

基于车载 MOST 网络的低功耗设计

金玉善,贺醒然,刘瑞凯,黄永平

(吉林大学 计算机科学与技术学院,长春 130012)

摘要:随着车载 MOST 网络中信息娱乐设备的不断增加,功耗也不断上升。通过对 MOST 网络协议的研究与分析,在 MOST 网络主控节点中加入 PowerMaster 模块,建立 MOST 网络电源管理模型,集中统筹管理 MOST 网络设备,在不降低 MOST 网络服务功能的前提下削减网络功耗。仿真实验与测试结果表明,该方法有效降低了 MOST 网络的功耗水平,达到了预期目标。

关键词:MOST 总线协议;低功耗;电源管理;集中式管理

中图分类号:TP393 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5497(2011)Sup.1-0199-05

Design of low power consumption based on MOST networks

JIN Yu-shan, HE Xing-ran, LIU Rui-kai, HUANG Yong-ping

(College of Computer Science and Technology, Jilin University, Changchun 130012, China)

Abstract: With the increasing number and the in-vehicle entertainment information devices, the energy consumption of the MOST (Media Oriented Systems Transport) system grows continuously. By the research on the MOST bus protocol, the designer add the PowerMaster function module and set up the power management model to manage the devices of the MOST network in centralized way so that the energy consumption can be reduced, not weakening MOST netservice function. By the means of simulation and test, the PowerMaster reduce the power cost effectively to achieve our target.

Key words: MOST bus protocol; low power consumption; power management; centralized management

车内不断增加的娱乐信息设备为驾驶者和乘客带来便捷与舒适的同时,使车内硬布线更复杂,车身重量增加,数据传输更易受到电磁干扰影响。为了解决这一问题,MOST 应运而生。

BMW、DaimlerChrysler、Harman/Becker 和 OASIS Silicon 等公司于 1998 年成立了 MOST 协作组织,并制定和推广了 MOST 网络技术标准,为信息娱乐系统提供物理层、应用框架和行为标准。目前,已有多款知名高档轿车使用了 MOST 总线技术^[1]。但是,车内不断增加的电子

设备势必提高能源消耗,针对这一问题本文设计了一种针对 MOST 网络的电源管理方案,验证了降低 MOST 网络能耗的可行性与可靠性,为低功耗 MOST 做了一些探索与尝试^[2]。

1 MOST 网络实验模型

1.1 MOST 网络协议

与传统车内总线(如 CAN 总线)相比,MOST 总线具有以下优势:①高带宽,最大传输速率为 25 Mbit/s,而第二代 MOST 总线支持 50

收稿日期:2011-03-29.

基金项目:吉林省科技发展计划项目(20100504);吉林省自然科学基金项目(201115025).

作者简介:金玉善(1963-),女,副教授.研究方向:工业控制,汽车电子.jiny@s@jlu.edu.cn

通信作者:黄永平(1964-),男,副教授.研究方向:汽车电子,嵌入式系统.hyp@jlu.edu.cn

Mbit/s;②低电磁干扰,保证音频、视频等媒体传输质量;③支持 PNP, MOST 采用环形拓扑,在网络联通时,移除任何设备都不会影响网络的运行;④主控制器灵活,主控与功能节点之间的软硬件架构是完全相同的,使得它能够出现在车内任何位置,与任意信息娱乐设备整合;⑤多路信道,支持同步数据、异步数据、控制数据同时传输^[3]。

1.2 系统电源管理基本架构

MOST 网络模型中共设置 4 个节点,如图 1 所示。分别是包含 PowerMaster 的主控节点、CD 节点、收音机节点和功放节点。它们之间通过光纤连接形成环形拓扑网络。

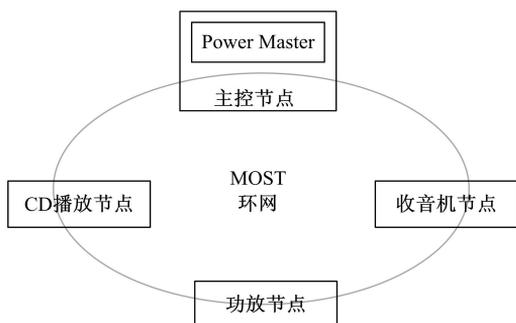


图 1 MOST 电源管理网络模型

Fig.1 MOST networks model with PM

在 MOST 网络运行中,网络中的所有设备不可能经常同时处于 CPU 全速工作状态,所以加入 PowerMaster 功能的主要目的就是统筹把握网络的运行情况,向从节点发送命令控制它们使其进入低功耗状态,减少 MOST 网络电源消耗。根据 MOST 网络设备运行情况,设备从节点的状态分为以下 3 种:

(1)Device Active,设备运行状态,该状态下设备全速运行,功耗最高^[4]。

(2)Device Sleep,设备待机休眠状态,该状态下设备 CPU 和外设停止工作,只能响应外部中断唤醒,功耗极低^[4]。

(3)Device Idle,设备半空闲状态,此状态下设备没有外部操作干预,设备的某些部分进入休眠状态,CPU 降低频率,功耗较低^[4]。

在一定条件下,PowerMaster 控制从节点设备进行状态转换,使网络在不影响用户正常使用的前提下降低网络功耗^[5]。节点状态转换图如图 2 所示。

Active to Sleep 表示主控节点检测出网络中存在空闲节点,发送休眠命令使其休眠^[6]。

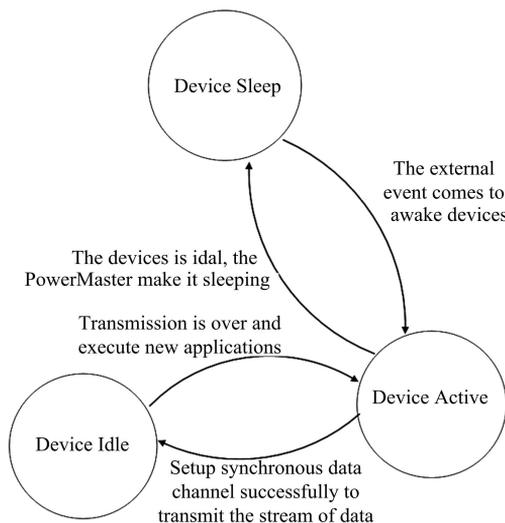


图 2 节点功耗状态转换

Fig.2 Switch of power consumption of nodes

Sleep to Active 表示外部事件到来,休眠节点响应外部事件中重新被唤醒^[6]。

Active to Idle 表示建立音频数据传输信道后,源节点和目的节点之间源源不断地传输音频数据,这时设备没有外部干预操作。设备 CPU 降频,转入半空闲状态^[6]。

Idle to Active 表示同步音频流数据传输结束或开始运行新应用模块,设备重新进入 Active 模式运行^[6]。

2 软件设计

PowerMaster 是 MOST 电源管理的核心,它位于 MOST NetServices^[7]之上,用于唤醒、关闭网络或者使某个特定的设备休眠。

2.1 网络唤醒

MOST 网络唤醒是通过发送控制信号完成的。网络中各个节点均能够唤醒网络。但设备节点与含有 PowerMaster 的主控节点在唤醒网络不同。

设备节点唤醒网络,首先必须保证节点自身的应用程序正常启动。若由于某些原因(如节点供电电压过高或过低)节点自身无法正常开启,则不能够唤醒网络。同时,设备节点能否唤醒网络的权限由 PowerMaster 发放。在每个设备节点的 NetBlock 中均含有 PermissionToWake^[8]属性值。当某个设备连接到 MOST 环网中时,PowerMaster 通过方法:NetBlock.PermissionToWake.SetGet(On/Off)设置该属性值。

无论是设备从节点响应外部事件唤醒网络或是 PowerMaster 主控节点启动网络,网络唤醒过程如下:①网络节点利用网络服务从设备的输出端发出唤醒网络信号;②环网中该节点下游节点在输入端接受并识别该信号;③接收唤醒信号的设备节点首先启动自身应用程序,然后立刻在本节点的输出端向其下游设备节点再次发出同样的唤醒信号;④下游节点以同样方式重复②③。以此往复,唤醒信号在环网中一个接一个节点的传播,直至整个网络被唤醒。网络节点安装过程见图 3。

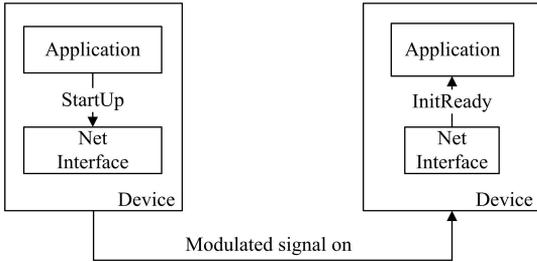


图 3 通过网络控制信号唤醒网络
Fig.3 Waking of the MOST networks via a modulated signal

2.2 网络关闭

MOST 网络的关闭由 PowerMaster 唯一负责。因为在节点关闭前需要将当前状态存入内存中,所以 PowerMaster 实现的网络关闭过程分为两个阶段:请求阶段和执行阶段。

请求阶段: PowerMaster 使用 ShutDown (query) 函数向网络中所有节点发出关闭环网请求(如广播的方式)。然后,PowerMaster 会在关闭网络前等待一段时间 $t_{suspend}$ 。没有继续通讯请求的节点不需要向 PowerMaster 发出反馈消息,而请求继续网络通信的节点需要在 $t_{suspend}$ 时间内通知 PowerMaster,PowerMaster 获得继续通信请求反馈消息后会推迟一段时间后再次发出 ShutDown(query) 请求。

执行阶段:当 $t_{suspend}$ 超时,表明网络中已经没有节点有继续网络通信的请求,则网络关闭进入执行阶段。PowerMaster 使用 ShutDown (Execute) 函数,函数调用后,关闭过程不可逆转。关闭信号从主控节点发出,关闭信号在换网中的传递方式与唤醒环网的信号传递方式相同。经过一段时间,所有节点都进入休眠模式。

网络关闭过程见图 4。

2.3 设备关闭

MOST 电源管理模型为每个 ECU^[7] 加载了

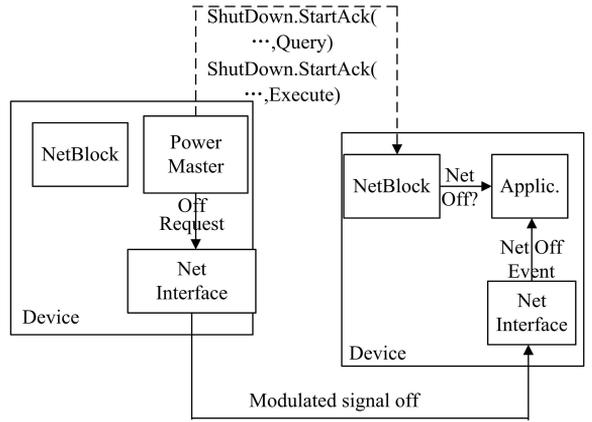


图 4 MOST 网络关闭过程

Fig.4 Procedure of the network shutdown

可持续电源,目的是使不含有 PowerMaster 的从控节点和被控节点支持单独休眠模式,这对低功耗 MOST 的意义重大。

设备的关闭/休眠是由 MOST 网络中节点总体使用情况集中控制的。正如图 1 所示,我们为 MOST 网络设计了 4 个节点,分别是主控制节点、CD 播放节点、收音机节点和功放节点。在一般情况下,用户会在驾驶中听 CD 或者听广播,二者不会同时进行,因此同时使用的节点是 CD 播放节点与功放节点或者收音机节点与功放节点,而在 CD 节点或收音机节点在播放时,源节点与目的节点之间首先会建立音频通信信道。利用这一特点,主控制器启动网络之后,经过时间 $t_{waiting}$ 时间,使用函数: NetBlock . CheckAudioChannel (DeviceID) 检查 MOST 网络中的音频信道建立情况,若检测到某节点并未使用,即未建立音频数据信道,则发出指令使其休眠,降低功耗。

设备关闭/休眠与网络关闭/休眠过程是相似的。它唯一由 PowerMaster 控制,分为两个阶段:请求阶段和执行阶段。软件流程如图 5 所示。

在设备休眠请求阶段:PowerMaster 首先向目标设备发送休眠请求消息:

ShutDown . StartAck (... , Query) 然后 PowerMaster 将延迟等待 $t_{suspend}$ 时间。再次延迟时间内,如果设备有新的网络通信请求则向 PowerMaster 发送反馈消息:

ShutDown . ResultAck (... , Suspend) Power Master 收到消息后将延迟 $t_{retryShutDown}$ 时间后再次发出请求。否则,进入设备关闭执行阶段。

在设备休眠执行阶段,PowerMaster 向目标节点发送设备休眠信号:

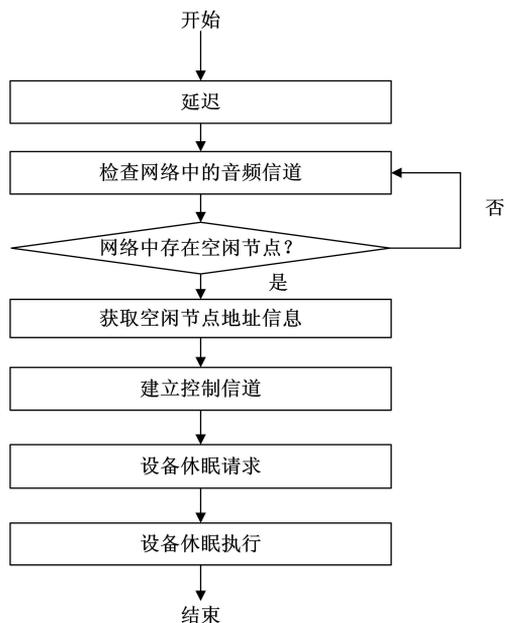


图 5 设备关闭流程

Fig.5 Process of device shutdown

ShutDown.StartAck(..., DeviceShutDown) 设备收到命令后进入休眠模式。

3 硬件设计

MOST 网络节点中,网络通信芯片选择 OS81050^[3],OS81050 是 SMSC 公司智能网络接口控制器系列芯片中的一种,它符合 MOST25 标准,支持 25 Mbit/s 的数据传输速率,与上一代网络接口控制芯片 OS8104 相比性能提升很大^[7]。控制芯片选择 ATMEL 公司生产的 Atmega128 芯片,该芯片功能强、功耗低、价格低廉^[7]。并且 Atmega128 自带 I2C 通信接口,与控制报文在 MOST 网络中传输方式相同,便于进行通信传输。而电源管理芯片采用 ATMEL 公司的 Atmega644P,Atmega644P 是一款非常适合进行设备电源管理的芯片,能够为设备提供稳定的持续电源^[8]。硬件设计如图 6 所示。

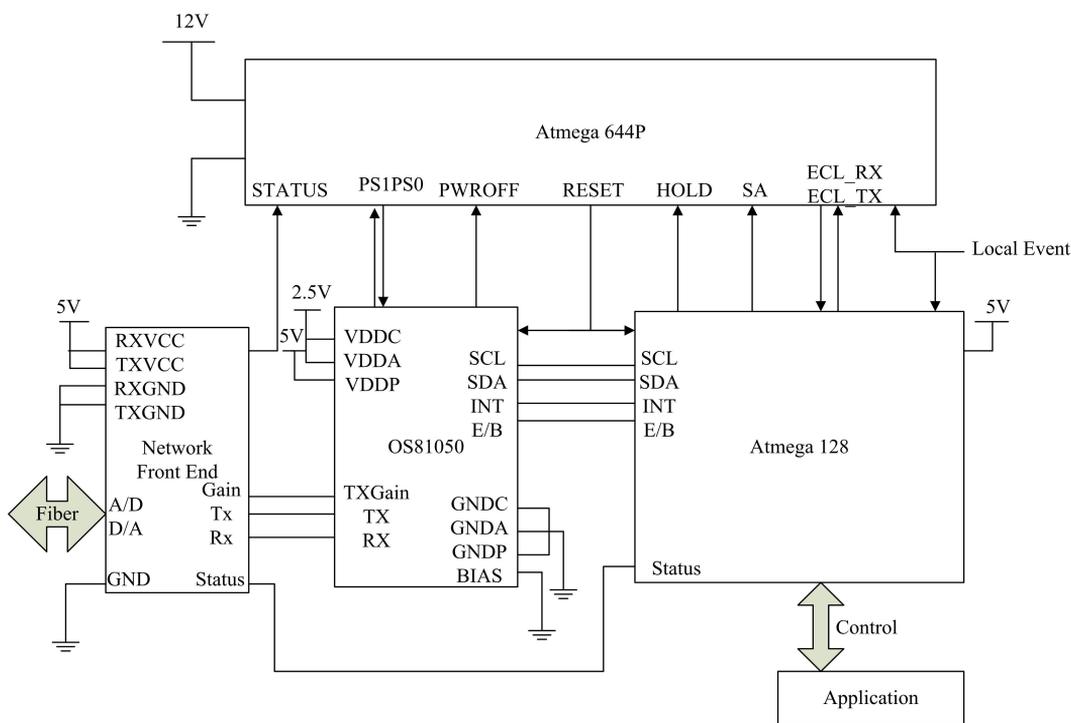


图 6 MOST 电源管理节点硬件结构图

Fig.6 Hardware construction of power management

如图 6 所示,在电源模块接口设计中,保留 2 个外部中断 STATUS 和 HOLD 作为唤醒触发和 1 个关闭网络中断信号 PWROFF。同时设两个复位控制端口 PS0、PS1。电源模块与控制器通信采用 I2C 通信方式。

4 实验与测试

MOST 网络在一定时间内总功耗是所有设备节点在该时间内功耗的总和。因此,首先建立单一 MOST 设备节点功耗测试模型。 P_{Active} 表示节点活动状态下的功率, t_{Active} 表示节点在测试时间内处于

活动状态的总时间; P_{dle} 表示节点半空闲状态的功率, t_{dle} 表示节点处于半空闲状态的总时间; P_{sleep} 表示节点休眠状态的功率, t_{sleep} 表示节点处于休眠状态的总时间; $P_{sleepToActive}$ 表示节点由休眠状态向活动状态转换时的功耗率, $n_{sleepToActive}$ 表示节点在测试时间内由休眠向活动转换的次数, $t_{sleepToActive}$ 表示该状态转化过程所需时间; $P_{dleToActive}$ 表示节点由半空闲向活动转换时的功耗率, $n_{dleToActive}$ 表示节点在测试时间内由半空闲向活动转换的次数, $t_{dleToActive}$ 表示该状态转换过程所需时间。

电源管理下的节点功耗测试模型为:

$$E_{total} = P_{Active} t_{Active} + P_{Idle} t_{Idle} + P_{Sleep} t_{Sleep} + P_{SleepToActive} t_{SleepToActive} + n_{SleepToActive} P_{dleToActive} t_{dleToActive} \quad (1)$$

而在没有电源管理控制下,当网络开启时,网络节点 CPU 始终全速运行,功耗测试模型为:

$$E = P_{Active} t_{Active} \quad (2)$$

而根据官方提供的芯片功耗数据和实验测试,得到模型中各个参数水平如表 1 所示。

表 1 功耗模型参数表

Table 1 Parameters of Power Management model

| 节点状态 | 节点状态 功耗/W | 转换至活动状态 过程的功耗/J | 状态转换过程 持续时间/s |
|-------|--------------|--------------------|------------------|
| 活动状态 | 2.65 | 0.0 | 0.00 |
| 休眠状态 | 0.30 | 5.16 | 4.00 |
| 半空闲状态 | 1.20 | 0.79 | 0.10 |

在仿真实验中,根据图 2 的节点状态转换约束条件,节点状态队列由随机数发生器 R_{status} 生成;节点状态持续时间队列由随机数发生器 R_{Time} 生成。结果生成了 3 组状态队列和 3 组时间队列。根据已定的节点功耗测试模型,得到 MOST 网络中各个节点在有电源管理和没有电源管理下的功耗对比,对比图如图 7 所示。

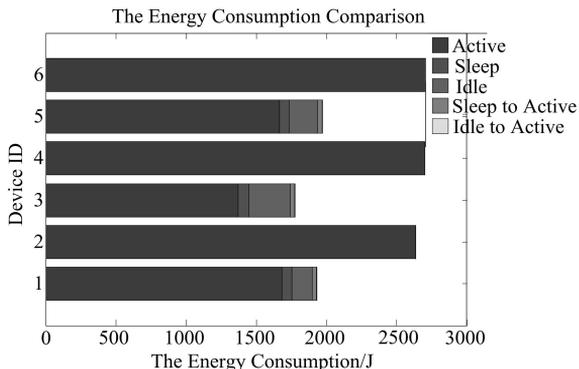


图 7 有无电源管理下的功耗对比图

Fig.7 Comparison result with and without power management

经过 20 min 的仿真测试,在 PowerMaster 控制下的 MOST 网络节点平均功率为 1.51 W,而没有 PowerMaster 管理时的平均功率为 2.64 W,功耗水平明显降低。

5 结束语

本文提出的 MOST 网络的低功耗设计是基于集中式电源管理的思想。主控节点掌握着最丰富的网络信息和设备节点信息。主控节点中加载 PowerMaster 模块,则能够更好的实时掌握网络运行情况,动态调整设备节点的运行状态,使之在合适的时间休眠或唤醒,在不影响节点功能完整性的前提下降低功耗水平^[6]。从实验中能够看出,PowerMaster 在测试时间内根据节点状态序列,使之进入相应的低功耗状态,从而降低网络功耗。但本文的设计还未考虑过载保护性关断、低压休眠等例外情况。

参考文献:

- [1] 秦贵和.车载 MOST 网络技术 [M].北京:机械工业出版社,2003:149-152.
- [2] Leen G,Heffernan D,Dunne A.Digital networks in the automotive vehicle [J].Computer & Control Engineering Journal,1996,10(6):257-266.
- [3] MOST Cooperation.MOST Specification [DB/OL].http://www.mostcooperation.com/publications/Specifications_Organizational_Procedures/index.html?doc=2720&dir=291.2006-12.
- [4] Olsen C M,Narayanaswami C.An efficient power management scheme for mobile devices [J].Mobile Computing,2006,5(7):816-828.
- [5] Sandy I,Sandeep S,Rajesh G.Online strategies for dynamic power management in systems with multiple power saving states [J].ACM Transactions on Embedded Computing Systems,2003,2(3):325-346.
- [6] Paleologo G,Benini L,Bogliolo A,et al.Policy optimization for dynamic power management [J].IEEE Trans Computer-Aided Design,1999,16(6):813-833.
- [7] SMSC Cooperation.MOST OS81050 INIC [DB/OL].http://www.sm-sc-ais.com/AIS/component/option,com_content/task,view/id,172/Itemid,216/show,3/2007-08.
- [8] 陈冬云.Atmega128 单片机原理与开发指导 [M].北京:机械工业出版社,2005:1-10.