

基于 CDMA 6025 平台的 Flash 文件系统的设计

强 浩, 施连敏, 王洪元

(江苏工业学院 信息科学与工程学院, 江苏 常州 213164)

[摘要] 针对 CDMA 6025 手机研发平台设计了一种 flash 文件系统, 其结构主要由 driver 层、core function 层、target function 层、manage function 层和 ffs task 层 5 部分组成, 利用消息收发机制实现不同任务之间的数据交换和共享. 文件系统的设计主要包括目录结构、文件结构的设计和对象的删除、更名和修改, 同时通过查询 block 中的信息进行了 Flash 寿命均衡设计. 目前在此基础上已经成功进行了系列 CDMA 手机的研发, 该文件系统得到了很好的应用.

[关键词] flash 存储器, 文件系统, 均衡设计, 消息收发机制, 嵌入式系统

[中图分类号] TP 311 [文献标识码] A [文章编号] 1672-1292(2008)04-0186-04

Design of Flash File System Based on 6025 Platform of CDMA

Qiang Hao, Shi Lianmin, Wang Hongyuan

(School of Information Science and Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213164, China)

Abstract A kind of embedded flash file system (ffs) is designed to handset R&D platform of CDMA 6025. This ffs hierarchy is made up of five parts such as driver, core function, target function, manage function and ffs task. Using message receiving and dispatching mechanism, data exchanging and data sharing is achieved in different tasks. This design includes mostly designs of directory structure and file structure, deleting, renaming and an ending of a object and balance design of flash life by inquiring the information of block. In practice this ffs is applying effectively, and based on it a series of CDMA mobile phones are manufactured.

Key words flash memory, file system, balance design, message receiving and dispatching mechanism, embedded system

随着通讯业持续不断的快速发展, 作为终端设备的手机技术也在不断进步, 手机的功能也越来越丰富, 从而导致了手机中以多媒体业务为首的应用功能数据量急剧增大, 数据内容也变得更为复杂, 这些应用数据的存储与管理是不容回避的问题. Flash 存储器制造成本低廉、存储容量大、数据非易失、无机械故障、访问速度快, 在目前的嵌入式系统^[1-6]中被广泛用作外存储器件. 因此, 针对 Flash 自身的物理特性, 利用一些特定的算法, 设计一个 Flash 存储管理系统, 来提高 Flash 的使用效率和可靠性, 加快操作速度和管理 Flash 各单元的使用频率是非常有必要的.

本文主要结合 CDMA 6025 手机研发平台, 对其进行了 Flash 文件系统的设计, 为在此平台上进行手机多媒体功能的开发提供了可能性.

1 CDMA 6025 平台 Flash 文件系统的设计

CDMA 6025 平台是基于美国高通 (Qualcomm) 公司的 MSM 6025 芯片组为核心的硬件手机研发平台, 其底层软件、协议软件、BREW 软件等均由 Qualcomm 公司提供, 内嵌的 CPU 为 ARM 7, 操作系统为 Qualcomm 公司的 REX 实时操作系统. 目前已经实现了手机的呼叫、短信和电话本等功能, 为了其多媒体业务的开发, 需要设计一个 Flash 文件系统来管理和存储大量的数据.

收稿日期: 2008-06-18

基金项目: 江苏省教育厅自然科学基金基础研究 (06KJB520022) 资助项目.

通讯联系人: 王洪元, 教授, 研究方向: 智能计算与控制. E-mail: hywang@jpu.edu.cn

1 1 系统体系结构

FLASH 文件系统 (FFS) 是一个面向 FLASH 的小型存储设备的数据组织系统, 采用了松散的层次结构, 并且提供了类似于 POSIX 文件 I/O 接口的用户应用接口, 对象在 FFS 系统中由目录和子目录来分层组织管理, 具有垃圾回收功能, 并且有一定的崩溃恢复功能: 在系统异常中断或者掉电后具有一定程度上的操作回撤功能。

FFS 模块在整个系统中的位置, 可以用图 1 来表示。它向上为 NV RAM TASK 以及其他需要进行 FFS 操作的 TASK 提供 FFS 应用接口, 它与这些 TASK 之间是通过操作系统的邮箱来实现命令发送和结果返回机制。FFS 模块向下提供了 FLASH 的硬件驱动, 作为读写和管理 FLASH 存储设备的惟一接口。因此, FFS 在整个系统中是作为固定数据存储管理的核心任务独立存在。

FFS 模块采用不严格的分层结构来实现, 层次结构如图 2 所示。

1 2 文件系统设计

FFS 以 block 为单位进行组织管理, 格式化的时候, 在每个 block 开头 16 个字节的空间里保存每个 block 的信息: 格式化版本, block 年龄, block 类型等。标记一个属性为 inode 的 block 节点来存放所有节点的索引信息, 并标记保留一个空 block 作为日后数据和 block 回收使用, 其它 block 都标记为数据 block 用来存放文件等数据。

1 2 1 目录结构设计

FFS 从实体上来分, 一共有 5 种对象: 根 (特殊的目录)、目录、文件、日志 (特殊的文件)、符号链接 (对象的节点映射); FFS 从数据结构上来分, 一共有 2 种对象: 节点 (inode) 和实体对象 (object)。节点是用来存储对象实体的信息: 位置, 大小和类型, 子对象序号或者第一个兄弟节点的序号; 实体对象就是真正需要存储的数据组织 (比如文件等)。

FFS 从 FLASH 设备中单独分配一个 block 作为文件系统的文件索引表, 这个表是类似 FAT 文件系统的文件分配表, 它的组织结构是一个类似于二叉树的结构, 如图 3 所示。

由于 FLASH 存储设备的容量限制, 以及实时系统的反应时间限制, 目录结构不能太复杂, 所以设计的时候限制目录深度不能超过 6 层, 而每个目录下可以存放的对象数目则取决于存储设备的空间限制以及 FFS 系统节点 block 可以容纳的节点对象数目。

1 2 2 文件结构设计

文件在数据 block 中为连续存放, 如图 4 所示。文件名占用最多 20 个字节空间 (文件名规定最长 20 个字符), 文件名之后加上结束符, 数据接着文件名后连续存放, 数据后同样需要加一个结束符, 这是为了在统计 block 空间使用状况时, 可以准确计算每个对象所占用的空间大小, 以及在目标查找的时候可以定位目标对象的各个部分。如果文件名或者数据结束的位置没有字对齐, 还需要在其后加上零填充 (zero pad), 这样能够保证无论文件名还是数据都是字对齐, 读取的时候就不会出错。

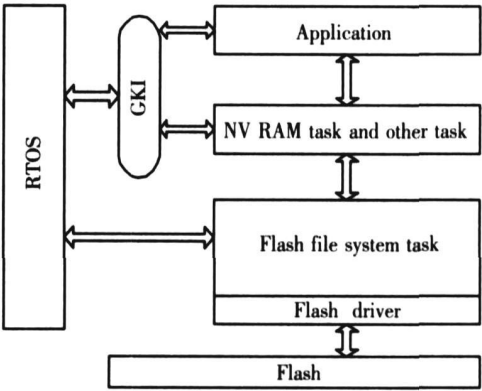


图 1 FFS 在系统中的位置
Fig.1 Position of FFS in system

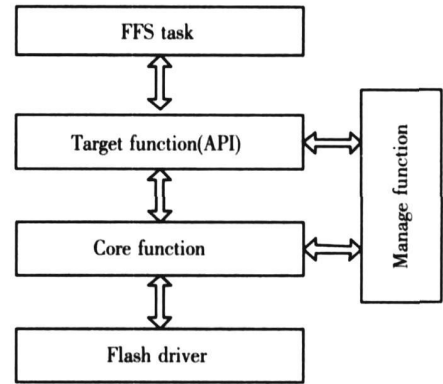


图 2 FFS 模块层次结构
Fig.2 Hierarchy of FFS module

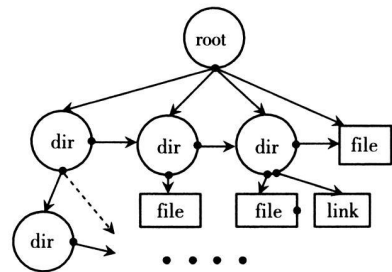


图 3 目录结构
Fig.3 Catalog structure

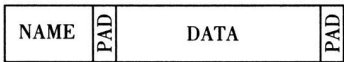


图 4 数据块结构
Fig.4 Structure of data block

日志文件是个特殊的文件,它的空间是由系统保留,不会分配给其它用途. 日志文件每次增加一个固定长度的记录,满了之后,重新分配一个保留空间作为新的日志,旧日志空间被释放.

目录在数据 block 中也是这样存放,但是由于目录本身没有数据,所以只是存放目录名,在数据 block 中,目录与目录里面的内容在存放上没有任何逻辑或者物理联系,它们的归属关系、组织结构仅仅是靠 inode 目录结构来维护,所有对象都是按照创建的先后次序在 FLASH 中存放.

符号链接相当于被链接对象的一个映象,只是名称不同而已. 符号链接存放的时候,符号链接名称本身后存放的不是链接对象数据,而是链接对象的绝对路径 (路径 + 对象名称).

1 2 3 对象的删除、更名和修改

对于其它随机存储设备,当需要删除或者修改数据的时候,可以直接对数据对象进行操作. 然而 FLASH 独特的物理特性: 先擦除然后才能写入,擦除也只能整块 (block) 的擦除,决定了它的改写操作的独特性.

当需要删除一个文件或者一个其它对象的时候,并不对对象本身在数据 block 中的数据做任何操作 (其实也无法做出任何操作),而仅仅只是在节点 block 中找到这个对象的节点索引,然后将这个对象节点标记为无效. 这样下次在进行文件操作需要遍历节点 block 的节点时,碰到这个节点我们就直接跳过它,而转向它的兄弟节点. 在删除目录对象的时候,首先要保证这个目录是空目录,然后才可以标记这个目录节点为无效节点. 但是,无效节点并非是无用节点,无效只是表示它所指向的文件对象无效,而其实它还是有着重要的作用: 保证目录结构的完整性. 由于 FLASH 无法改写,删除对象的节点却保存了兄弟节点的索引信息,因此它的上一个节点和下一个相邻节点之间的链接只能依靠它来维持,如图 5 所示.

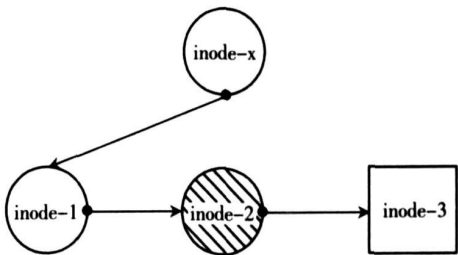


图 5 节点对象的删除
Fig.5 Deletion of node object

由于同样的原因,对象的改名或者修改也一样,其实并没有对对象本身做出修改,只是将对象拷贝一份出来,然后分配一个新的节点对象,并让旧的节点对象无效,重新生成新的节点链接. 从而达到改名或者修改的目的.

任何对象的删除、更名、修改操作进行完毕后,要对 block 信息进行更新,FFS 维护一个 block 信息数组,统计每个 block 使用空间、未用空间和浪费的空间,这些操作都要对将对象大小尺寸累加到对应的 block 浪费空间和使用空间中. 同样,节点的删除也需要更新节点 block 中节点资源利用的信息.

可见,无论对象的修改或者删除,它们本身占用的存储空间和节点资源并没有释放,不能马上重新利用,这就造成了系统资源的浪费;而且节点 block 到了一定时候,无效节点比例上升,目录结构就变得冗长和低效率. 因而对于数据和 block 的回收利用,以及重新生成新的节点树来形成新的目录结构就变得必要了,由于篇幅原因在此就不进行详细叙述了.

1 2 4 Flash 寿命均衡设计

由于 Flash 有一定的使用寿命,一般为擦写 10~ 100 万次. 所以随着使用次数的增加,会有一些单元 (block) 逐渐变得不稳定或失效,这就影响到整体的使用寿命,因此必须能够识别 FLASH 各个 block 年龄 (擦除的次数),并且管理 block 存储分配,尽量使各个 block 得到平均的擦除机会,延长整体使用寿命.

系统第一次启动格式化 FLASH 的时候,在每个 block 的开始 16 个字节地方写入 block 的信息,而且这个空间不会被其它数据占用,这里就存放了 block 的年龄,第一次格式化 block 年龄为 0 以后每次对任何 block 进行擦除时,都要先取出年龄再擦除,擦除完成后,必须将年龄自增并写回. 这样就可以保证每个 block 都带有自己年龄的准确信息.

FFS 分配 block 存储数据的时候,首先遍历所有空闲 block 找出年龄最小的 block 作为数据 block 准备分配,这样能够保证总是年龄最小的 block 首先被擦除写入,从而达到让整个 FLASH 年龄平衡增长.

还有关于日志系统的设计和消息的收发机制,由于篇幅有限,这里就不详细说明了.

2 结语

本文就 CDMA 6025 平台进行了 Flash 文件系统的设计, 从该系统的层次结构到具体的模块设计进行了详细的阐述, 对 Flash 寿命也进行了均衡设计. 同时在实际研发中已经实现了系统初始化和存储管理, 该文件系统也得到了很好的应用, 成功进行了系列 CDMA 手机的研发.

[参考文献] (References)

- [1] 陈智育. 嵌入式系统中的 Flash 文件系统 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2002, 2: 5-8
Chen Z. Y. The flash file system in the embedded system [J]. Microcontrollers & Embedded Systems, 2002, 2: 5-8 (in Chinese)
- [2] 郑良辰, 孙玉芳. 日志文件系统在嵌入式存储设备上的实现 [J]. 计算机科学, 2002, 29(1): 72-74
Zheng L C, Sun Y F. The implementation of journaling file system on embedded memory device [J]. Computer Science, 2002, 29(1): 72-74 (in Chinese)
- [3] 林志洁, 吴吉文. 税控收款机 Flash 文件系统的设计与实现 [J]. 浙江科技学院学报, 2007, 19(1): 18-22
Lin Z J, Wu J W. Design and implementation of flash file system in tax-controlled cash register [J]. Journal of Zhejiang University of Science and Technology, 2007, 19(1): 18-22 (in Chinese)
- [4] 应骏, 江峰, 李莉. 嵌入式设备上的文件系统优化设计 [J]. 计算机技术与应用, 2007, 12(62): 141-144
Ying J, Jiang F, Li L. Optimal design of file system on embedded system [J]. Computer Technology and Its Applications, 2007, 12(62): 141-144 (in Chinese)
- [5] 邓芬. 嵌入式 Flash 文件系统的研究 [J]. 科技信息, 2008, 1(49): 62-63
Deng F. The research on embedded file system. Science & Technology Information, 2008, 1(49): 62-63 (in Chinese)
- [6] 王宏强, 王太勇, 邓辉, 等. 面向闪存类存储设备嵌入式文件系统研究与实现 [J]. 计算机应用研究, 2008, 25(3): 814-815, 819
Wang H Q, Wang T Y, Deng H, et al. Research on embedded file system faced flash memory [J]. Application Research of Computers, 2008, 25(3): 814-815, 819 (in Chinese)

[责任编辑: 孙德泉]