

移动介质引导平台研究

郝永芳¹, 苏克青², 王德军²

(1 武汉大学 网络中心, 湖北 武汉 430072; 2 武汉大学 计算机学院, 湖北 武汉 430072)

[摘要] 为解决裸机系统恢复中的移动介质引导问题, 提出了一种基于 W inPE 的 USB 移动介质引导平台方案. 该方案在 USB 介质引导扇区写入引导加载器, 实现操作系统加载功能; 对 W inPE 环境进行精简, 提高移动介质引导的性能; 增加通用驱动库和特殊硬件驱动, 实现 W inPE 对广泛硬件平台的支持; 最后通过实现定制工具 (W inPEusb-maker), 实现 USB 引导介质的自动生成. 实验结果表明该平台硬件兼容性好、启动速度快、使用方便、定制灵活.

[关键词] 主引导扇区, 引导加载器, W indow s 预安装环境, 备份恢复, 裸机恢复

[中图分类号] TP 309 [文献标识码] A [文章编号] 1672-1292(2008)04-0190-05

Research on Removable Media Booting Technology

Hao Yongfang¹, Su Keqing², Wang Dejun²

(1. Network and Information Center Wuhan University, Wuhan 430072, China

2. School of Computer Science Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract To solve the problem of removable media booting for bare-metal recovery, we propose a USB Disk booting solution based on Windows PE. By injecting boot-loader in the boot sector of USB Disk, the USB Disk is made bootable and by optimizing the W inPE, the W inPE is made to boot faster and by adding universal hardware-driver library and special hardware driver, the boot platform is made to support extensive hardware platform, and lastly, by implementing a tool called W inPEusb-maker, the automatic generation of USB booting media is realized. The experiment result shows that the booting platform has the feature of better compatibility with hardware platform, booting faster, easier to use and more flexible to customize.

Key words master boot record, boot loader, W indow s PE, backup and recovery, bare-metal recovery

信息技术的飞速发展, 计算机的广泛应用, 整个社会变越来越依赖于计算机系统. 但由于各种原因导致的计算机系统崩溃引起企业数据丢失或业务中断, 使得企业或社会所付出的代价也越来越大^[1, 2]. 因此灾难备份工作日益受到政府、企业的重视. 早期备份系统主要关注数据的备份, 对操作系统和系统配置信息的备份考虑较少. 如果出现操作系统损坏或者系统无法启动的情况, 一般采用手动重新安装操作系统, 然后恢复数据的方法, 具体步骤如下: (1)修复或更换硬件; (2)安装操作系统; (3)安装应用软件; (4)恢复配置; (5)恢复数据等一系列工作. 这一过程过于复杂, 经常导致系统无法恢复到故障前的完整状态, 即使能正常恢复也需要耗费很长时间, 这对于面临激烈竞争的现代企业来说是难以承受的.

为了解决操作系统的恢复问题, 工业界提出了裸机恢复的概念. 裸机恢复就是指由于硬件或者软件的原因导致计算机操作系统崩溃后, 使用系统正常时对系统作过的备份, 在良好的硬件环境下将系统恢复到正常状态的过程. 裸机备份恢复的内容涵盖完整的系统信息, 包括系统、配置和数据三项. 裸机备份恢复包含两个关键点: 其一是操作系统备份与还原技术, 该技术在系统正常工作时提取操作系统、配置环境、应用软件、数据库系统、用户设置、系统参数等信息, 用于支持后期的恢复; 其二是引导平台技术, 该技术提供恢复阶段的运行环境, 使得裸机恢复软件能够管理物理存储、连接备份服务器、读写各种文件系统. 裸机系统

收稿日期: 2008-06-18
基金项目: 国家自然科学基金重大研究计划 (90718006)、教育部科学技术重点研究 (108087)和湖北省科技攻关项目 (2007AA101C44)资助项目.
通讯联系人: 郝永芳, 工程师, 硕士, 研究方向: 容灾备份和信息安全. E-mail: Haoy@whu.edu.cn

恢复中的系统备份与恢复技术已在前期文献中介绍,本文主要讨论裸机恢复系统中的引导平台制作问题。

裸机恢复中的引导平台主要关注一下几方面的特性: 引导介质的硬件和软件支持. 引导介质启动后,启动网络连接与后台备份服务器通信,能够管理物理磁盘,读写磁盘上的文件系统,才能达成恢复系统的功能. 对硬件和文件系统的支持能力,主要决定于引导平台所采用的操作系统. 引导介质的使用方便性. 随着 USB 盘容量的增大、价格的不断下降以及 USB2.0 对传输性能的大幅提升,USB 盘成为最常使用的移动介质. 裸机恢复系统支持 USB 盘引导,是今后的必然方向. 引导介质的启动性能. 在支持差异修复的裸机恢复软件中,一般修复时间比较短,降低引导介质的启动时间,可以减低一次恢复所消耗的时间,改善用户体验. 引导介质的自动生成技术. 考虑到更加灵活的支持硬件环境,例如非通用硬件装置,新推出的硬件,需要为用户提供一个定制平台的灵活工具.

早期的裸机恢复系统引导平台大多基于 DOS 技术,驱动程序依赖于 DOS 驱动程序,例如 Ghost 软件. 随着工业界对 DOS 驱动程序的支持逐步减弱, DOS 对硬件支持能力已经出现瓶颈. 随着 Microsoft 推出 winPE 并作为 DOS 替代产品, WinPE 能够支持 windows 驱动程序、支持读写 NTFS 文件系统,具有多线程和图形界面支持的特点. 为使移动介质引导平台能提供广泛的硬件平台支持和 NTFS 文件系统支持,本系统采用 WinPE 作为移动介质引导的操作系统平台.

在后面的章节中,将在分析操作系统加载器和 windows 启动过程的基础上介绍 WinPE 定制和支持裸机恢复的 USB 盘移动引导平台的实现方法.

1 操作系统引导加载技术

1.1 主引导扇区 MBR

硬盘的 0 磁道的第一个扇区称为 MBR^[3],它的大小是 512 字节,而这个区域可以分为 3 个部分. 第一部分为 pre-boot 区(预启动区),占 446 字节;第二部分是 Partition table 区(分区表),占 64 个字节,第三部分是结束标志两个字节,这两个字节是确定的为 55AAH,主板的 BIOS 依靠这两个字节来判定主引导记录. MBR 相当于一个小程序,作用是判断哪个分区被标记为活动分区,然后去读取那个分区的启动区,并运行该区中的代码.

MBR 的主要作用有两个:一是存放硬盘分区表,二是寻找和加载活动分区 DBR(DOS Boot Record). DBR 是硬盘分区的起始扇区,负责操作系统的自举. MBR 是不属于任何一个操作系统,也不能用操作系统提供的磁盘操作命令来读取它. 但我们可以用 ROM-BIOS 中提供的 INT13H 的 2 号功能来读出该扇区的内容,也可用一些绝对扇区读写软件来读取^[4].

1.2 常用 BootLoader

主流的操作系统 Boot Loader 有 Windows 上的 NTLoader 和 Linux 上的 GRUB、LILO 等. 其中 NTLoader 是 Windows 的专用引导加载器,是 Win2000 系列的一部分. LILO (Linux Loader),是所有 Linux 发行版的标准组成部分. GRUB (GRand Unified Bootloader)是一个多重启动管理器,它可以在多个操作系统共存时选择引导其中一个操作系统,可以引导几乎所有的 Unix、Linux、Windows 操作系统. 本项目考虑到对 USB 盘 Linux 和 Windows 双引导的支持,决定选用 DOS 下的 GRUB 来实现 Windows 的 USB 盘引导. 下面主要介绍 GRUB 的配置和使用^[5].

GRUB 通常配置为两种方式之一:作为主引导加载程序 (Primary Boot Loader),或作为二级引导加载程序 (Secondary Boot Loader). 主引导程序是安装在 MBR 上的第一阶段引导加载程序(见先前的描述). 二级引导加载程序是安装在可引导分区的第一阶段引导加载程序. 必须在 MBR 上安装单独的引导加载程序,并配置它将控制权转交给二级引导加载程序.

当 GRUB 初始加载时,从 MBR 加载第一阶段程序^[6]. 加载后,它进入第一阶段和第二阶段引导加载程序之间的中间阶段(为了方便讨论,可称为第 1.5 阶段). 之所以存在第 1.5 阶段,是为了能够对 /boot/gnub 中的 GRUB 配置文件进行常规的文件系统访问,而不是去访问磁盘块. 然后进入引导加载程序的第二阶段: GRUB 加载 gnub.conf 文件.

2 Windows 启动过程分析

Windows 各个版本启动流程包括预引导、引导、加载内核、初始化内核和登录 5 个阶段. 其中移动介

质引导和 windows 预引导和引导两个阶段相关。

2 1 预引导阶段

计算机启动,在 Windows 系统启动之前这段时间,称之为预引导 (Pre-Boot) 阶段,在这个阶段里,首先运行 POST (Power On Self Test), POST 检测系统的总内存以及其他硬件设备的现状。如果计算机系统的 BIOS 是即插即用的,那么计算机硬件设备将经过检验以及完成配置。BIOS 定位计算机的引导设备,然后 MBR 被加载并运行,主引导记录会查找活动分区的起始位置。接着活动分区的引导扇区 (DBR) 被加载并执行,最后从引导扇区加载并初始化 NTLDR 文件。NTLDR 是一个 Boot Loader,类似前面所说的 GRUB。

2 2 引导阶段

Windows 引导阶段包含 4 个小的阶段。

首先,计算机要经过初始引导加载器阶段 (Initial Boot Loader),在这个阶段里,NTLDR 将计算机微处理器从实模式转换为 32 位平面内存模式。接着,NTLDR 启动内建的 mini-file system drivers,通过这个步骤,使 NTLDR 可以识别每一个用 NTFS 或者 FAT 文件系统格式化的分区,以便发现以及加载 Windows 接着系统进入操作系统选择阶段,如果计算机是多系统,NTLDR 读取 boot.ini 内容显示操作系统选择菜单。在选择启动 Windows XP 后,系统进入硬件检测阶段。硬件检测完成后,进入配置选择阶段。

如果计算机含有多个硬件配置文件列表,可以通过上下按钮来选择。然后系统进入内核加载阶段。在引导阶段,系统要用到的文件共有:NTLDR Boot.ini ntddetect.com ntoskrnl.exe ntbootdd.sys bootsect.dos

3 Windows USB 盘引导的实现

3 1 USB 盘引导支持

USB 盘引导操作系统有两个前提条件,一是计算机的主板要支持 USB 启动,二是 USB 盘是启动型 USB 盘,并且启动模式要和主板设置的启动模式一致^[7]。此外,为了保证引导的速度,我们还需要有一个满足功能需求、大小合适的 Windows 系统,这里我们选的是 Windows PE。

通过重写 USB 盘的 MBR 让普通的 USB 盘具有引导功能 (启动型 USB 盘主要通过向 MBR 写入引导代码实现)。

3 2 Windows PE 操作系统环境

Windows PE^[8] 就是一个微型的 Windows XP,可以执行最基本的一些功能,很方便地进行系统测试和维护,最重要的是 Windows PE 可以按照需求定制。可以将其看成一个功能更强大的图形化的 DOS。

本项目中决定选用 Windows PE 作为 H-info Backup 软件的裸机恢复运行平台的主要原因包括:首先,Windows PE 平台对 USB 接口支持完好,以保证系统稳定可靠运行;其次,Windows PE 平台可以方便地增加驱动程序以适应不同网络和磁盘阵列系统,其驱动程序可以直接从原始主机平台上提取;再则 Windows PE 对 NTFS 具有完整支持能力,可以保证文件级别,正确恢复 NTFS 文件系统。目前 Linux 环境下 NTFS 文件系统 (如 NTFS-3g) 对 NTFS 的加密和压缩支持尚不完善,不具备作为 windows 文件级裸机恢复平台条件^[9]。

此外 Windows PE 很小,非自定义版本只有 160M,而通过删减非必要的文件,一个 32 位的 Windows PE 可以减小为一个 86M 的镜像,如果按照自己的要求定制,还可以更小。这非常适合放在一个 USB 盘里面启动。Windows PE 系统可以很方便地添加和删除一些应用程序,用户可以按照需要以 Windows PE 为平台通过添加需要的软件来完成相应的功能。

3 3 USB 盘引导

下面主要分析本文介绍的可以由 USB 盘引导的 Windows PE 的系统结构和定制过程。

该 PE 系统主要用在 USB 盘启动方面,系统主要包括以下文件:

WINNT.XPE、NTDETECT、ldxpe、XPEMENU、NI\Windows PE ISO、外置程序文件夹。

文件详细说明如下:

WINNT.XPE 是启动配置文件,其主要内容如下:

```
[SetupData]
BootDevice= "ramdisk(0)"
BootPath= " \XPE \SYSTEM32\"
```

```
OsLoadOptions= "/m inint/fastdetect/rdexportascd/rdpath= W inPE ISO "
```

第一行是下面几种数据类型的说明.

第二行指定启动方式 (启动设备). ram disk (0)是指用虚拟磁盘 (RAM)启动,即在内存中划定一片区域用来虚拟出一块磁盘空间,作为操作系统的启动盘.这种启动方式进入系统之后,虚拟磁盘的盘符为 B

第三行指定启动路径.即从 \WXPE\SYSTEM32\ 目录启动.

第四行指定第三行的目录所在镜像和启动选项.可以很容易看出启动镜像是 W inPE ISO.启动选项 m inint让配置管理器 (CM)以只读模式装载注册表分支 (Hive) SYSTEM,所有的改变只保留于内存中. fast-detect选项 让 NTDETECT 不检测串行口和并行口上的设备,加快启动速度. rdexportascd是使用 ISO 文件作为 RAMDISK 镜像时必须指定的参数,否则会发生 Unmountable Boot Volume 错误. rdpath是指定 ISO 镜像的位置.

第三行和第四行加起来就是指定启动位置为 W inPE ISO 中的 \WXPE\SYSTEM32\

NTDETECT 是 W indows NT 操作系统的硬件检测程序.

hrxpe是启动装入程序装载文件,相当与 W indows操作系统的 NTLDR,主要做 PE系统的启动加载.

XPEMENU. N I是 PE 系统的配置文件,主要包括用户名、桌面快捷方式、快速启动栏、程序组快捷方式和桌面壁纸等.

W inPE ISO 是 PE 系统的镜像文件.使用 Ultra ISO 软件主要包括一下内容:

PROGRAMS\WXPE 文件夹,这个目录结构和 W indows XP的系统分区目录结构相似,主要功能也一样.实验中用的 H - info裸机备份与恢复软件就在 PROGRAMS文件夹下.

各个文件之间的关系和调用过程:系统启动时调用 hrxpe 在 hrxpe里面有 W NNT XPE信息,可以调用 W NNT XPE 计算机按 W NNT XPE的配置找到引导镜像加载系统. W indows PE系统只有 57M,很适合 USB 盘启动.

在以上准备工作的基础上,制作 USB 盘启动的 W indows PE 步骤如下:先用能够支持启动的 MBR 重写 USB 盘的引导扇区,清除 FAT16分区表,再将 DOS操作系统的主要文件 IO. SYS\ MSDOS. SYS\ COM-MAND. COM 拷贝到 USB 盘的根目录.将 DOS版的 GRUB 放入 USB 盘根目录,新建一个 autoexec bat文件,内容为 grub .新建文件 MENU. LST,内容为 chainloader/hrxpe .最后将自己定制的 W indows PE 系统文件拷贝到 USB 盘的根目录.这样就完成了可以 USB 盘引导的 W indows PE 系统.

本文所研制的 W indows USB 引导盘是武汉和迅计算机工程公司的备份产品 H - info Backup Server 2 0的一个重要组成部分^[10]. W indowsUSB 引导盘作为一种引导介质,用于在服务器操作系统出现故障的情况下,启动 W indows PE 环境并运行 H - info Backup 备份恢复软件,实现对服务器操作系统的恢复. H - info Backup 备份恢复软件移动介质版本软件主要包括如下功能组件: 驱动程序,用于支持服务器的网卡和磁盘阵列的驱动; 分区和文件系统工具,用于安装引导环境、修改分区表、格式化文件系统; 备份恢复程序,同磁盘版本的备份恢复程序功能一致,它根据用户的请求将操作系统恢复到指定的备份时间点.通过将这些程序代码拷贝到 PROGRAMS文件夹,实现了 USB 盘版本的备份客户端.

考虑到制作 w indows USB 引导启动盘的过程非常复杂,基于以上工作原理我们开发了专们的 USB 盘定制程序 W inusb- maker exe 可以根据不同硬件环境 (主要是网卡和阵列卡驱动)自动化的定制 H - info Backup Server恢复 USB 盘.

4 性能分析

本文将 W indows XP操作系统和和光盘版的 W inPE 系统作为参照来测试装有 H - info Backup Server 2 0裸机备份软件的 USB 盘 W indows PE 系统的性能.

硬件环境: CPU 为赛扬 D 2 4 GHz 内存为 512 M DDR400 显卡为 Intel845GV集成显卡.用于对比测试的操作系统为 W indows XP SP2版本.

对比测试结果如表 1所示.从比较结果可以看出, W in-dow sPE 系统本身比较小,启动时所需要的时间比 W indows

表 1 USB启动盘性能测试结果

Table 1 USB booting disk performance testing results			
项目	W indows XP SP2	USB 盘 W inPE	光盘 W inPE
系统大小 (byte)	6 7G	62M	111M
启动耗时 /s	43	3	5
软件运行快慢	较快	较慢	慢

XP 系统少很多. 但是实际运行中发现安装在系统中的软件运行速度较慢. 因此, 使用 USB 盘启动的操作系统不适合用作大型应用程序的载体, 但是作为系统应急措施的一部分或者作为一些特殊软件的载体还是非常合适的.

5 结论

本文实现的针对 Windows USB 移动介质引导盘, 对比以往的裸机恢复引导平台具有以下特性: 与传统的基于光盘的引导介质相比, 本 USB 引导平台具有携带方便、启动速度更快的特点. 与传统基于 DOS 的引导平台相比, 基于 WinPE 的引导平台对硬件平台和 NTFS 文件系统支持更好, 磁盘阵列、网卡等驱动程序易于获得和加载. 本 USB 引导平台针对裸机恢复应用环境对 WinPE 进行了精简和优化, 将引导介质启动耗时缩短为 3 s. 该引导平台内部集成了目前主流的网卡和磁盘阵列卡驱动程序, 可以支持绝大多数 PC 服务器环境. 针对特殊硬件平台, 我们开发了专用 USB 盘定制程序 WinPEusb-maker.exe, 可以根据不同硬件环境自动化地定制 H-info Backup Server 裸机恢复 USB 引导盘.

H-info Backup Server 2.0 通过在该平台上部署 H-info 裸机恢复软件, 实现了对 windows 操作系统的裸机恢复功能. 目前该引导平台作为 H-info Backup 软件的一部分已经获得推广应用.

[参考文献] (References)

- [1] Falkara Peter. Disaster recovery planning[J]. IEEE Potentials, 2004, 22(5): 42-44.
- [2] 王德军, 王丽娜. 容灾系统研究[J]. 计算机工程, 2005, 31(6): 43-45.
Wang Dejun, Wang Lina. Research of disaster recovery[J]. Computer Engineering, 2005, 31(6): 43-45. (in Chinese)
- [3] 郭吉平, 赵化启. Windows 操作系统主引导扇区程序剖析[J]. 佳木斯大学学报, 2005, 23(2): 217-219.
Guo Jiping, Zhao Huaqi. The master boot sector program analyst of windows operating system[J]. Journal of Jiamusi University, 2005, 23(2): 217-219. (in Chinese)
- [4] 宋群生, 宋亚琼. 硬盘扇区读写技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
Song Qunsheng, Song Yaqiong. Read and Write Sector Technology[M]. Beijing: China Machine Press, 2004. (in Chinese)
- [5] 曹加恒, 苏光奎, 许先斌. 新一代汇编语言程序设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
Cao Jaheng, Su Guangkui, Xu Xianbin. New Generation of Assembly Language Programming[M]. Beijing: Higher Education Press, 2003. (in Chinese)
- [6] Wayne Marshall. Boot with grub[J]. Linux Journal, 2001.
- [7] 王韬, 谭晓衡. 嵌入式实时系统的优盘启动技术[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2007(1): 22-24.
Wang Tao, Tan Xiaoheng. Booting from U-disk technology in embedded real-time system[J]. Microcontrollers and Embedded Systems, 2007(1): 22-24. (in Chinese)
- [8] Microsoft Corporation. Microsoft Windows Pre-installation Environment[EB/OL]. [2007-12-15]. <http://www.microsoft.com/licensing/sa/benefits/winpe.mspx>, 2007.
- [9] Szabolcs Szakacsits. NTFS-3G Stable Read/Write Driver[EB/OL]. [2007-11-12]. <http://www.ntfs-3g.org/>, 2007.
- [10] H-info Backup Server 2.0 设计文档[R]. 湖北: 武汉和讯计算机工程公司, 2005.
H-info Backup Server 2.0 Design Document[R]. Hubei: Wuhan H-info Electronics System Co. Ltd., 2005. (in Chinese)

[责任编辑: 刘 健]