个文件中, 也就是说仅仅是一个外壳, 或者大家把它当成一个放视频轨和音频轨的文件夹也可以。随着网络传输质量的不断提高, 在三网融合的大环境下, CC 视频及时推出了码率 1024、分辨率 1280 × 960 的超高清视频服务, 带领视频行业跨入全新的高清高品质时代。AVI 是微软 1992 年推出用于对抗苹果 Quicktime 的技术, 尽管国际学术界公认 AVI 已经属于被淘汰的技术, 但是由于 windows 的通用性, 和简单易懂的开发 API, 还在被广泛使用。AVI 的文件结构、分为头部, 主体和索引三部分。主体中图像数据和声音数据是交互存放的。从尾部的索引可以索引跳到自己想放的位置。AVI 本身只是提供了这么一个框架, 内部的图像数据和声音数据格式可以是任意的编码形式。因为索引放在了文件尾部, 所以在播 internet 流媒体时已属力不从心。很简单的例子, 从网络上下载片子, 如果没有下载完成, 是很难正常播放出来。另外一个问题是 AVI 对高码率 VBR 音频文件支持不好。VBR 全称是 Variable BitRate, 就是动态比特率, 可以根据当前的需要定义不同的比特率, 避免了浪费, 并且提高了利用率。随之问题也就来了, 因为容器里的图像和声音是分开的, 所以播放时需要一个图像和声音的同步过程, 如果 CBR 音轨的话因为码率是定值, 同步不成为问题, 可是 VBR 音轨是不断的在变换, 而 AVI 没有时间戳去让 VBR 音轨和图像同步, 这样就会产生图像声音不同步的问题。后来 VirtualDub 提出了一种新的方法扩充了 AVI 对 VBR 音频的兼容, 但是在高码率时会产生丢失数据的问题, 从而导致有损音效, 这一点问题到如今都没有比较完美的解决方法。并且更加令人遗憾的是, 对 TrueHD, DTS-HD 等音效更是完全不能支持。3) TS: 现今网上大多流传以 TS 封装的 HDTV remux 版, PS 封装只能在 HDDVD 原版才看到, 所以我们来着重分析一下 TS 封装格式。电视节目是你任何时候打开电视机都能解码(收看的), 所以, MPEG2-TS 格式的特点就是要求从视频流的任一片段开始都是可以独立解码的。从结构上来说, TS 是由头文件和主体所组成的, 扩充过的 TS 流还包括时间戳。这样不管是什么格式的 VBR 音轨, 都很容易通过时间戳来同步图像。当然, 对新的声音格式来说, 需要新的分离器, 解码器来实现解码。如今正在不断改进开发中。除了 REMUX 版本之外(Remux 的意思是无损的提取出 HD-DVD 和 Blu-Ray-DVD 里面的视频数据和音频数据, 封装到我们熟悉的 TS 或者 AVI 文件中), 有不少 HDRIP (重新编码, 即有损压缩过之后的片)使用的封装格式一般是 AVI, MKV 和 MOV。AVI 封装自然不需要介绍了, MOV 是 Quicktime 封装, 这一封装和 AVI 几乎是同一时代的, 缺陷也不少, 如今很少有人使用。而使用 MKV 是 Matroska 的简称, 它是一种新的多媒体封装格式, 比较常见的搭配是 X264 + MKV。

3.3. 仿真实验

这个实验首先采用高清视频 src13_hrc1_525.yuv 和 src22_hrc1_525.yuv 使用 MPEG4 编码在有线环境下进行。首先, 我们假设封包遗失率对用户体验质量没有影响。其次, 我们假设视频内容复杂度对用户体验质量没有影响。实验结果如图 1 和图 2 所示, 做拟合曲线图如图 3 和图 4 所示。

3.4. 仿真结果的分析

观察图 1 和图 2 可以发现, 封包遗失率不同, 用户体验质量不同, 因此假设 1 不成立, 即封包遗失率对用户体验质量有影响。对比两个图可以发现, 相同丢包率情况下, 用户体验质量不同, 这是由于两个视频的内容复杂度不同, 因此, 假设 2 不成立, 即视频内容复杂度对用户体验质量有影响。观察图 3 和图 4 两个结果图发现两个图都是随着丢包率的增大, 用户体验质量先是增加, 然后减小, 最后再增大, 并且存在两个拐点。并且对比两个图可以知道, 视频内容复杂度越小, 用户体验质量越差。但是

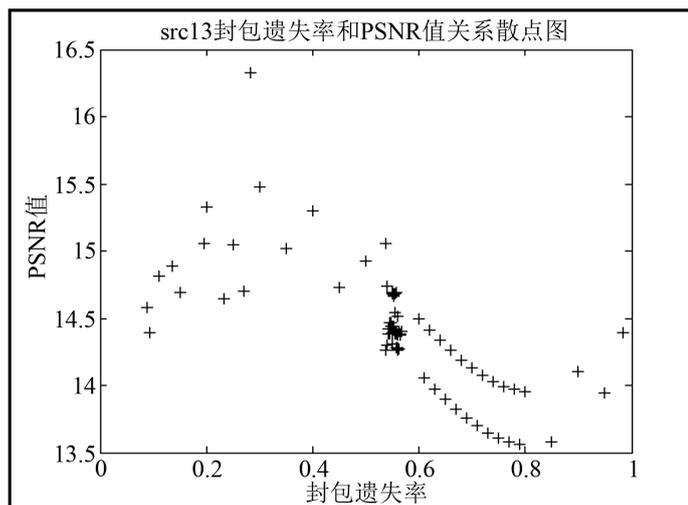


Figure 1. Src13 packet loss rate and PSNR map
图 1. Src13 丢包率和 PSNR 图

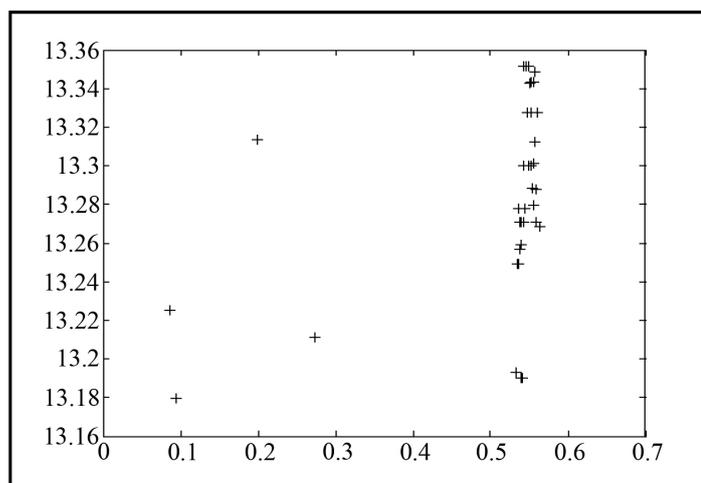


Figure 2. Src22 packet loss rate and PSNR map
图 2. Src22 封包遗失率和 PSNR 值图

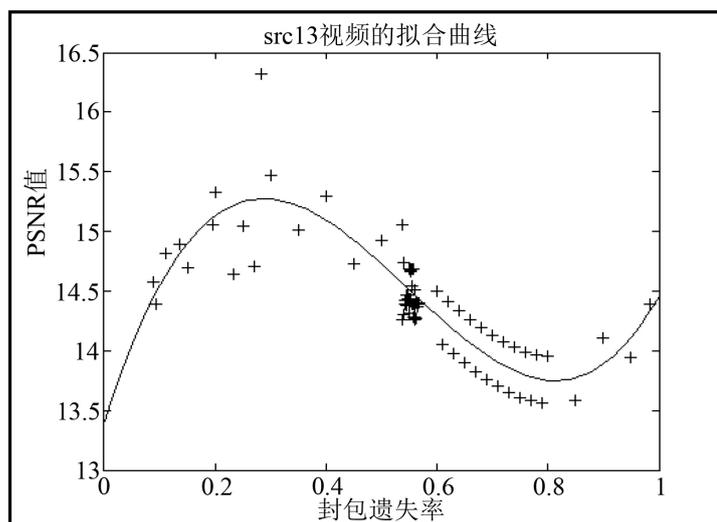


Figure 3. Fitting curve of src13 video

图 3. Src13 视频的拟合曲线图

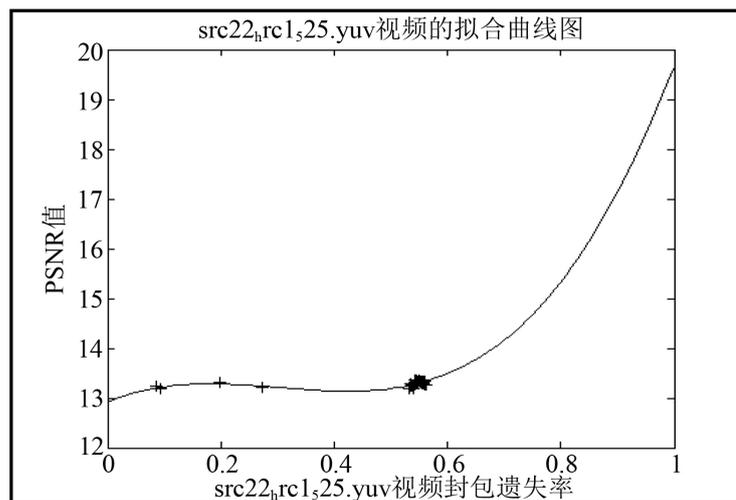


Figure 4. Fitting curve of src22 video

图 4. Src22 视频的拟合曲线图

src22_hrc1_525.yuv 视频的第二个拐点并不是很明显。两个图的横坐标都是封包遗失率,纵坐标都是 PSNR 值。对于 src22 视频,延迟时间设置对用户体验质量和封包遗失率没有影响。链路速度的下限是 10 MB 和 74 kb。封包大小的下限是 540 kb,上限是 2050 kb。量化参数的范围是 0.01~255。因此,封包遗失率极少取到 0.6~1 之间。在第一个拐点的左侧和第二个拐点的右侧,丢包率越大,用户体验质量越好。造成这种现象的原因是视频的内容复杂度如较大的空间复杂度和时间复杂度会对编码失真产生掩盖效应,而视频失真主要是由编码失真和网络传输失真组成。在这里我们用时域复杂度和空域复杂度代表视频的内容特性,用丢包率来衡量网络传输失真,当视频内容复杂度很大也就是时域复杂度和空域复杂度很大时,它对编码失真的掩盖效应远远大于编码失真和网络传输失真的总和,因此,丢包率越大,用户体验质量越好。在第一个拐点的右侧和第二个拐点的左侧,丢包率越大,用户体验质量越差。造成这种现象的原因是当双工和单工链路速度较小时,尤其在小于实际传输速度范围内传输时,双工和单工链路速度设置的越小,网络会越加拥塞,丢包率会越大,用户的体验质量越差。封包的大小设置的越小,则封包

的数量越多, 在封包的错误率相同的情况下, 封包的遗失率越大, 则用户的体验质量 QoE 越小。压缩的量化参数越大, 需要较多的封包去传送, 封包遗失率越大, 压缩出来的视频质量越差。GOP 越大, 其等待下一个 I 帧到来的时间会比较长, 故恢复时间会比较长, 用户体验质量越差。并且当时域复杂度和空域复杂度不大时, 它对编码失真的掩盖效应远远小于编码失真和网络传输失真的总和, 因此, 丢包率越大, 用户体验质量越差。通过上面的图 3 和图 4 我们可以发现, 在不同的视频的情况下, 丢包对 QoE 的影响程度不同, 视频的内容越是复杂, 视频的 QoE 越大。得出结论不同的视频内容对视频的 QoE 有影响。造成这种现象的原因是视频内容运动越是复杂, 时间复杂度和空间复杂度越大, 对编码失真产生掩盖效应, 因此, 用户体验质量越好。总体来讲, 得出的结论是不同的内容复杂度和不同的丢包率对用户体验质量有显著的影响。

4. 建立丢包率到用户体验质量 QoE 的映射

在研究丢包对用户体验质量 QoE 的影响基础上, 进行建立丢包率到视频质量 QoE 的映射。众所周知, QoE 的评价方法主要有主观的方法和客观的方法, 主观方法操作起来十分的困难。因此客观 QoE 评价方法即将测量得到的丢包率映射为用户体验质量 QoE 成为一种新的思路。

4.1. 相关理论

根据丢包率和 PSNR 值关系的散点图, 经过线性, 平方, 混合, 对数, 幂, 三次方等模型匹配后发现丢包率和 PSNR 值之间存在三次方关系。形如: $y = ax + bx^2 + cx^3 + d$ 。在此, 以 src13_hrc1_525.yuv 为例, 建立回归方程: $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ 。由这个表达式我们可以看出, 这个是一元非线性方程, 可以采用一元非线性拟合的方法求出方程的系数。它也可以看作是一元三阶多项式拟合。在此, 我们求出一元非线性拟合求出回归方程的系数和 src13_hrc1_525.yuv 视频的丢包率到 PSNR 值的散点图的拟合曲线图。实验环境和高清视频选择与上一部分相同。

4.2. 仿真实验

4.2.1. 回归方程

对于 src13_hrc1_525.yuv 视频, 建立的回归方程如下, 即丢包率和 PSNR 值之间的映射关系如下所示。有线环境: $y = 21.54x^3 - 35.5x^2 + 15.12x + 13.35$, 无线环境: $y = 13090x^3 - 150.4x^2 + 21.31x + 11.86$ 。

4.2.2. 拟合曲线图

对 src13_hrc1_525.yuv 视频的丢包率和 PSNR 值关系的散点图在有线环境下采用一元非线性回归分析进行拟合后得到的拟合曲线如图 5 所示。无线环境下如图 6 所示。

4.3. 模型的分析

通过观察拟合曲线, 发现封包遗失率和用户体验质量 QoE 确实呈现一元非线性关系。对于 src13_hrc1_525.yuv 视频, 将散点图拟合成曲线后, 它的各个性能指标如表 1 所示。

由于残差平方和 SSE 较小, 所以均方根误差 RMSE 也较小, 调整的判定系数 R-Square 则较大, 因此可以认为拟合的效果较好, 拟合有效。对拟合得出的方程的检验主要是通过拟合优度检验(判定系数 R^2 的检验)。其中, 判定系数 R^2 的是判定回归模型拟合程度优劣最常用的数量指标, 越是接近 1, 则模型的拟合程度越高。对于 src13_hrc1_525.yuv 视频, 判定系数 R^2 是 0.3885 和 0.6779, 接近 1, 模型的性能良好。实验结果表明, 这种模型正确性高, 易于操作, 可实时检测丢包对用户体验质量的影响。

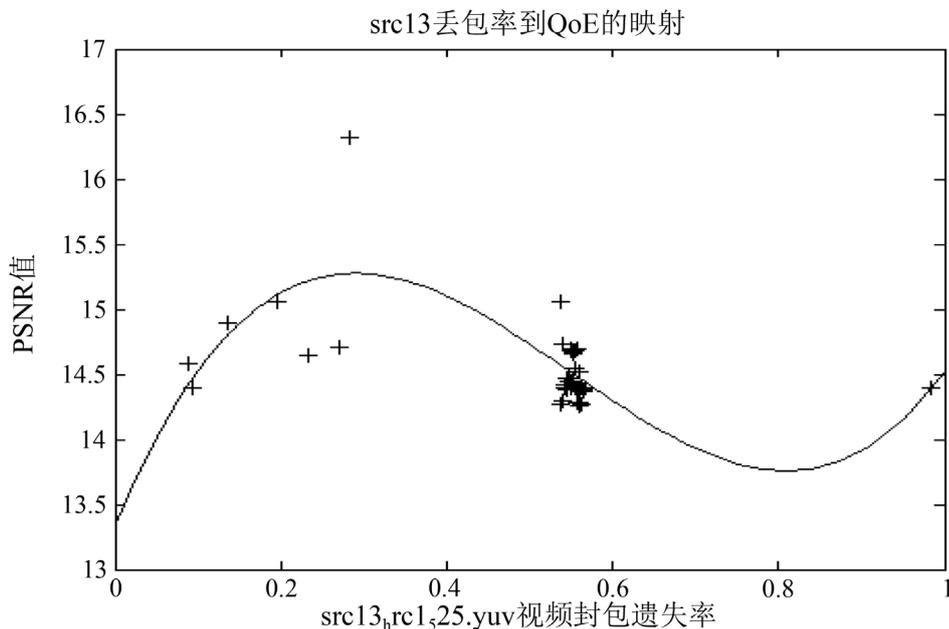


Figure 5. Src13 wired network environment

图 5. Src13 有线网络环境

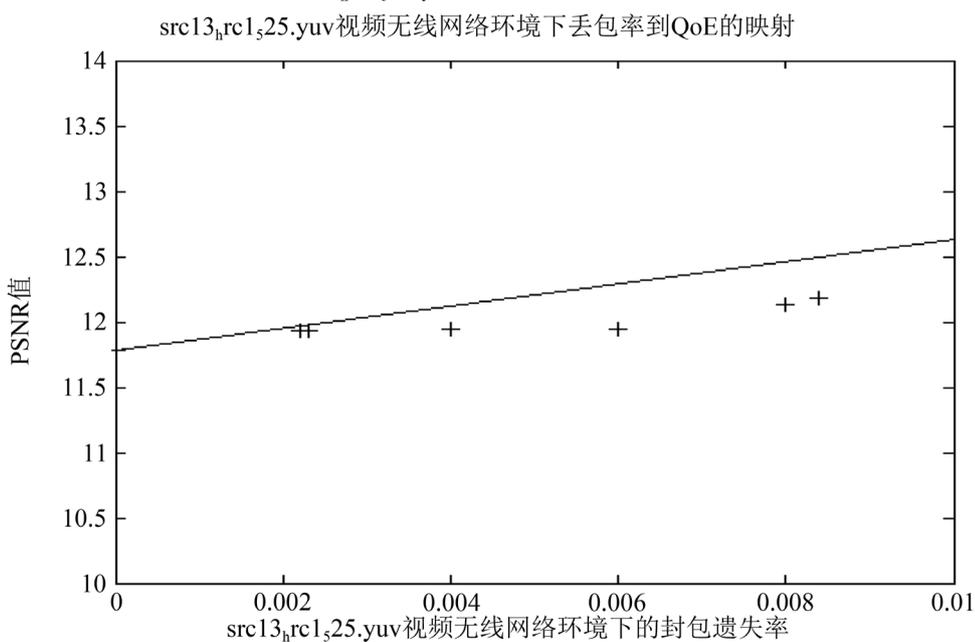


Figure 6. Src13 wireless network environment

图 6. Src13 无线网络环境

Table 1. Src13 performance index

表 1. Src13 性能指标

视频	R-square	RMSE	SSE
Src13_hrc1_525.yuv (有线)	0.3885	0.2284	3.337
Src13_hrc1_525.yuv (无线)	0.6779	0.06808	0.1669

5. 总结与展望

综上所述, 本文主要研究了丢包对 QoE 的影响和丢包率到 QoE 的映射模型的建立。本文的主要贡献是首先研究得到丢包对视频有显著的影响。其次, 研究并建立了丢包率到用户体验质量 QoE 的映射。下一步工作是建立考虑网络丢包的视频质量无参评估模型, 在考虑丢包率的基础上考虑其他因素, 建立考虑网络丢包的视频质量无参评估模型, 更加精确地预测用户体验质量 QoE 是今后的工作方向。

致谢

感谢善于学术的侯义斌导师的帮助。

参考文献

- [1] Siller, M. and Woods, J. (2003) QoE Improvement of Multimedia Transmission. *Proceedings of the IADIS International Conference*, **2**, 821-825.
- [2] Yu, C.-Y., Ke, C.-H., Chen, R.-S. and Shieh, C.-K. (2008) MyEvalvid_RTP: A Evaluation Framework for More Realistic Simulations of Multimedia Transmissions. *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, **2**, 21-32.
- [3] Volk, M., Guna, J., Kos, A. and Bester, J. (2008) IPTV Systems, Standards and Archi-Tectures: Part II-Quality-Assured Provisioning of IPTV Services within the NGN Environment. *IEEE Communications Magazine*, **46**, 118-126. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2008.4511660>
- [4] Tao, S., Apostolopoulos, J. and Guérin, R. (2008) Real-Time Monitoring of Video Quality in IP Networks. *IEEE Transactions on Networking*, **16**, 1052-1065. <https://doi.org/10.1109/TNET.2007.910617>
- [5] Dai, Q. and Lehnert, R. (2010) Impact of Packet Loss on the Perceived Video Quality. 2010 2nd International Conference on Evolving Internet, Valencia, Spain, 20-25 September 2010, 206-209. <https://doi.org/10.1109/INTERNET.2010.51>
- [6] Chen, N., Jiang, X., Wang, C. and Su, J. (2011) Study on Relationship between Network Video Packet Loss and Video Quality. 2011 4th International Congress on Image and Signal Processing, Shanghai, 15-17 October 2011, 282-286. <https://doi.org/10.1109/CISP.2011.6099995>
- [7] Zečić, J., Hadžialić, M. and Hasković, A. (2012) An Approach to Estimate Correlation between QoS and Perceptual Video Quality in Packet-Switched Networks. 2012 Proceedings of the 35th International Convention MIPRO, Opatija, Croatia, 21-25 May 2012, 573-578.
- [8] Reibman, A.R., Vaishampayan, V.A. and Sermadevi, Y. (2004) Quality Monitoring of Video over a Packet Network. *IEEE Transactions on Multimedia*, **6**, 327-334. <https://doi.org/10.1109/TMM.2003.822785>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2325-2286, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: sea@hanspub.org