

2022年江苏省科学技术奖提名项目公示内容

一、项目名称：自主内核大型嵌入式实时操作系统SylixOS及其应用

二、主要完成人：李孝成、韩辉、徐贵洲、牛建伟、焦进星、弓羽箭、王翹、曾波、蒋太金

三、主要完成单位：南京翼辉信息技术有限公司、北京翼辉信息技术有限公司、北京航空航天大学

四、项目简介

（一）主要技术创新内容

针对嵌入式领域高实时、高安全、高可靠需求，围绕操作系统内核调度技术、I/O抽象技术、设备管理技术、动态加载技术、文件系统安全技术等进行了系统全面的研究，设计开发SylixOS大型嵌入式实时操作系统，其主要技术创新内容包括：

（1）基于B+树结构的掉电安全文件系统技术

针对嵌入式设备掉电存在损坏文件的问题，设计基于B+树存储结构的文件系统架构，采用事务提交文件系统的元数据，支持文件锁功能，实现文件系统的大容量存储和掉电安全功能，保障嵌入式设备数据安全。

（2）基于面向文件的资源访问技术

针对目前嵌入式传统I/O访问结构复杂、效率低的问题，设计基于面向文件的I/O访问框架，采用在传统ORIG框架的基础上增加了文件节点，设计文件访问权限、文件用户信息、文件记录锁功能，实现资源访问框架的封装，提升嵌入式设备资源访问的确定性。

（3）基于SMP的多核实时任务调度技术

针对多核调度的响应时间不确定等问题，设计基于SMP的多核实时任务调度技术，使用的O(1)的优先级调度算法，采用位图表通过优先级数组

找到优先级对应的任务控制块，多核通过排队自旋锁进入内核，实现调度时间的确定性。

（4）轻量级主动式网络防火墙技术

针对嵌入式设备易受到网络攻击的问题，研究轻量级主动式网络防火墙技术，采用独立内存设计，支持分区内存管理功能，设计网络风暴防御模块、重放攻击防御模块、ARP欺骗防御模块、SYN泛洪防御模块四个防御模块，实现对常见的嵌入式网络攻击的有效防御，保护嵌入式设备的系统安全。

（5）基于接口抽象的实时以太网驱动框架技术

针对实时以太网EtherCAT驱动复杂，开发人员难以上手的问题，研究实时以太网驱动框架技术，分析实时以太网框架和流程，抽象包括报文发送、数据包轮询接收使能、数据包轮询接收禁能以及数据包接收接口，解耦协议栈与驱动接口，解耦协议栈读写接口，保障嵌入式设备网络收发数据的实时性。

（6）基于SylixOS的安全容器技术

安全容器技术可以将应用环境整体打包成为一个标准化单元，实现开发、交付、部署环境的一致性，使其免受外在环境差异的影响，有助于减少在相同硬件设施上运行不同软件时的冲突。本技术在 SylixOS 操作系统和容器内的应用程序之间提供了一道安全的隔离边界，实现系统资源隔离和资源配额功能，这种新型的沙箱技术能为容器提供安全隔离机制，同时比虚拟机更轻量级、更高效。

（二）应用推广与成果效益

1、**打破垄断**。SylixOS从2006年开始研发，经国家工信部评估认证，内核自主化率达100%，整体自主化率89.1%，是国内第一款内核完全自主、整体自主化率最高的实时操作系统，也是国内首个、全球第二个获得

SIL3/SIL4国际认证的多核64位大型操作系统，符合操作系统安全性要求的国际最高标准；目前已在航空航天、电力能源、轨道交通、工业自动化、医疗电子、汽车电子等诸多高可靠、高安全领域广泛应用，早期搭载系统的设备已稳定运行超过10年，在功能、性能、安全性、稳定性等方面已完全实现了对国外VxWorks等同类操作系统的替代。

2、产业推广。国际博弈持续加剧，在涉及国计民生的关键领域，操作系统国产替代需求愈加强烈，SylixOS凭借适配主流八大芯片架构、自主可控、安全可靠等特点，在航空航天、电力能源、轨道交通、工业控制等领域积累了2000余家用户单位，取得市场高度认可，成为了嵌入式操作系统行业的“隐形冠军”。

3、产教融合。SylixOS已与国内近30所一流大学建立产学研合作，支撑我国自主操作系统产业人才培养；与北京航空航天大学、南京航空航天大学、哈尔滨工程大学联合共建全国首批特色化示范性软件学院（获教育部/工信部认定），与东南大学共建江苏省首个“信创实验室”（获省工信厅认定），与南京大学共建“企业工程实践基地”，与南京理工大学共建“嵌入式操作系统联合实验室”，与北京交通大学共建“高铁国产嵌入式操作系统联合实验室”，与西北工业大学共建“嵌入式操作系统联合实验室”等；同时联合信创工委、工信部一所、赛迪研究院等，面向全国用户企业和合作伙伴开展数十场企业工程师培训。

4、产业支撑。SylixOS建立源代码开源社区，在国内行业专家共同监督和审查下，更好地保证核心代码的安全性；在某些特定私有领域中的应用则不开源，有利于保密安全性也更好；与中国（南京）软件谷共建“自主实时操作系统公共服务平台”，为重点行业国产化应用需求提供立体多元的技术服务、应用改造、科普宣传、人才培养环境，已服务上下游企业超过100多家，接待外界有组织的参观体验300次以上，接待参观人数

10000人次，组织培训30次左右，累计培训人员1000余人次。

5、团队发展。聘请倪光南院士为SylixOS首席科学家，成立由国内嵌入式系统及物联网领域顶尖专家学者组成的专家委员会；核心团队深耕嵌入式系统行业超过15年，在近千个项目实施过程中持续推动SylixOS创新发展，奠定了SylixOS在国内嵌入式操作系统领域的领导地位。目前SylixOS团队规模近300人，预计到2025年将创造超过1000个就业岗位。

五、主要论文目录

序号	论文论著名称/刊名/作者	发表时间	通讯作者	第一作者
1	国产实时操作系统SylixOS中断测量系统优化设计	2019-11-01	李孝成	李孝成
2	SylixOS系统的中断嵌套机制研究与实现	2019-12-28	汪家进	汪家进
3	基于SylixOS 的loginbl登录攻击防御工具设计和验证	2019-07-31	吴鹏程 李孝成	吴鹏程
4	一种面向节能的星载实时任务动态调度算法研究	2019-06-25	李延祺、任海、白亮、邱源、张凤源、牛建伟、李辉勇	李延祺
5	基于SylixOS 嵌入式系统的自动化测试装置及测试系统设计	2017-05-31	Li Ying、Jianwei Niu、Mohammed Atiquzzaman、Xiang Long	Li Ying

六、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种用于嵌入式的主 动网络防御系统及其 防御方法	ZL2017106 59375.2	2020-5-1	3779070号	南京翼 辉信息 技术有 限公司	李孝成
2	发明专利	一种驱动自适应加载 系统	ZL2017104 76306.8	2020-5-5	3785629号	南京翼 辉信息 技术有 限公司	黄晓清
3	发明专利	一种应用程序断点恢 复的方法	ZL2018109 13285.6	2020-8-4	3920817号	南京翼 辉信息 技术有	李孝成、韩辉、 黄晓清、王翹

						限公司	
4	发明专利	基于生产镜像的可配置、掉电安全的嵌入式系统部署方法	ZL201711101726.4	2020-9-4	3971020号	南京翼辉信息技术有限公司	李孝成
5	发明专利	一种网口定位方法及应用其的网络设备	ZL201810913282.2	2018-8-13	4851046号	南京翼辉信息技术有限公司	黄晓清、韩辉、李孝成、吴鹏程、王翺
6	发明专利	一种文件管理方法及文件系统	ZL201610429365.5	2019-3-26	3309750号	北京翼辉信息技术有限公司	蒋太金
7	发明专利	一种适用于实时操作系统的热插拔软件方案	ZL201710750416.9	2017-8-28	4221924号	北京翼辉信息技术有限公司	韩辉、徐贵洲、卢振平
8	发明专利	一种RTOS上的SMP的实时任务调度方法	ZL201710750443.6	2017-8-28	4157441号	北京翼辉信息技术有限公司	韩辉、徐贵洲、焦进星
9	发明专利	一种基于DSP的动态加载方法	ZL201711458538.7	2019-3-22	3302643号	北京翼辉信息技术有限公司	韩辉、蒋太金
10	发明专利	一种基于混合多系统核间实时通信方法和系统	ZL201910239745.6	2020-4-3	3740387号	北京翼辉信息技术有限公司	焦进星、弓羽箭、李孝成、陈健、王翺、闫佳伟、王东方、韩辉