

一种基于 ARM 架构的聚焦超声治疗设的控制方法

技术领域

本发明涉及一种，尤其是涉及一种基于 ARM 架构的聚焦超声治疗设的控制方法。

背景技术

聚焦超声治疗系统是一种新型无创的治疗技术，以非侵入的方式将聚焦超声波能量传递到人体内。在约 15-30 秒内，位于超声波声束焦点处的组织被加热到不可逆的热凝固，而周围的组织仍然保持自然状态。随着时间的推移，人体逐渐吸收烧灼过的组织。聚焦超声治疗设备一般使用单片机或 ARM 嵌入系统控制治疗超声探头移动，采用相控方式进行超声聚焦，控制功放系统进行能量输出；同时需要监控水冷系统、配电系统等多个传感器的工作状态，并且能够在设备异常时尽快响应，停止能量输出。传统的嵌入式应用软件开发是面向设备的开发方式，即根据设备的功能和硬件情况来针对性的进行应用软件开发。然而随着硬件和技术的发展，嵌入式应用软件的规模越来越大，功能越来越复杂，这种软件架构所表现出来的弊端也越来越大，首先这种应用软件架构可复用性差，无法适应于非常复杂的业务场景，尤其是在需求变化时，需要大量的代码修改才能尽快适应新的业务逻辑。其次传统的嵌入式应用程序不能很好且一致性地处理请求消息和中断消息的优先级顺序，从而影响了业务处理的及时性和可靠性。因此传统的嵌入式程序控制架构因为缺乏高效性、可靠性和扩展性而不能适用。

发明内容

本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在的缺陷而提供一种基于 ARM 架构的聚焦超声治疗设的控制方法，响应及时，可靠性高，扩展性好。

本发明的目的可以通过以下技术方案来实现：

一种基于 ARM 架构的聚焦超声治疗设备控制方法，所述的聚焦超声治疗设备

连接有工作站以及运行 Linux 操作系统的 ARM 嵌入式处理器，所述的 ARM 嵌入式处理器中存储有第一控制程序，所述的工作站中存储有第二控制程序，所述的第一控制程序和第二控制程序通过 TCP/IP 协议进行通讯，所述的方法具体为：

所述的第一控制程序通过执行任务对聚焦超声治疗设备进行控制，并将任务执行结果反馈至第二控制程序；

其中，所述的任務包括内部事件和操作指令，所述的操作指令包括控制指令和状态查询指令，所述的内部事件包括第一控制程序的定时器事件和 Linux 内核的中断消息，所述的第二控制程序通过工作站接收操作指令并发送至第一控制程序；

所述的第一控制程序包括主线程和工作线程，所述的主线程对任务进行优先级排序，所述的中断消息、控制指令、状态查询指令和定时器事件的优先级依次降低，所述的工作线程按照优先级顺序由高到低依次执行任务，根据任务执行结果对 ARM 嵌入式处理器的寄存器进行读写，实现对聚焦超声治疗设备的控制，同时主线程将任务执行结果反馈至第二控制程序，工作站通过用户界面呈现任务执行结果。

进一步地，所述的第一控制程序还包括信号线程，所述的任務还包括退出消息，所述的退出消息的优先级介于中断消息和控制指令之间，所述的信号线程通过关闭套接字向主线程发送退出消息，所述的信号线程接收到退出信号时关闭套接字，所述的信号线程通过关闭套接字向主线程发送退出消息，所述的退出信号包括 SIGNINT 和 SIGTERM，由与 ARM 嵌入式处理器连接的操作终端发出，所述的套接字为 Unix Socket Pair。

进一步地，所述的主线程收到 Linux 内核的中断消息时向工作线程发送 Linux 信号，所述的工作线程接收到 Linux 信号后中断当前任务，并执行中断响应处理函数而后再返回之前任务上下文并根据中断执行结果选择继续或终止任务，所述的 Linux 信号为 SIGUSR1。

进一步地，所述的工作线程执行退出消息时关闭聚焦超声设备，释放系统资源并安全退出。

进一步地，采用 Google Protocol Buffer 封装第一控制程序和第二控制程序之间的协议，便于协议扩展和兼容，适用范围广。

进一步地，所述的第一控制程序通过 Netlink 方式接收 Linux 内核的中断消息。

进一步地，所述的主线程通过 libevent 库接收任务，libevent 库为轻量级、高性能的事件驱动库。

进一步地，所述的第一控制程序采用 C++抽象机制，对任务进行封装，第一控制程序架构与业务处理逻辑无关，通过扩展封装机制进行业务逻辑扩展，扩展性和通用性强。

与现有技术相比，本发明具有以如下有益效果：

(1) 本发明采用守护进程执行任务，主线程接收任务，并将任务按照优先等级排序，任务包括第二控制程序的控制指令和状态查询指令以及第一控制程序的 Linux 内核的中断消息和定时器事件，工作线程执行任务后将任务执行结果发送至主线程，主线程通过 TCP/IP 端口将任务执行结果发送至第二控制程序，主线程能够接收和缓存任务，避免消息拥塞，提高并发处理能力，同时任务的优先级排序提高了聚焦超声治疗设备的响应及时性，()，可靠性高，同时通过工作线程对寄存器进行读写，避免多个线程同时竞争而带来的加锁负担，进一步提高了任务的处理速度；

(2) 本发明设置了信号线程，信号线程通过关闭套接字向主线程发送退出消息，主线程接收到退出消息后安全退出，从而避免了后台进程被突然结束时可能导致的系统资源泄露和硬件损坏，增加系统安全性；

(3) 本发明采用 Google Protocol Buffer 封装第一控制程序和第二控制程序之间的协议，便于协议扩展和兼容，适用范围广；

(4) 本发明通过 Netlink 方式实现第一控制程序和 Linux 内核之间的通信，Netlink 方式支持双向通讯，Netlink 方式支持双向通讯，可以由 Linux 内核发起，支持广播模式，当中断发生时 Linux 内核通过 Netlink 方式向主线程发送中断消息，确保中断通知消息时长短，响应及时，提高了聚焦超声治疗设备处理的可靠性；

(5) 本发明采用 C++抽象机制对第一控制程序的任务进行封装，第一控制程序架构与业务处理逻辑无关，通过扩展封装机制进行业务逻辑扩展，扩展性和通用性强。

附图说明

图 1 为本发明的方法流程图；

图 2 为本发明的程序控制架构图；

图 3 为本发明使用 C++抽象机制对任务进行封装的类结构图；

具体实施方式

下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施，给出了详细的实施方式和具体的操作过程，但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

一种基于 ARM 架构的聚焦超声治疗设备控制方法，如图 1，图 2 和图 3，聚焦超声治疗设备连接有工作站以及运行 Linux 操作系统的 ARM 嵌入式处理器，ARM 嵌入式处理器中存储有第一控制程序，第一控制程序为采用 C++抽象机制封装任务的聚焦超声控制程序 fusc，工作站中存储有第二控制程序，第二控制程序为上位机治疗控制程序 mrgfus，fusc 和 mrgfus 通过 TCP/IP 协议进行通讯，采用 Google Protocol Buffer 封装 mrgfus 和 fusc 之间的协议，Linux 内核启动完成时自动加载寄存器驱动程序 register driver 和中断驱动程序 irq driver；

控制方法具体为：

fusc 包括主线程 main、工作线程 worker 和信号线程 signal，主线程通过 libevent 库接收任务，同时对任务进行优先级排序，工作线程按照任务优先级顺序由高到低依次调用 register driver，通过总线对 ARM 嵌入式处理器的寄存器进行读写操作实现对聚焦超声治疗设备的控制，同时工作线程通过管道 PIPE 将任务执行结果发送至主线程，主线程将任务执行结果反馈至 mrgfus，工作站通过用户交互界面呈现任务执行结果；

任务包括内部事件和操作指令，内部事件包括 fusc 的定时器事件、Linux 内核的中断消息以及来自信号线程的退出消息，中断消息、退出消息、控制指令、状态查询指令和定时器事件的优先级依次降低；

irq driver 负责接收通用中断控制器 Generic Interrupt Controller 的中断消息，并通过 Netlink 方式将中断消息发送至主线程，主线程收到 Linux 内核的中断消息时向工作线程发送 Linux 信号，所述的工作线程接收到 Linux 信号后中断当前任务，并执行中断响应处理函数，Linux 信号为 SIGUSR1；工作站线程从中断处理程序返回到任务上下文，会根据中断执行结果选择继续或终止执行任务；

操作指令包括控制指令和状态查询指令，mrgfus 通过工作站的用户交互界面接收操作指令并发送至 fusc；

信号线程通过关闭套接字向主线程发送退出消息，信号线程阻塞等待退出信号，退出信号包括 SIGNINT 和 SIGTERM，由与 ARM 嵌入式处理器连接的操作终端发

出或由 Linux 操作系统发出，当信号线程接收到退出信号关闭套接字，套接字为 Unix Socket Pair，工作线程执行退出消息时，关闭聚焦超声治疗设备，释放系统资源并安全退出。

如图 3，采用 C++抽象机制建立 IProto 基类，内部定时器事件模板类 ProtoTmpl 和封装了 Google Protocol Buffer 的任务模板类 PbProtoTmpl 均继承于 IProto，ResetProto 类用于重置设备，InvalidProto 类用于处理系统异常，继承于 ProtoTmpl，状态查询类 MonitorProto、配置安装类 ConfigureProto、功放控制类 AmplifierProto 和探头控制类 XdcrProto 需要和应用程序 mrgfus 进行协议交互，继承于 PbProtoTmpl。后续新的任务扩充均可以分别新增继承于 ProtoTmpl 或 PbProtoTmpl 的类而无需改动其他代码。

实例：

用户在工作站的用户交互界面上设置治疗参数，即控制指令，治疗参数包括探头移动参数、能量设置参数和能量输出治疗参数，ARM 嵌入式处理器控制聚焦超声治疗设备工作，mrgfus 通过 Google Protocol Buffer 封装的协议进行控制指令的封装，并通过 TCP/IP 一次性发送给运行在 ARM 嵌入式处理器上的 fusc，fusc 的主线程接收到 mrgfus 的控制指令，并进行缓存和优先级排序，工作线程根据优先级排序依次执行控制指令。当工作线程在执行控制指令时如果聚焦超声治疗设备发生异常，Linux 内核会通过 Netlink 方式发送中断消息发送给主线程，主线程收到中断消息后立即向工作线程发送 SIGUSR1，工作线程立即中止当前任务并执行中断响应函数，并通过主线程将执行结果发送至 mrgfus，并在工作站的用户交互界面上显示，工作线程再从中断响应函数返回，且不再执行其他任务，实现通过决断发现聚焦超声治疗设备异常）。

本实施例提出了一种基于 ARM 架构的聚焦超声治疗设的控制方法，采用守护进程执行任务，mrgfus 通过工作站的用户交互界面接收操作指令，并通过 TCP/IP 协议发送至 fusc 的主线程，主线程接收并缓存任务，确保消息不会阻塞，尤其是中断消息，并同时主线程对任务进行优先等级排序，工作线程按照任务排序执行任务，通过读写寄存器控制聚焦超声治疗设备，主线程和信号线程不会与工作线程进行竞争，避免了加锁负担，同时主线程将任务执行结果反馈至 mrgfus，工作站的用户交互界面显示任务执行结果，反馈至用户，聚焦超声治疗设备的控制过程响应及时，可靠性高，信号线程向主线程发送退出消息，主线程接收到退出消息后安全

退出，安全性好，采用 Google Protocol Buffer 封装 mrgfus 和 fusc 之间的协议，便于根据业务场景进行协议扩展和兼容，通过 Netlink 方式实现 fusc 和 Linux 内核之间的通信，确保中断通知消息时长短，响应及时，提高了聚焦超声治疗设备处理的可靠性， fusc 采用 C++抽象机制，对关于聚焦超声治疗的控制指令和状态查询指令等任务进行封装，fusc 架构与业务处理逻辑无关，通过扩展封装机制进行业务逻辑扩展，扩展性和通用性强。综上所述，本实施例提出的控制方法采用低耦合、高内聚的设计方案，具有高并发、高可靠和高扩展的优点。

以上详细描述了本发明的较佳具体实施例。应当理解，本领域的普通技术人员无需创造性劳动就可以根据本发明的构思作出诸多修改和变化。因此，凡本技术领域中技术人员依本发明的构思在现有技术的基础上通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案，皆应在由权利要求书所确定的保护范围内。

权 利 要 求 书

1. 一种基于 ARM 架构的聚焦超声治疗设备控制方法，所述的聚焦超声治疗设备连接有工作站以及运行 Linux 操作系统的 ARM 嵌入式处理器，所述的 ARM 嵌入式处理器中存储有第一控制程序，所述的工作站中存储有第二控制程序，所述的第一控制程序和第二控制程序通过 TCP/IP 协议进行通讯，所述的方法具体为：

所述的第一控制程序通过执行任务对聚焦超声治疗设备进行控制，并将任务执行结果反馈至第二控制程序；

其中，所述的内部事件和操作指令，所述的内部事件包括第一控制程序的定时器事件和 Linux 内核的中断消息，所述的第二控制程序通过工作站接收操作指令并发送至第一控制程序；

其特征在于，所述的第一控制程序包括主线程和工作线程，所述的主线程对任务进行优先级排序，所述的中断消息、操作指令和定时器事件的优先级依次降低，所述的工作线程按照优先级顺序执行任务，根据任务执行结果对 ARM 嵌入式处理器的寄存器进行读写，实现对聚焦超声治疗设备的控制，同时主线程将任务执行结果反馈至第二控制程序。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于 ARM 架构的聚焦超声治疗设的控制方法，其特征在于，所述的第一控制程序还包括信号线程，所述的任务还包括退出消息，所述的退出消息的优先级介于中断消息和操作指令之间，所述的信号线程通过关闭套接字向主线程发送退出消息，所述的操作指令包括控制指令和状态查询指令。

3. 根据权利要求 2 所述的一种基于 ARM 架构的聚焦超声治疗设的控制方法，其特征在于，所述的信号线程接收到退出信号时关闭套接字，所述的退出信号包括 SIGNINT 和 SIGTERM。

4. 根据权利要求 2 所述的一种基于 ARM 架构的聚焦超声治疗设的控制方法，其特征在于，所述的套接字为 Unix Socket Pair。

5. 根据权利要求 1 所述的一种基于 ARM 架构的聚焦超声治疗设的控制方法，其特征在于，所述的主线程收到 Linux 内核的中断消息时向工作线程发送 Linux 信号，所述的工作线程接收到 Linux 信号后中断当前任务，并执行中断响应处理函数。

6. 根据权利要求 5 所述的一种基于 ARM 架构的聚焦超声治疗设的控制方法，

其特征在于，所述的 Linux 信号为 SIGUSR1。

7. 根据权利要求 1 所述的一种基于 ARM 架构的聚焦超声治疗设的控制方法，其特征在于，采用 Google Protocol Buffer 封装第一控制程序和第二控制程序之间的协议。

8. 根据权利要求 1 所述的一种基于 ARM 架构的聚焦超声治疗设的控制方法，其特征在于，所述的第一控制程序通过 Netlink 方式接收 Linux 内核的中断消息。

9. 根据权利要求 1 所述的一种基于 ARM 架构的聚焦超声治疗设的控制方法，其特征在于，所述的主线程通过 libevent 库接收任务。

10. 根据权利要求 1 所述的一种基于 ARM 架构的聚焦超声治疗设的控制方法，其特征在于，所述的第一控制程序采用 C++抽象机制封装任务。