

基于智能手机的视频共享系统的设计与实现^{*}

付 博 牛建伟 胡建平

(北京航空航天大学计算机学院 北京 100083)

摘 要 介绍了一种基于 Symbian 智能手机的视频共享系统。智能手机将拍摄的视频内容压缩后通过无线信道上传到服务器,其它智能手机可以从该服务器上下载上传的视频内容,或者以流的方式进行实时解码播放。本文阐述了该系统的整体结构,重点介绍了客户端软件的设计与实现,包括 Symbian 平台上 H. 264 视频编解码器以及视频传输模块的实现;实现了一个原型系统,并给出系统性能的测试结果。该系统的现实意义在于充分利用移动通信优势来满足人们视频应用的需求,使得人们相互间可以方便地共享身边的场景。

关键词 视频共享, H. 264 编解码, 智能手机, Symbian

Design and Implementation of the Video Sharing System Based on Smart Phone

FU Bo NIU Jian-wei HU Jian-ping

(School of Computer Science and Technology, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract A Symbian-based smartphone video sharing system is introduced, in which the videos captured by the smart phone onboard camera are uploaded to server after being compressed, then those videos can be downloaded from server to other smart phones, or be downloaded with video streaming and then be decompressed & played. In this paper, the architecture of the system is described. The design and implementation of client applications is the most important part, including the implementation of H. 264 video codec on the Symbian platform and video transmission module. Finally a prototype system is implemented and the performance testing results are given. The practical significance of this system lies in its ability to satisfy the people's demand for that it is very convenient to share scene around each other, with the advantages of mobile communications.

Keywords Video-sharing, H. 264 codec, Smart phone, Symbian

1 引言

在过去的 10 年中,计算机技术和移动通信技术发展异常迅猛,同时也获得巨大的商业成功。移动通信的最大特点是方便、快捷,它摆脱了对固定链路的依赖,满足了人们在任何时间、任何地点同其他人通信的愿望。目前,作为移动通信终端的手机已经成为人们日常生活、工作中不可缺少的通信工具。随着多媒体技术的发展和人们需求的增加,手机的应用不再局限于语音通信和消息通信,变得越来越丰富多彩。值得一提的是视频,它在多媒体的应用中一直占据举足轻重的地位,如今已有众多的手机终端对视频提供支持。

目前有超过 50% 的智能手机采用了 Symbian 操作系统,该操作系统是一个实时性、多任务的纯 32 位操作系统,具有功耗低、内存占用少等特点,非常适合在移动设备上使用。目前包括诺基亚、索尼-爱立信等手机行业巨头,都采用 Symbian 作为其主流手机产品的操作系统。Symbian 智能手机提供了丰富的多媒体功能,使得各种多媒体应用技术可以方便地在 Symbian 手机平台上实现。

本文提出了一种基于 Symbian 智能手机的视频共享系统。利用该系统,手机用户可以使用手机内置摄像头随时随地拍摄视频上传至特定的服务器,其他手机用户则可以连接服务器下载视频文件或直接进行视频点播,达到视频共享的目的。

本文结构组织如下:第 2 节简要说明了视频共享系统的结构。第 3 节描述了客户端组成结构,并重点介绍了编码解码模块和传输模块的实现。第 4 节给出了系统的测试结果,最后中对本文进行了总结。

2 系统总体结构

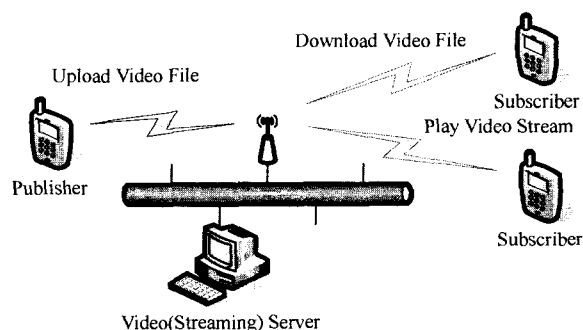


图 1 系统架构图

本文所提出的视频共享系统由视频发布客户端(Publisher)、视频获得客户端(Subscriber)、视频共享服务器(Server)三部分组成,如图 1 所示。视频发布客户端为安装了可用于发布视频客户端软件的 Symbian 智能手机,视频获得客户端为安装了可用于共享视频客户端软件的 Symbian 智能手

^{*}国家自然科学基金项目(60673178)。付 博 硕士研究生;牛建伟 副教授;胡建平 博士生导师。

机,服务器端由一个文件服务器和一个流媒体服务器构成。客户端通过无线网络与服务器通信,无线网络的连接方式可以采用 GPRS, WiFi, Bluetooth 等。

视频共享系统可以向用户提供视频拍摄、视频播放以及视频文件上传和下载的功能。视频拍摄由视频发布客户端提供,原始视频数据经过 H. 264 编码器的处理,最终可得到压缩的 264 文件,视频的采集需要手机内置摄像头的支持。视频播放由视频获得客户端实施,包括下载播放和视频点播两种方式。两者的区别在于前者必须首先从服务器下载视频发布者上传的 264 文件,然后播放本地文件;后者无需下载整个视频文件,可以接收视频流的同时进行播放。文件服务器提供简单的文件上传和下载的功能,它监听视频发布客户端和视频接收客户端的连接请求,连接成功后接收或发送文件流。流媒体服务器使用已有的 Darwin Streaming Server 来实现视频点播,它与文件服务器共享视频发布客户端上传的视频文件。由于服务器端采用了已有的开源软件系统,本文对该部分内容不再赘述,下面将着重介绍客户端软件的设计和实现。

3 客户端软件设计与实现

3.1 客户端组成结构

客户端包括两部分,分别为视频发布客户端(Publisher)和视频接收客户端(Subscriber),如图 2。左端矩形框内为手机端的视频发布客户端结构图,右边矩形框内为手机端的视频接收客户端结构图。

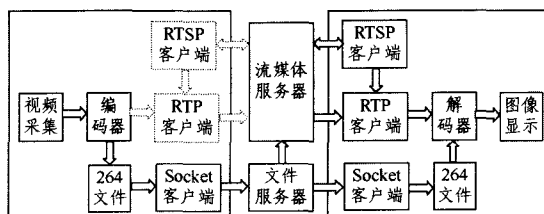


图2 客户端组成结构

视频发布客户端负责视频采集、视频编码、文件上传、视频流上传(扩展功能)等。采集视频要使用到手机上的内置摄像头,通过对设置摄像头 API 可以直接采集到 YUV 采样格式 4:2:0 的图像,得到的图像数据可直接传给编码器。摄像头采样速率快于编码器编码速率,所以当每帧视频数据采集完成后,需要判断编码器是否处于空闲状态,仅当编码器空闲时才调用它对 YUV 图像进行编码。编码器的输出为符合 H. 264 标准的码流,可以存储成 264 文件,经由传输模块上传至文件服务器,文件的传输基于 Socket 实现;也可直接上传压缩的码流(扩展功能)。

视频接收客户端负责文件下载、视频点播、视频解码、解码图像显示等。从文件服务器上下载文件同样基于 Socket 实现;与流媒体服务器建立连接,以及接收流媒体服务器传过来的视频数据使用到 RTSP/RTP 技术,接收到 RTP 数据与标准码流稍有区别,这是因为一个 RTP 包中可能包含多个 NAL 单元,一个 NAL 单元也可能过大而用几个 RTP 包分开发送。解码器的输出为 YUV 采样格式 4:2:0 的图像,先将该图像由 YUV 空间转化到 RGB 空间,然后在屏幕上绘制图像。

3.2 H. 264 编解码器的实现

本系统中采用最新的 H. 264 视频压缩标准。H. 264 标

准是 ITU 和 ISO/IEC 组成的联合专家组(JVT)研究并制定的视频压缩标准,以实现视频的高压缩比、高图像质量、良好的网络适应性等为目标。

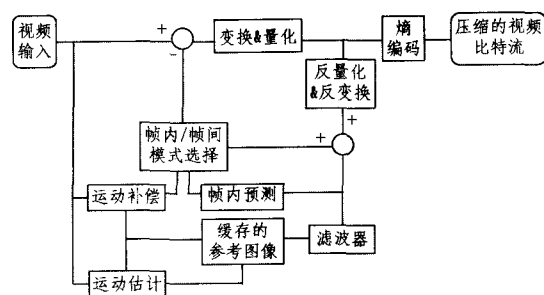


图3 H. 264 编码器框图

图3为 H. 264 的编码器工作框图。编码器框图中的工作流程可以分为前向流程和重建流程。其中前向流程中处理的是当前图像。编码器处理将输入的编码单元分成 16×16 (还可根据具体需求进行细分)的宏块进行编码处理,每个块按照帧内(intra)或帧间(inter)模式进行编码。其中在帧内模式中,用来做预测参考对象的是同一片中已经编码并且经过重建的宏块。而在帧间预测时,用来做运动补偿的参考对象是已经重建的一帧或多帧图像(参考帧)。通过帧内预测或帧间预测得到当前处理图像块的预测块,当前块和预测块相减得到残差块,残差块经过变换和量化后得到一系列的残差系数,最后对残差系数进行重排序和熵编码。熵编码之后的系数与一些解码宏块时所需的附加信息(例如宏块预测模式、量化步长、帧间编码时的运动矢量信息等)一起形成了视频压缩码流。编码器反向流程主要用于产生重建帧(参考帧),编码器之所以使用重建图像,而不用原始图像来做参考帧,是因为需要保证编解码过程使用一致的参考图像。

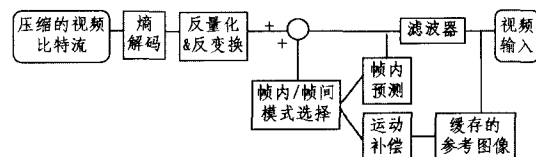


图4 H. 264 解码器框图

图4为 H. 264 的解码器工作框图。解码器从 NALU 单元中获得宏块的码流数据。首先解析宏块码流数据的头部信息,还原宏块的编码模式。对于帧内编码宏块,解码器根据解析得到帧内编码的预测方式,参考当前块左面、上面的已解码宏块,计算出一个帧内预测块;对于帧间编码模式,解码器根据解析得到的运动矢量和解码重建的参考帧数据,计算出一个帧间预测块。解码器得到预测块后,开始对宏块的残差数据码流进行解码。残差数据码流经过熵解码和重排序得到一组量化系数,这些系数经过反量化和反变换生成残差宏块,将得到的预测块与残差宏块相加形成的宏块经过滤波处理消除块效应后生成解码后的最终宏块,一帧图像所有的宏块都解码重建后,整帧图像也就恢复出来。

在 Symbian 手机平台上实现编解码器过程中参照了开源的 T264。Symbian OS 9.1 可以支持标准 C 语言描述的基本算法程序,但是将 Windows 平台下开发的编解码器的标准 C 代码移植到 Symbian 手机平台的过程中需要注意以下几个问题:

(1) 程序实现中要注意强制类型转换的问题。客户端程序开发时使用到诺基亚公司基于 Symbian OS 9.1 内核开发的 S60_3rd_fpl SDK,它提供的编译器比较严格,所有的强制类型转换必须采用显式转换,否则程序编译无法通过。

(2) 程序实现中要注意字节对齐的问题。Symbian 智能手机一般是基于 32 位 ARM 嵌入式系统。ARM 嵌入式系统中,单字节对象(比如 8 位无符号字符型)的起始地址可以是任意的,但是双字节对象(比如 16 位整数)的起始地址必须是 2 的整数倍,四字节对象(32 位整数)的起始地址必须是 4 的整数倍,这与 PC 上的 x86 系统不同。在 ARM 系统中如果对奇地址开始的单字节对象进行偶数字节操作,会导致严重的系统错误,引起程序崩溃。

(3) 程序实现中要注意文件操作的问题。Symbian OS 不支持标准 C 中对文件系统的操作,比如 fopen()、fread()等;所以编解码器中涉及到对文件系统的操作,需要采用 Symbian 提供的文件操作 API 重写。

3.3 传输模块的实现

传输模块负责和服务端通信、发送和接收数据,包括文件传输和视频流的传输。Symbian OS 没有文件传输专用的 API,但它对 Socket 传输提供了很好的支持,可以利用 Socket 实现文件传输。即无论是把文件上传至文件服务器还是从文件服务器下载文件,总是由文件发送方以流的方式读文件并通过 Socket 发送,接收方接收文件流并写文件。由于采用 TCP 协议,所以能保证数据传输的可靠性。

视频点播的视频源为视频发布者上传的视频压缩文件。流媒体服务器与文件服务器共享视频文件,它负责管理视频源,调度视频流传输。每个视频源都有唯一的 ID,手机客户端可以根据服务器的 IP 地址和视频源的 ID,通过 RTSP 协议向服务器发出服务请求。视频服务器接受请求后,根据视频源 ID 定位视频流信息,启动视频流传输过程,将对应的 H.264 视频码流数据封装成 RTP 包,通过 RTP/UDP/IP 协议栈发送给手机端。手机客户端从无线网络接收到视频流数据后,首先对数据进行缓冲,当缓冲了部分数据后就可以开始解码播放。本系统需实现的交互过程如图 5 所示。

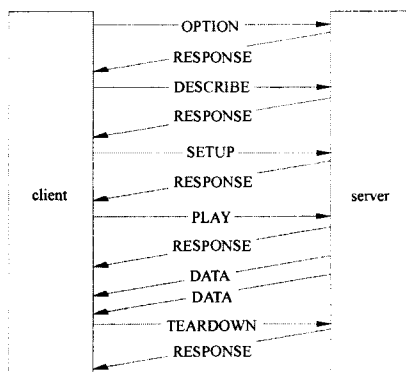


图 5 RTSP 交互过程示意图

客户端的通信模块通过 TCP 协议连接到视频服务器的 RTSP 服务端点(默认为 554)。TCP 连接建立后播放器向服务器发送 RTSP 协议 Option 请求,请求服务器返回支持的 RTSP 标准命令,服务器解析请求后回应其支持的 RTSP 命令。客户端接收到回应后立即向服务器发送 Describe 请求,要求得到服务器提供的媒体初始化描述信息。服务器回应客户端请求的媒体初始化描述信息,包括媒体源的类型、编码格

式等信息,可以根据这些信息初始化对应的客户端解码器。客户端和服务端成功完成上述的信息交互过程后,就可以创建 RTP 接收流,然后向服务器发出 RTSP 协议 Setup 请求,通知服务器手机端播放器的 RTP 视频数据接收端口,设置会话的属性以及传输模式,请求服务器为数据流传输会话分配资源。接下来服务器建立会话,返回会话的标志符,以及会话的相关信息。如果与服务器成功建立起数据传输会话,客户端就可以向服务器发送 RTSP 协议 Play 请求,请求服务器开始传输视频流数据。服务器接收到 Play 请求后,通过 RTP/UDP/IP 协议栈向客户端发送 H.264 视频压缩数据。视频流传输过程结束后,客户端向服务器发送 RTSP 协议 Tear-Down 请求,告知服务器可以释放维持当前视频传输过程的系统资源。服务器接收到 TearDown 请求后,释放当前数据传输会话的资源,断开与手机端播放器的连接。

4 测试结果

为了验证本文中提到的视频共享系统的实用性,实现了一个原型系统。该系统中采用了 WiFi, Bluetooth, GPRS 三种无线网络连接方式,客户端使用两台操作系统版本为 Symbian OS v9.1 的 Nokia N93 智能手机,服务器端程序运行在一台实验室局域网中的个人电脑上。系统的性能指标主要有视频质量和传输开销两点。

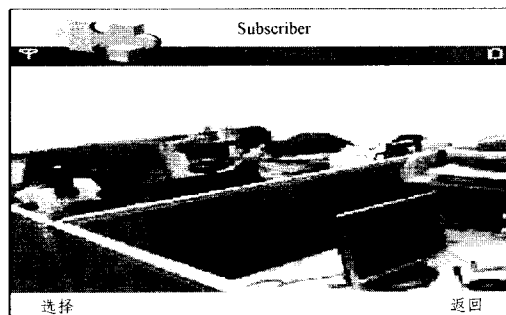


图 6 视频播放效果图

图 6 所示为视频接收客户端播放视频的效果图。利用该系统拍摄到 QCIF 格式的 H.264 视频压缩码流帧率在每秒 4.5 帧到 6 帧之间,基本上能反映视频发布客户端的场景信息。帧率变动较大和输入的视频特征有直接关系,视频运动变化越剧烈,编码时运算量就越大,结果是直接导致帧率的下降,这种现象是由手机较弱的运算能力和 H.264 视频压缩算法的高复杂性引起的。在解码端不存在这一问题,因为解码算法的运算复杂度相对要小得多。为了提高系统编码性能,还需要进一步对 H.264 编码器进行优化。

表 1 传输时间开销

拍摄视频类型	一分钟视频文件大小	上传(下载)时间		
		WiFi	Bluetooth	GPRS
变化平缓	150kB 左右	<1s	约 4 秒	约 120(30)s
变化剧烈	240kB 左右	<1s	约 6 秒	约 200(50)s

传输开销主要体现为传输时间,传输时间会直接影响系统的实用性。该系统比较适合拍摄视频短片,所以在测试中多次录制长度为 1 分钟的视频短片,然后测试上传下载的时间,如表 1 所示。表中的数据为多次测试得出的平均值。

(下转第 294 页)

$\mu_i(t)$ 表示以前访问过服务节点 i 的所有移动 Agent 对它的总体信任度;参数 ρ 决定每个 Agent 对服务信任程度的影响因子; Q_i 表示 Agent 在节点 i 检索到的总数据量; ϕ_i 表示节点 i 当前的检索服务质量; S_j 表示 Agent 在本次检索过程中获得的总数据量,包含在节点 i 检索的数据量; T_i 表示 Agent 访问节点 i 所花费的时间; n 是 Agent 在本次检索过程中所访问的节点数量。

4.3 路径信任度的更新算法

移动 Agent 对所经路径的信任度更新算法见式(6):

$$\tau'_{ij} = \begin{cases} \tau_{ij}(t) + \rho \cdot \frac{(1-\tau_{ij})}{L_{ij}} \cdot (1 - \frac{L_{ij}}{S_j}), & \text{Agent 访问节点 } j \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad (6)$$

其中, L 为移动 Agent 在本次迁移中当前走过路径的总长度; L_{ij} 是移动 Agent 当前走过节点 i 和节点 j 间路径的长度。Agent 对路径信任度与节点间的当前距离成反比,与节点间的传输速率成正比,即当前这段路径越拥塞信任度就越低。

5 仿真试验

为了测试该模型的性能,对三个不同节点数目的节点集进行求解。三个节点集的数目分别为 10,20,50 个,测试选择

表 1 Agent 数目=1

	计算 Agent 最后完成搜索时间(ms)		算法耗时(ms)	
	对照算法	启发式策略	对照算法	启发式策略
V1(n = 10)	315	305	563	584
V1(n = 20)	1903	1876	5129	3473
V1(n = 50)	5664	5452	73417	53402

表 2 Agent 数目=2

	Agent 最后完成搜索时间(ms)		算法耗时(ms)	
	对照算法	启发式策略	对照算法	启发式策略
V1(n = 10)	243	236	325	341
V1(n = 20)	835	871	2764	1971
V1(n = 50)	2912	2906	41550	3057

表 3 Agent 数目=6

	Agent 最后完成搜索时间(ms)		算法耗时(ms)	
	对照算法	启发式策略	对照算法	启发式策略
V1(n = 10)	177	184	117	124
V1(n = 20)	610	642	1328	976
V1(n = 50)	1946	2264	20337	16624

(上接第 246 页)

由表 1 可以看出,文件大小也同样和视频特性有关,视频运动变化越剧烈得到的文件越大。无论采用哪种无线信道,传输开销都和视频文件大小成正比。对于不同的无线传输信道,WiFi,Bluetooth 传输速率较快,而且上传下载速率没有明显变化;而 GPRS 传输速率要慢许多,1 分钟的视频短片上传时间超过 3 分钟,需要注意的是下载时间在 1 分钟以内,若采用视频点播方式几乎没有时间开销。

结束语 本文设计和实现了一种基于智能手机的视频共享系统。在该系统中,通过视频发布客户端视频采集、压缩和视频获得客户端视频解码、播放等功能,以及视频服务器的支持,实现了智能手机用户间的视频共享。测试结果表明该系统有较强的实用性,播放视频主观感受良好,传输开销也在可接受的范围。鉴于目前我国有超过千万的智能手机用户,而且智能手机用户数量在今后几年内将会出现井喷式的增长,

每次发起的 Agent 数目分别为 1,3,6 个。对照算法采用文献[3]提出的解决车辆路径问题的串行存储路由生成算法(Sequential route_building algorithm based on saving criterion)。

由实验结果可以看出,随着问题求解规模的增加,算法耗时增加较快,由于改进的启发式策略对访问路径的构造是动态生成的,避免了很多无效路径的搜索,有效地减少了算法对问题求解所耗时间,特别在求解规模较大时,比对照算法的求解时间减少比较明显。同时,求得问题解决方案的质量同对照算法得到的问题解决方案相差不大(由 Agent 最后完成搜索时间衡量解决方案质量)。

结束语 本文提出的基于多个同质移动 Agent 完成信息检索模型及检索过程中使用的启发式策略考虑了网络的动态性、链路速率的动态性,避免了链路速率随时间和负载变化对求解方案的影响,同时把每个数据节点的服务能力列入考虑因素,更能符合真实应用环境。在构建搜索路由时采用了基于网络节点服务信任度和路径信任度的动态构建,减少了问题求解的时间耗费。

但该启发策略还有一些地方存在不足,如在 Agent 数量与节点总数比率(K/N)大于 0.4 时,生成的解决方案质量有显著下降,笔者将在下一步作进一步研究。

参考文献

- [1] Kleinrock L. Nomadicity: Anywhere, Anytime in a Disconnected World. Mobile Networks and Applications, 1996, 1: 351-357
- [2] Mole R H, Jameson S R. A sequential route building algorithm employing a generalized savings criterion. Operational Research Quarterly, 1976, 27: 503-511
- [3] Clarke G, Wright J W. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. Operations Research, 1964, 12: 568-581
- [4] 顾椿,王小平,曹立明. 基于 Mobile Agent 的信息检索系统的结构及相关技术[J]. 计算机工程, 2004
- [5] 卢菁,等. Mobile Agent 在信息检索中的应用研究. 东南大学学报(自然科学版), 2003, 33
- [6] 于淑惠. 一个基于移动 Agent 的信息检索系统[J]. 现代图书情报技术, 2004(10)
- [7] 张至柔,罗四维,陈歆,等. 移动 Agent 在网格中的路径优化算法研究. 计算机研究与发展, 2006, 43(5): 791-796

因此该系统将会有很好的应用前景。

参考文献

- [1] Wiegand T, Sullivan G, Luthra A. Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification (ITU-T Rec. H. 264/ISO/IEC 14496-10 AVC), JVT-G050, Mar 2003
- [2] Schulzrinne H, Rao A, Lanphier R. Real Time Streaming Protocol (RTSP). IETF RFC 2326, 1998
- [3] Wenger S, Hannuksela M M, Stockhammer T, et al. RTP Payload Format for H. 264 Video. IETF RFC 3984, August 2004
- [4] Harrison R. Symbian OS C++ for mobile phones (volume 1) [M]. London: Symbian Press, 2004
- [5] 毕厚杰. 新一代视频压缩编码标准——H. 264/AVC. 第一版. 北京: 人民邮电出版社, 2005
- [6] 马建, 陈建, 牛建伟, 等. 智能手机操作系统编程——Symbian S60 系列. 北京: 科学出版社, 2005