

**HoitFS: A Norflash based filesystem implemented on SylixOS**

**成员：** 潘延麒、胡智胜、张楠

**指导教师：**夏文、江仲鸣、陈洪邦、蒋太金

**摘 要**

HoitFS是一款基于SylixOS的Norflash文件系统，它以JFFS2作为原型，承接了JFFS2的各种优缺点。与类似EXT2的磁盘文件系统将索引结构布局在磁盘固定位置不同，JFFS2将内存结构布局到了内存中，该设计很大一部分原因是由于Norflash的擦写寿命有限，不能原地更新，只能异地更新（Out-of-Place Update）。这意味着JFFS2的可拓展性较差，原因有二：首先，为了维护内存索引，JFFS2需要在挂载时扫描整个介质来构建内存结构；其次，Norflash通常被用于嵌入式设备，这意味着并没有大量内存供JFFS2使用。于是，当介质容量提升，JFFS2的性能便会有明显的下降。此外，由于JFFS2采用异地更新模式，因此当介质即将写满后将触发垃圾回收机制（Garbage Collection，GC），此时整个文件系统的写入带宽将受到严重影响。

针对JFFS2的上述缺点，HoitFS设计实现了三个优化方案：① 擦写总结块（Erasable Summary Block）实现。将提升挂载性能；② 后台GC实现（Background GC）。将减少前台GC次数，从而降低文件系统GC负载；③ 可合并红黑树（Mergeable Tree）实现。将显著降低顺序小数据写入带来的红黑树内存负载。

此外，为了测试HoitFS文件系统性能，我们移植了新型Norflash文件系统SpifFS，并制作了基于Norflash的基准测试工具fstester。最终测试结果表明HoitFS在数据写入、垃圾回收等方面都有占有优势，这得益于HoitFS的索引分布在内存中；SpifFS却在挂载、顺序读方面表现突出，这得益于SpifFS的索引分布在物理介质中。从SpifFS的设计中，我们获取了更多HoitFS优化灵感，这将在未来展望一节中做出阐述。

总结HoitFS项目做出的贡献如下：

* **完成赛题基本要求**。包括：① 文件系统基本接口完成（文件读、写、目录操作等）；② 软、硬连接，读写平衡实现；③ 掉电安全实现；
* **移植SpifFS**。除了开发HoitFS，我们将SpifFS移植到SylixOS中，使得我们能够进行性能评测；
* **EBS + MT机制**。我们为HoitFS实现了EBS与多线程（MT）挂载机制，使得挂载速率相比未采用该机制有了显著的提升。同时，EBS的存在在一定程度上保证了文件系统写入的一致性；
* **Background GC**。我们为HoitFS加入了后台GC机制，使得我们在写入相同大小文件的情况下，能够相对减少前台GC次数，从而提升写效率；
* **Mergeable Tree**。为了解决小数据写入带来的内存爆炸性增长，我们设计并实现了Mergeable Tree，并能够大大缓解小数据写入带来的内存开销；

接下来的章节将这样安排：第一小节介绍**项目背景**，包括Norflash设备，JFFS2以及SpifFS文件系统；第二小节介绍**HoitFS设计与实现**，包括HoitFS上层设计与在SylixOS上的实现；第三小节介绍**HoitFS的优化设计**，包括EBS、Background GC以及Mergeable Tree设计动机与实现方案；第四小节介绍**HoitFS实验测试**，测试前准备与测试结果；第五小节提出**未来展望**，给出更多的头脑风暴方案；第六小节对整个HoitFS项目历程做出**回顾与总结**，谈谈这一年来的收获与体会。

**目 录**

[1. 项目介绍 5](#_Toc80047619)

[1.1 Norflash设备 5](#_Toc80047620)

[1.2 JFFS2与SpifFS文件系统 5](#_Toc80047621)

[2. HoitFS设计与实现 5](#_Toc80047622)

[2.1 HoitFS上层设计 5](#_Toc80047623)

[2.2 HoitFS实现 5](#_Toc80047624)

[2.2.1 驱动适配 5](#_Toc80047625)

[2.2.2 HoitFS在SylixOS上的实现 5](#_Toc80047626)

[3. HoitFS优化设计 6](#_Toc80047627)

[3.1 EBS + MT机制 6](#_Toc80047628)

[3.2 Background GC机制 6](#_Toc80047629)

[3.3 Mergeable Tree 6](#_Toc80047630)

[4. HoitFS实验测试 6](#_Toc80047631)

[4.1 实验准备 6](#_Toc80047632)

[4.2 实验结果 6](#_Toc80047633)

[5. 未来展望 7](#_Toc80047634)

[5.1 冷热文件分离 7](#_Toc80047635)

[5.2 虚拟文件描述符 7](#_Toc80047636)

[5.3 受SpifFS启发的新型索引结构设计 7](#_Toc80047637)

[6. 回顾与总结 7](#_Toc80047638)

[7. 参考文献 7](#_Toc80047639)

# 项目介绍

HoitFS项目以企业需求为背景、以赛题为驱动，旨在实现一款基于SylixOS的Norflash文件系统。题目要求较为简单：① 文件系统基本I/O接口实现；② 软、硬链接实现，磨损均衡实现；③ 掉电安全实现。在开始正式介绍前，先自问自答三个问题：

* **为什么要选择该题目？**

SylixOS是国人自研大型实时嵌入式操作系统，在航空航天、工业国防等领域均有突出的贡献，我们希望能够一览现代国产操作系统的雄姿，学习其架构思想，为国产OS的成长献一份绵薄之力；

* **为何题目要求设备是Norflash而非Nandflash？**

尽管Nandflash无论在市场规模还是在综合性能方面都优于Norflash，但为何题目仍然是在Norflash上开发文件系统呢？原因有二：首先，SylixOS并没有类似Linux的MTD（Memory Technology Device）设备，因此SylixOS还不支持对Norflash的访问；其次，SylixOS的工业合作伙伴对Norflash设备有所需求，因此，需要我们完成一个支持Norflash的文件系统。

* **为什么叫HoitFS？**

Hoit可以被拆为Hot Hitszer，意为热情的哈工深人，此外，我们团队名原本就是Hoit-23o2，这是我们团队的仓库地址[Hoit-23o2 (github.com)](https://github.com/Hoit-23o2)，因此，称其为HoitFS也就顺理成章了。

## 1.1 Norflash设备

## 1.2 JFFS2与SpifFS文件系统

# 2. HoitFS设计与实现

## 2.1 HoitFS上层设计

## 2.2 HoitFS实现

### 2.2.1 驱动适配

// AmLv29xx驱动适配

### 2.2.2 HoitFS在SylixOS上的实现

// 整体架构、接口等

# 3. HoitFS优化设计

## 3.1 EBS + MT机制

## 3.2 Background GC机制

## 3.3 Mergeable Tree

# 4. HoitFS实验测试

## 4.1 实验准备

## 4.2 实验结果

# 5. 未来展望

## 5.1 冷热文件分离

## 5.2 虚拟文件描述符

## 5.3 受SpifFS启发的新型索引结构设计

# 6. 回顾与总结

# 7. 参考文献