

SWF 矢量动画解析框架设计^①

倪应华 金炳尧 (浙江师范大学 教育信息技术研究所 浙江 金华 321004)

摘要: SWF 是一种网络交互矢量图形动画格式。从介绍 SWF 动画文件结构入手, 设计了 SWF 文件的解析框架。探讨了 SWF 解析流程中的两个重要环节: SWF 文件头解析和 Tag 解析, 在此基础上设计 SWF 的解析程序实现 SWF 动画环境信息、动画元素信息以及控制信息的获取。

关键词: Flash; SWF 动画; 动画解析

Design of an Analytical Framework with SWF Vector Graphics

NI Ying-Hua, JIN Bing-Yao

(Institute of Educational information Technology, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

Abstract: SWF is a format of network interactive vector graphics animation. Starting with analysis of the structure of SWF file, this paper designs analytical framework. The analytical process is in two important areas: file head Analysis and Tag Analysis. On the basis of the analytical procedures, it designs procedures to obtain SWF environmental information, element information and control information.

Keywords: flash; SWF animation; analysis of animation

1 引言

SWF(ShockWave Flash)是 Macromedia 公司提出的交互矢量图形文件格式, 具有非常优秀的压缩性、传输性与交互性。Flash 动画普遍应用于网络动画、网络游戏、网络交互等, 事实上已经成为网络动画的一种典型格式。因此研究 SWF 动画文件格式实现 SWF 动画文件解析从而获取动画元素信息对于实现 SWF 动画信息识别具有实际意义。本文通过介绍 SWF 文件格式, 设计解析框架实现 SWF 动画文件的解析与信息提取。

2 SWF文件格式介绍

SWF 文件格式由一个文件头和许多个 Tag 组成, 最后以一个特殊的 End Tag 结束文件, 基本结构如图 1 所示。

在 Header 文件头中主要定义了与 SWF 动画整体环境相关的重要信息。Tag 主要定义了涉及 SWF 动画

的内容信息和动画呈现控制信息。所有的 Tag 形式一致而且独立。Tag 组织顺序遵循以下规则^[1,2]: ①当前 Tag 可以引用前面出现过的 Tag, 但不能引用后继出现的 Tag, 即先定义后引用; ②定义标记中的元素必须在控制标记引用前定义, 即先定义后控制; ③声音流定义标记内部数据必须严格有序; ④End Tag(结束标记)必定是最后一个标记。



图 1 SWF 文件结构

3 SWF解析框架设计

SWF 解析通过分析 SWF 文件二进制字节的结构和信息实现, 因此必须理清 SWF 各部分的完整结构才能彻底的解析 SWF。设计一个全面完整的解析框架是解析 SWF 的基础。依据 SWF 文件的结构特点, 整体解析框架如图 2 所示^[3]: ①解析 SWF 文件头, 读取

① 基金项目:2008 年度浙江省教育厅项目(Y200805671)

收稿时间:2009-06-16

SWF 文件头信息,分析得到 SWF 动画的环境参数;② Tag 解析,循环顺序分析每一个 Tag 头,确定 Tag 类型和 Tag 内容长度;根据 Tag 内容长度获取 Tag 内容数据,调用对应 Tag 处理函数分析 Tag 内容;③ 结束解析,循环分析每个 Tag 直至 End Tag 分析结束。

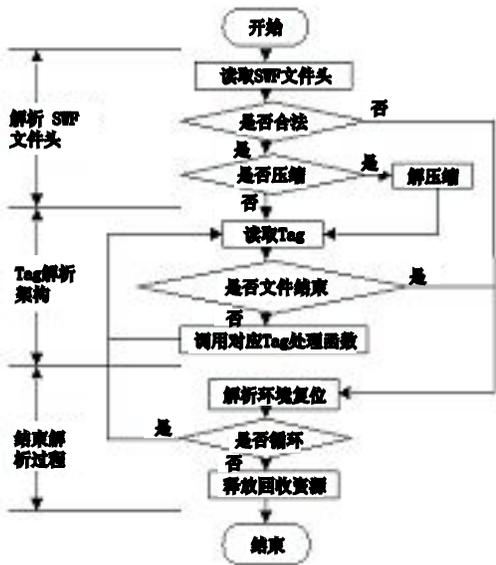


图 2 SWF 文件整体解析框架

4 SWF解析分析

4.1 SWF 文件头解析

SWF 文件头由文件标识及文件基本信息组成,主要信息包括文件是否压缩、版本号、字节数、场景大小、帧频以及总帧数。该部分涉及 4 种类型的数据: UI8、UI16、UI32 以及 RECT。类型 UIr 中的 UI 是指无符号数,r 是指字节位数。RECT 类型结构如表 1 所示,常用来表示矩形结构的坐标信息。nBits 取前 5 位无符号数,表示矩形结构坐标的字节位数;后续的 4 个 nBits 位有符号数分别表示矩形结构的 4 个坐标值。通过对比分析得到了 SWF 文件头的字节结构分布,包括字节序列、类型以及含义,如表 2 所示。

表 1 RECT 类型字节结构

字段含义	字段结构	作用
nBits	nBits = UB[5]	矩形结构坐标位数
Xmin	SB[nBits]	左上角横坐标
Xmax	SB[nBits]	右下角横坐标
Ymin	SB[nBits]	左上角纵坐标
Ymax	SB[nBits]	右下角纵坐标

表 2 SWF 文件头字节结构分布

字节	类型	含义
1	UI8	F 代表未压缩,C 代表压缩
2	UI8	W
3	UI8	S
4	UI8	SWF 文件的版本号
5-8	UI32	文件长度所占字节数
9-N	RECT	场景大小信息,单位为 twip
N+1-N+2	UI16	播放帧频
N+3-N+4	UI16	影片总帧数

4.2 Tag 解析

Tag 是 SWF 文件的主体,将所有的 Tag 从文件中依次正确无误的提取出来,分析 Tag 的类型,确定 Tag 内容的长度,提取分析 Tag 内容数据等,这个流程是 Tag 解析框架需要完成的。

每个 Tag 分成 Tag 头和 Tag 体两个部分。每个 Tag 头又分成 Tag 类型号和 Tag 体长度。根据 Tag 头格式不同可以将 Tag 分成:短 Tag 和长 Tag。短 Tag 结构如表 3 所示,整个短 Tag 头只有两个字节,其中前 10 位定义 Tag 类型号,后 6 位定义 Tag 体长度。由于只有 6 个二进制位表示 Tag 体长度,因此只能定义字节长度不超过 62 字节的 Tag 体。如果后 6 位定义为“111111”,那么该 Tag 就是长 Tag,结构如表 4 所示。第 1 个字节的后 6 位称为填充位,只起到标记长 Tag 的作用,没有其他意义。后继的 4 个字节定义为长 Tag 的 Tag 体,因此最长可以定义 4G 字节的 Tag 体数据。

表 3 短 Tag 结构

Tag 结构	字段含义	字段结构
Tag 头	Tag 类型号	UB[10]
	Tag 体长度	UB[6]
Tag 体	Tag 内容	...

表 4 长 Tag 结构

Tag 结构	字段含义	字段结构
Tag 头	Tag 类型号	UB[10]
	Tag 填充位	UB[6]
	Tag 体长度	UI[32]
Tag 体	Tag 内容	...

按照 Tag 的作用可以分成两类:定义型 Tag 和控制型 Tag。定义型 Tag 定义了动画中的元素或称角色(Character),主要有形状等 8 大类^[3,4],表 5

整理给出的是常用的定义型 Tag 信息。定义型 Tag 只是定义各种动画实体元素，不会绘制任何图形，也不会产生任何动画效果。绘制和控制图形的功能都是由控制型 Tag 实现的。这类 Tag 用来产生和操作角色，并且控制影片的流程。控制型 Tag 按照控制功能的不同分成三个类别：显示列表、控制和动作，表 6 整理给出了 SWF 中常用的控制型 Tag 信息。通过大量分析发现：定义型 Tag 大都是长 Tag，控制型 Tag 大都是短 Tag。

表 5 常用定义型 Tag 信息

类别	Tag 名称	类号	作用
形状	DefineShape	2	定义形状信息
	DefineShape2	22	扩展 DefineShape
	DefineShape3	32	扩展 DefineShape2
可变形状	DefineMorphShape	46	定义可变形状信息
按钮	DefineButton	7	定义按钮角色
	DefineButtonSound	17	定义按钮声音
	DefineButtonCxForm	23	颜色变换信息
影片剪辑	DefineSprite	39	定义影片剪辑角色
字体和文字	DefineFont	10	定义字体图形轮廓
	DefineText	11	定义文本块信息
	DefineFontInfo	13	定义字体设置信息
	DefineEditText	37	定义文本区域
位图	DefineBits	6	定义压缩 JPEG 角色
	JPEGTables	8	定义 JPEG 图像信息
	DefineBitsLossless	20	定义压缩位图角色
声音	DefineSound	14	定义声音信息
视频	DefineVideoStream	60	定义视频信息

表 6 常用控制型 Tag 信息

类别	Tag 名称	类号	作用
显示列表	ShowFrame	1	显示列表中的对象
	PlaceObject	4	显示列表增加角色
	RemoveObject	5	显示列表移除角色
	PlaceObject2	26	修改显示列表角色
	RemoveObject2	28	显示列表移除角色
控制	End	0	SWF 文件结束
	SetBackgroundColor	9	设置显示背景色
	StartSound	15	播放或者停止声音
	Protect	24	文件保护不被导入
	FrameLabel	43	设置帧标签
动作	DoAction	12	执行 Action 脚本

4.3 Tag 关系与动画播放分析

掌握 Tag 解析规则为进一步剖析 Flash 如何解析 Tag 呈现动画提供了可能。实际上 Flash 给每个定义型 Tag 分配一个唯一的标识号，叫做角色标识(CharacterID)。Flash 播放器在播放时首先将定义型 Tag 角色按照出现次序分配角色标识；然后将其放到一起组成对象字典(Dictionary)；最后根据控制型 Tag 的要求选择字典中的角色添加到显示列表(Display List)，通过显示列表可以控制角色显示的层次和次数；同时显示列表中的角色也可以通过控制型 Tag 实现移除^[5]。下面以在某关键帧上从里往外呈现 Shape 形状、静态文本和影片剪辑 3 个对象为例解释 Flash 内部 Tag 存储结构。图 3 展示了该过程中所有定义型 Tag 和控制型 Tag 的关系和动画解析控制的全过程。在关键帧上显示对象的需要经过 5 个步骤：①使用定义型 Tag 定义从里往外描述关键帧内角色对象；②将新角色添加到字典；③使用控制型 Tag 对角色进行操作；④根据角色显示列表的操作要求调整显示列表中的角色及显示深度；⑤使用 ShowFrame 控制型 Tag 将显示列表中所有角色按照层次渲染显示关键帧。从上述机理中可以理解 Flash 动画小巧的原因在于使用了字典技术。字典只需定义新角色的基本信息，重复使用只需对角色加以引用即可。

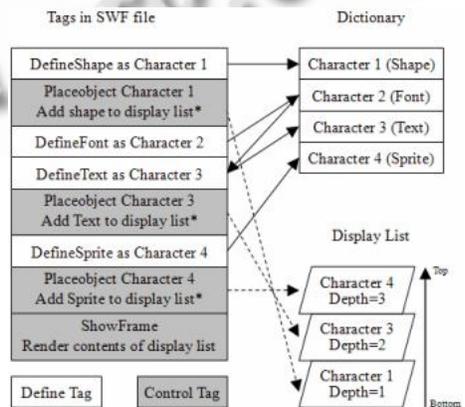


图 3 角色、字典和显示列表的关系

5 SWF解析实现

按照图 2 的 SWF 解析框架和流程设计了解析程序对某 SWF 动画进行解析，解析效果如图 4 所示。



图 4 SWF 解析程序运行效果

解析的重点主要分成两个阶段：文件头解析和 Tag 解析。文件头解析主要是根据表 2 的文件头结构信息确定动画场景基本信息的字节分布和参数值。该 SWF 文件头十六进制信息为“46 57 53 06 A1 05 00 00 78 00 05 5F 00 00 0F A0 00 00 0C 3C 00”。根据“4.1 SWF 文件头解析”的解析规则可以方便的分析出前 8 个字节的的信息，但从第 9 个字节开始描述场景布局信息的是 RECT 类型数据。该类型数据字节大小是未定的，因此分析处理 RECT 类型数据是 SWF 文件头分析的关键。RECT 类型第 1 个字节的前 5 位描述的是后继四个字段二进制位长度。通过分析计算可以得到描述场景大小信息的 RECT 类型结构整个字节数为 $(\text{Shr}(\text{B}(9), 3) * 4 + 5 + 7) \setminus 8$ ，下面结合 SWF 文件实例数据分析 RECT 类型处理全过程：①B(9):取出第 9 个字节信息，得到 0111 1000；②Shr(B(9), 3):对取出的信息使用逻辑右移 3 位获取 nBits 的值， $n\text{Bits} = 0000\ 01111$ ，十进制为 15；③Shr(B(9), 3)*4+5: 整个 RECT 类型有效字节位数为 65 位；④ $(\text{Shr}(\text{B}(9), 3) * 4 + 5 + 7) \setminus 8$: RECT 实际占用字节数为 9 个字节。⑤获取第 9 个字节至第 17 个字节，共 9 个字节二进制信息如下：

```
0111 1000 0000 0000 0000 0101 0101
1111 0000
0000 0000 0000 0000 1111 1010 0000
0000 0000
```

前 5 位为 nBits 的值，最后 7 位为填充位，无实际意义。由于 Flash 设计坐标采用像素格式，而 SWF 内部表示采用 twip 格式，因此获取的属性值需要转换。

$$X_{\min} = 0x0000000000000000 / 20 = 0 / 20 = 0$$

$$X_{\max} = 0x010101011111000 / 20 = 11100 / 20 = 550$$

$$Y_{\min} = 0x0000000000000000 / 20 = 0 / 20 = 0$$

$$Y_{\max} = 0x001111101000000 / 20 = 8000 / 20 = 400$$

最终该 SWF 文件头信息如表 7 所示。

表 7 实例 SWF 文件头信息

字节	类型	获取信息
1	UI8	压缩信息: F, 未压缩
2	UI8	W
3	UI8	S
4	UI8	版本号: 6
5-8	UI32	文件长度: 1441 字节
9-17	RECT	场景大小: 550*400
18-19	UI16	播放帧频: 12
20-21	UI16	影片总帧数: 60

在 SWF 文件头解析结束后再解析 Tag 数据区。Tag 解析主要是根据“4.2 Tag 解析”中表 3、表 4 的 Tag 结构按照 Tag 在字典中的先后次序逐个提取每个 Tag 的型号、字节偏移量和长度信息，通过这些信息进而提取每个 Tag 所有字节内容信息。根据型号区分定义型 Tag 和控制型 Tag，并对 8 大类定义型 Tag 进行了分类统计。同时 Tag 解析针对 Tag 内容可以进一步调用 Tag 处理函数进行分析和处理。通过解析定义型 Tag 可以获取动画元素的基本信息，通过解析控制型 Tag 可以获取动画元素控制信息。

6 结语

本文从介绍 SWF 动画文件格式入手设计了 SWF 文件解析框架。针对解析框架的两个主要环节—文件头解析和 Tag 解析进行了重点介绍，最后在解析框架基础上实现了 SWF 的解析程序，通过解析程序可以获取 SWF 动画的环境信息、动画元素信息以及控制信息等。SWF 解析和信息提取为进一步实现 SWF 动画的元素识别、元素信息提取、元素导入置换等操作，为实现 SWF 动画信息识别奠定了基础。

参考文献

1 Yang J, Li Q, Liu WY, Zhuang YT. Content-based Retrieval of Flash? Movies: Research Issues, Generic Framework, and Future Directions. Multi-media Tools

(下转第 165 页)

(上接第 205 页)

- and Applications, 2007,(34):1 – 23.
- 2 Macromedia Incorporated. Macromedia Flash File Format (SWF)[2009-5-15]. <http://www.halfserious.com/swf/format/index.html>
- 3 万明磊.机顶盒中 SWF 解码器的设计与实现[硕士学位论文].武汉:华中科技大学, 2005.
- 4 Yang J, Li Q, Zhuang YT. Modeling Data and User Characteristics by Peer Indexing in Content-based Image Retrieval. The 9th International Conf on Multimedia Modeling, Taiwan, 2003,(4):1 – 10.
- 5 Aspose. Flash. Creating Flash Animation Using Aspose. Flash [2008-12-12]. http://pcwin.com/Software_Development/Aspose_Flash_for__NET/index.htm, 2007,(5):1 – 13.