

• 嵌入式系统工程 •

# 基于嵌入式 Linux 的 MP3 播放器的设计与实现

汪永好<sup>1</sup>, 周延森<sup>2</sup>

(1. 北京电子科技学院 计算机科学与技术系, 北京 100070; 2. 国际关系学院 信息科技系, 北京 100091)

**摘 要:**设计了一种应用于嵌入式系统的 MP3 播放器。该播放器基于 QT 技术和开源的音频解码器 libmad 与 audiere 编程实现, 可运行在嵌入式 Linux 操作系统和 ARM9 硬件平台。在分析 MP3 编解码原理的基础上, 详细介绍了该播放器的需求分析、设计及实现过程, 并就播放器开发过程中所遇到的一些问题的解决方案进行了探讨。

**关键词:**嵌入式; Linux; MP3 播放器; QT; Audiere

中图法分类号 :TP334.3 文献标识码 :A 文章编号 :1000-7024 (2009) 17-3948-02

## Design and implementation of MP3 player based on embedded Linux

WANG Yong-hao<sup>1</sup>, ZHOU Yan-sen<sup>2</sup>

(1. Department of Computer Science and Technology, Beijing Electronic Science and Technology Institute, Beijing 100070, China; 2. Department of Information Technology, University of International Relations, Beijing 100091, China)

**Abstract :** A kind of MP3 player is designed which can be used in embedded systems. The player implemented by use of QT technology and open-source audio decoder library libmad and audiere can run on the Linux and ARM9 hardware platform. Based on the analysis of MP3 encoding and decoding principles, the analysis of requirement, the detailed design and implementation process of the player is introduced in details. The solutions of several issues over the processing of the design are discussed.

**Key words :** embedded; Linux; MP3 player; QT; Audiere

### 0 引 言

嵌入式系统是当前较热门且具有很好发展前途的 IT 应用领域之一, 其在近些年不仅广泛应用于工业控制、通信设备、信息家电、医疗仪器等领域, 而且大量应用于手机、PDA 等消费类电子设备<sup>[1]</sup>。MP3 作为高质量音乐压缩标准, 数据压缩比率大, 回放质量高<sup>[2]</sup>。在这些个人消费电子设备中实现 MP3 播放功能显得十分有必要。本文在研究分析了 MP3 文件格式与解码原理后, 详细介绍了基于 Linux 操作系统的嵌入式 MP3 播放器的设计与实现过程。

### 1 MP3 的编解码原理

#### 1.1 MP3 文件结构分析

MP3 文件主要由 ID3V2, Frame 以及 ID3V1 这 3 部分组成, 各个部分包含的内容如表 1 所示。由表 1 可以看出, 一个 MP3 文件信息中最重要的是文件中的一系列 Frame。所有的音频信息都存放在 Frame 中。每一个 Frame 包含 3 部分: 帧头、CRC 校验码和帧的主要数据。帧头长度固定为 4 个字节, CRC 校验码可有可无, 取决于帧头中的第 16 位: 第 16 位为 0 则没有校验码, 为 1 则有 2 个字节的校验码; 最后就是帧的主要数据, 其长度可由帧头计算得出。表 2 为 MP3 文件的 Frame 格式。

收稿日期: 2008-09-24; 修订日期: 2008-12-07。

作者简介: 汪永好 (1975 - ), 男, 浙江开化人, 硕士, 讲师, 研究方向为嵌入式系统、信息安全; 周延森, 硕士, 讲师, 研究方向为信息安全、网络通信。E-mail: wangyh@besti.edu.cn

表 1 MP3 文件结构及功能描述<sup>[3-4]</sup>

ID3V2	包含了作者、作曲、专辑等信息, 扩展了 ID3V1 的信息量。长度不固定。
Frame : Frame	一系列的帧, 个数由文件的大小和帧长来决定。 每一帧的长度可能固定, 也可能不固定, 由位率 bitrate 决定。 每一帧又分为帧头和数据实体两部分。 帧头记录了 MP3 的位率、采样率、版本等信息, 并且每个帧之间相互独立。
ID3V1	包含了作者、作曲、专辑等信息, 且长度固定为 128 字节。

表 2 每一帧的格式<sup>[3-4]</sup>

帧头	CRC 校验码	主要数据
4 字节	0 或者 2 字节	长度可由帧头计算得出

ID3V1 包含的作者、专辑等信息是一个音频文件的基本信息, 在播放 MP3 时可以读取出来并加以显示。由于 ID3V1 的长度固定, 并且在文件中的位置固定 (存放在 MP3 文件最后的 128 字节), 因此, 可以方便地对 ID3V1 进行读取操作。

#### 1.2 MP3 文件解码流程

对于一个 MP3 文件的解码, 本质上就是循环地对每一个 Frame 进行解码, 直到完成所有 Frame 的解码, 或者中途出现错误而中止。MP3 文件的解码流程如图 1 所示<sup>[5]</sup>。

而对于每一帧的解码, 首先是要获取每一帧的同步字符和帧头信息, 从而获得相应的参数, 并根据对帧头信息的分析进而得到实际一帧的音频数据; 然后读取主要数据并获得缩

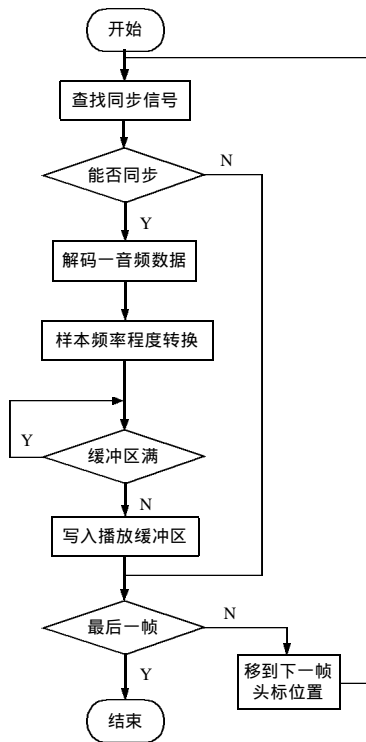


图 1 MP3 文件解码流程

放因子数据和霍夫曼码字 ,接着进行霍夫曼解码 ;其次进行反量化 ,并根据帧头的立体声信息对反量化结果进行立体声处理 ;最后通过混迭处理、IMDCT和合成滤波器重建数字音频信号<sup>[4]</sup>。这一过程如图 2 所示。

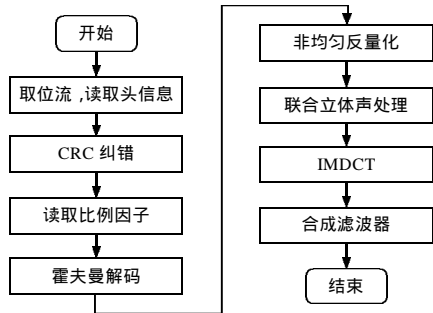


图 2 帧解码流程

MP3 文件解码播放的简化流程可用图 3 表示。



图 3 解码播放简化流程

由图 3 可知 ,MP3 文件或者其它音频文件 ,经过解码库(解码器)的解码 ,生成 PCM 数据 ,然后将 PCM 数据写入声卡设备 ,即可实现音频文件的播放。

2 MP3 播放器的设计与实现

2.1 MP3 播放器的功能分析

作为嵌入式 MP3 播放器系统 ,它应该包含以下功能 :能

实现基本的播放、暂停、停止功能 ;能实现快进快退以及播放列表操作等功能 ,用例图如图 4 所示。

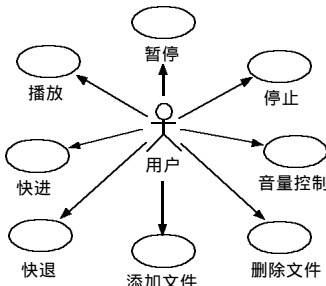


图 4 播放器用例

2.2 MP3 播放器的主要类关系图

依据 2.1 节所定义的功能 ,嵌入式 MP3 播放器系统的主要类设计为如图 5 所示。

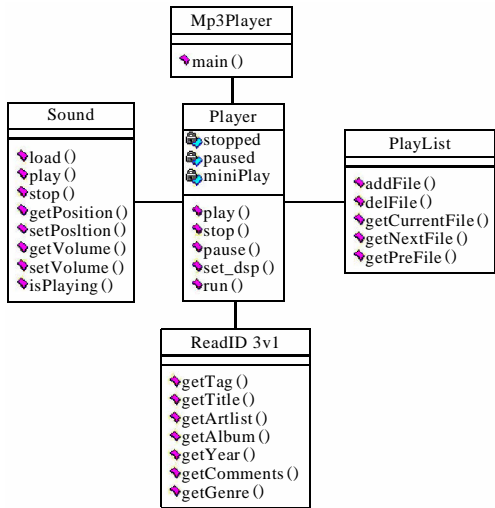


图 5 主要类整体关系

其中 ,Mp3Player 类是主类 ,主要实现播放器的界面 ;Sound 类主要实现 MP3 文件的底层解码、播放等 ;Player 类则主要实现底层播放与界面的交互 ;ReadID3v1 类的主要功能是实现 MP3 文件头信息的读取 ;Playlist 类则实现播放器列表的操作功能。

2.3 MP3 播放器的实现

由于 Linux 具有开放源码 ,软件资源丰富 ,性能高效、稳定 ,支持多种体系结构 ,大小、功能都可定制 ,价格低廉等优点 ,本 MP3 播放器系统基于嵌入式 Linux 操作系统来实现。而 MP3 播放器的界面设计则采用 Qt/Embedded 技术 ,它是著名的 Qt 库开发商挪威 Troll-Tech 公司面向嵌入式系统的 Qt 版本。其特点是可移植性好 ,产品较成熟 ,开发文档和 SDK 齐全 ,对内存资源需求少 ,显示性能好等<sup>[6]</sup>。

而对于 MP3 播放器一些底层功能的实现 ,可以基于一些开源音频解码库 ,只要开发者遵循开发协议即可 ,这样可以加快开发速度和减少开发成本。在本 MP3 播放器的设计和实现的过程中 ,主要采用 libmad 解码库与 audiere 解码库。libmad 是一个开源的高精度 MPEG 音频解码库 ,它提供 24-bit 的 PCM

(下转第 4076 页)

表3 PSO, QPSO, cQPSO 算法迭代数为 1500 的结果比较

Schaffe 函数	粒子数	算法	迭代数	运行次数	运行结果
f(x)	1500	PSO	15	2 924	0.999 833
f(x)	1500	QPSO	15	2 942	0.999 994
f(x)	1500	cQPSO	15	2 471	0.999 996
f(x)	1500	PSO	30	3 205	0.999 403
f(x)	1500	QPSO	30	2 176	0.999 669
f(x)	1500	cQPSO	30	2 152	0.999 699
f(x)	1500	PSO	45	2 460	0.999 801
f(x)	1500	QPSO	45	2 097	0.999 302
f(x)	1500	cQPSO	45	2 053	0.999 278

由表 2、表 3 可得, QPSO 算法明显比 PSO 算法的结果精确, 运行次数也有所减少, 采用量子行为的粒子群优化算法能够有效确保算法的收敛, 操作简单, 使用方便, 并且使粒子群优化算法有了更快的收敛速度; 但基于量子行为的粒子群优化算法容易陷入局部极小点, 且搜索精度不是很高。而 cQPSO 算法又比 QPSO 算法运行次数有所减少, 结果更加精确; cQPSO 算法不仅通过全同粒子系改善了初始种群的质量, 而且通过对粒子的全局最优值与粒子的局部最优值的比较, 限制粒子陷入局部最小搜索状态, 提高粒子的局部搜索能力, 节省了搜索时间, 使粒子能够快速地搜索到最佳位置, 从而增强了算法的局部寻优能力和收敛速度及计算精度。计算结果表明 cQPSO 是有效的, 可行的。

### 5 结束语

本文采用全同粒子系更新粒子位置, 并引用混沌思想, 对每个粒子进行混沌搜索, 由此提出了一种改进的基于量子行为的 PSO 算法——cQPSO 算法。实验结果表明, 新算法在改善基本粒子群的全局、局部搜索能力和收敛速度以及计算精

度上均优于经典的 PSO 算法、基于量子行为的 PSO 算法。本方案的提出, 只是理论上加以突破, 并运用实验加以验证, 还需进一步在工程方面得以应用。

### 参考文献:

- [1] 黄继红. 粒子群优化算法[EB]. [http://blog.sina.com.cn/s/blog\\_4b5f50b1010008ky.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_4b5f50b1010008ky.html), 2007-03-25.
- [2] Coello Coello C A, Lechuga M S. MOPSO: a proposal for multiple objective particle swarm optimization[C]. IEEE Int Congress on Evolutionary Computation. Piscataway, NJ: IEEE Service Center, 2002: 1051-1056.
- [3] Shi Y C. Particle swarm optimization: developments, applications and resources[C]. IEEE Int Congress on Evolutionary Computation. Piscataway, NJ: IEEE Service Center, 2001: 81-86.
- [4] Hu X, Shi Y, Eberhart R. Recent advances in particle swarm[C]. IEEE Int Congress on Evolutionary Computation. Piscataway, NJ: IEEE Service Center, 2004: 90-97.
- [5] 汪定伟. 智能优化方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 217-218.
- [6] 孟红记, 郑鹏. 基于混沌序列的粒子群优化算法[J]. 控制与决策, 2006, 21(3): 263-266.
- [7] Leandro dos Santos Coelho. A quantum particle swarm optimizer with chaotic mutation operator[J]. Chaos, Soliton and Fractals, 2008(37): 1409-1418.
- [8] 曾谨言. 量子力学导论[M]. 2 版. 北京: 北京大学出版社, 2006: 135-162.
- [9] 康燕, 孙俊, 须文波. 具有量子行为的粒子群优化算法的参数选择[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(23): 40-42.

(上接第 3949 页)

输出。用 libmad 解码库对 MP3 文件进行解码播放的音质比较好, 而且使用 libmad 提供的 API, 可以实现 MP3 数据解码和顺序播放, 但 libmad 没有提供对文件播放定位的 API, 所以要实现快进和快退功能比较困难。而 audiere 包含高层次的 API, 能够处理文件 I/O, 解码, 混合和音效输出。利用 audiere 解码库, 可以很方便地实现播放器的播放、暂停、快进等功能<sup>[7]</sup>。

### 3 结束语

本文中所讨论的嵌入式 MP3 播放器, 目前已实现, 并拥有市面 MP3 播放器的所有功能且在嵌入式平台上运行良好。当然, 在 MP3 播放器的开发过程中, 也遇到了许多问题。其中一个比较关键的问题是在实现滚动条随 MP3 文件的播放而移动时, 出现界面无法响应暂停、停止等事件的现象发生。这就是所谓的 GUI 界面“冻结”现象, 即 GUI 界面无法响应用户的操作<sup>[8]</sup>。这主要是在程序运行时, 底层的程序占用过多的系统资源所导致。而在本 MP3 播放器中, 主要是因为界面需不断的循环以获取播放位置来实现滚动条的移动, 从而占用了过多的系统资源。可考虑采用线程结合定时器的方法来解决, 即将底层的解码播放单独用线程来实现。同时, 创建一个定时器, 由它每间隔一定的时间就触发一次滚动条的

移动显示。

### 参考文献:

- [1] 李亚锋, 欧文盛. ARM 嵌入式 Linux 系统开发从入门到精通[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [2] 王道乾, 刘定智, 文俊浩. 基于 ARM 处理器的 MP3 播放器分析与实现[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(4): 1595-1597.
- [3] 博创科技. UP-NETARM2410-S<Linux>嵌入式系统实验指导书[M]. 北京: 北京博创兴业科技有限公司, 2006.
- [4] 王森林, 庄圣贤. 基于嵌入式 Linux 的 MP3 播放器设计[J]. 重庆工学院学报, 2007(3): 65-68.
- [5] 博创科技. MP3 播放器与 U 盘设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [6] 倪继利. Qt 及 Linux 操作系统窗口设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [7] CSDN 论坛. 对 OSS(Open Sound System)的开发进行的一些深入讨论 [OL]. <http://blog.csdn.net/baymoon/category/245751.aspx?PageNumber=4>, 2006.
- [8] 吴小伟, 徐广毅, 张晓林, 等. 嵌入式 Linux 系统中 GUI 系统的研究与移植[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2004(10): 11-15.