

# 一种改进的伙伴系统内存管理方法<sup>\*</sup>

郑晓曦 张 虎

(广东五邑大学信息学院 江门 529020)

**摘 要** 在动态内存管理方式中,伙伴系统具有管理方式简单,分配与释放速度快等优点,但伙伴系统的缺点是对内存空间的利用率比较低,在嵌入式系统中,内存管理除了应该具备管理方式简单和处理速度快等特点外,内存的利用率也十分重要。通过对伙伴系统分析,并对伙伴系统的内存利用率方面进行改进,显著提高嵌入式系统中内存的利用率。

**关键词** 嵌入式系统 伙伴系统 内存管理

**中图分类号** TP333.1

## 1 引言

随着嵌入式技术的日益普及,嵌入式系统已从高端应用融入到了日常生活中。随着嵌入式系统的广泛应用,如何降低嵌入式系统开发成本成为一个热门论题。而在降低成本方面,嵌入式系统的内存空间大小直接影响着系统的成本。因此,如何在嵌入式系统中更有效地利用内存空间就显得非常重要了。内存管理分为动态内存管理与静态内存管理,在实际的嵌入式应用中内存管理差异很大,尤其是动态内存管理。本文主要讨论动态内存管理方式,通过对伙伴系统内存管理方式的讨论,并对伙伴系统进行改进得到一种适合嵌入式系统应用的动态内存管理方式。

## 2 实时系统内存管理的特点

### 2.1 自适应软构件

静态内存管理的最大优点是良好的可靠性与实时性。它能满足硬实时任务的要求,但静态内存管理导致系统失去灵活性,在内存管理方面必须以最坏情况下的内存空间使用为基准,这严重地浪费了内存空间。动态内存管理为系统提供了良好的灵活性,在内存利用率和系统扩展性等方面都优于静态内存管理。大多数嵌入式系统采用静态和动态内存管理相结合的方式,动态内存管理满足弱实时任务对内存要求,而对于硬实时任务采用静态内存管理的方法。

### 2.2 自适应软构件

- 实时性:内存管理方式应能满足系统对嵌入式系统实时性方面的要求。
- 可靠性:嵌入式系统中的实时任务对可靠性的要求较高,所以内存管理也必须具备高可靠性。
- 确定性:嵌入式系统中的实时任务的另一个特征是确定性,这要求内存管理的时间消耗也必须满足确定性要求,因此实时系统内存的时间复杂度最好是常数。

## 3 伙伴系统

### 3.1 伙伴系统原理

Linux系统用户空间内存管理方式采用伙伴(buddy)系统方法。伙伴系统基本思想是:如果整个可用空闲内存由  $2^n$  个字节组成,那么在系统对每个大小为  $2^n$  ( $0 \leq n \leq m$ ) 的内存块建立一个对应的可用块表。现假设内存地址从  $0 \sim 2^m - 1$ ,刚开始时整个  $2^m$  个字节空间都是可用的。假如应用程序申请  $2^k$  个字节的内存空间,如果系统中没有  $2^k$  大小的内存块时,就把更大的可用内存块分成两部分,最终得到大小为  $2^k$  的内存空间。当一块分成两块时,这两块就称为伙伴。如果这两个伙伴空闲时又可以合并成一个空闲块。

### 3.2 伙伴系统的优缺点

优点:分配和回收速度快、算法简单,当一个大小为  $2^k$  字节的块释放后,存储管理只需要搜索  $2^k$  字节大小的块以判定是否需要合并。而那些允许

<sup>\*</sup> 收稿日期:2007年 10月 12日,修回日期:2007年 12月 14日

**作者简介:**郑晓曦,男,博士,副教授,研究方向:图形图像处理技术,嵌入式系统,虚拟现实技术。张虎,男,硕士研究生,研究方向:实时系统,嵌入式系统,操作系统内核,无线通信。

以任意形式分割内存的策略的算法需要搜索整个空闲块表。

缺点:伴系统的内存利用率是低效的,这主要是所有的内存请求都必须以 2 的幂次方大小的空间来满足。比如应用程序申请 20kB 的空间,系统必须分配 32kB 的空间。

## 4 改进的伙伴系统

### 4.1 基本思想

根据伙伴系统的优缺点可以对伙伴系统改进,从而提高内存的利用率。从伙伴系统原理可知,内存利用率低下的主要原因是内存按照 2K 字节为单位进行分配,如果能按照申请需求进行内存分配,那么内存的利用率就会得到显著提高。基于这种思想可以对伙伴系统加以改进,图 1 描述了这种改进的伙伴系统内存管理方法在某个时刻的状态。

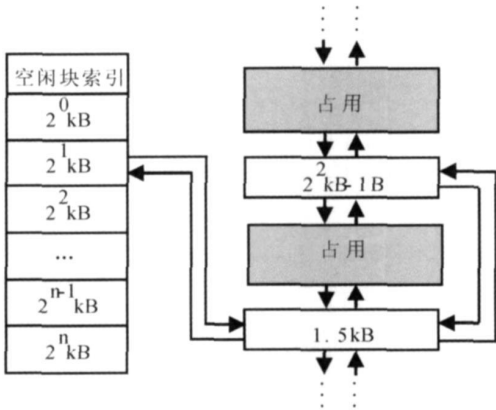


图 1 改进伙伴系统内存管理举例

其基本思想是将系统中所有独立块(空闲块和使用块)按照物理地址的先后顺序组织成一个双链表,每个块存放块本身的信息。分配时,查找整个链表找到最优适配的空闲块,并将此空闲块分裂成二块,一块用来满足请求,另一块作为空闲块插入空闲块链表。空间释放时,查找相邻的空闲块,如果相邻的块为空闲则合并成一个独立块。

为提高内存分配的效率,将系统中所有空闲块按照空间大小组成不同的空闲块链表。为在分配过程中更快速的查找最优适配块,为每个空闲块链表创建索引。为防止产生小的不能继续使用的空闲块,在空间分配时,如果  $m - n < c$  (其中  $m$ : 空闲块的大小,  $n$ : 申请大小,  $c$  给定的阈值) 时,不需将此空闲块分裂,直接将整个空闲块分配出去。

综上所述,可以将内存块组织成两种双链表,即空闲块链表和物理块链表。

(1)空闲块链表:将所有的空闲块按大小组织

成多个独立的空闲链表,并建立相应的索引。

(2)物理块链表:将所有独立块(空闲块和使用块)组织成一个双链表,链表中各节点之间是按照物理地址顺序链接的。空间释放时直接根据这一链表找到与释放块相邻的块,再根据相邻块中的相关信息判断是否需要执行合并操作。

### 4.2 分配与释放策略

#### 4.2.1 分配策略

- 为说明分配策略。先做如下三项假定:
- 空间最小值阈值为  $c$  即当空闲块分配后剩下的空间不能小于  $c$ 。
  - 内存大小为  $m = 2^{n+1}$  kB。
  - 系统初始化工作已经完成,整个内存管理的数据结构已经建立,如图 2 所示。

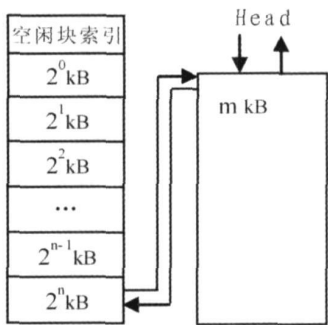


图 2 初始状态

系统初始化时,根据实际内存的大小创建空闲块索引,空闲块索引指向相应空闲块链表的表头节点,  $2^i$  kB 指向大小为  $S$  kB (其中  $2^i < S \leq 2^{i+1}$ ) 的空闲块链表表头节点。初始化时没有进行内存分配,整个内存块都为空闲。Head 总是指向内存的物理起始地址。

现假设应用程序请求内存分配,其中请大小分别是  $2^n$  kB,  $2^{n-1}$  kB,  $(2^{n-1} - 2^1)$  kB。图 3 和图 4 中描述了第一次和第三次分配以后的内存结构,图中阴影部分为已分配块,空白部分为空闲块。

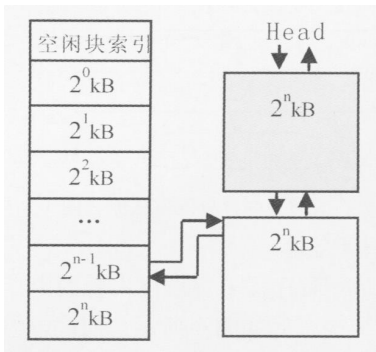


图 3 第一次分配后的内存结构

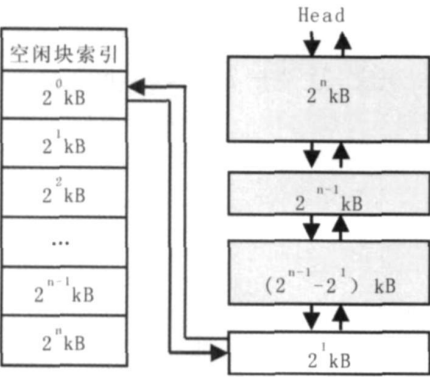


图 4 第三次分配后的内存结构

4.2.2 内存分配算法的流程图

通过上面的论述,可以得到内存分配算法的流程图,如图 5所示。首先根据分配要求检索空闲块索引查找找到合适的空闲链表,如果存在这样的空闲链表则说明此空闲链表中的所有空闲内存块都能满足申请要求。然后选择此空闲链表的第一块进行分配,根据此块的大小和申请大小判断是否需要执行分裂。最后根据分配的结果更新空闲链表和空闲块索引。

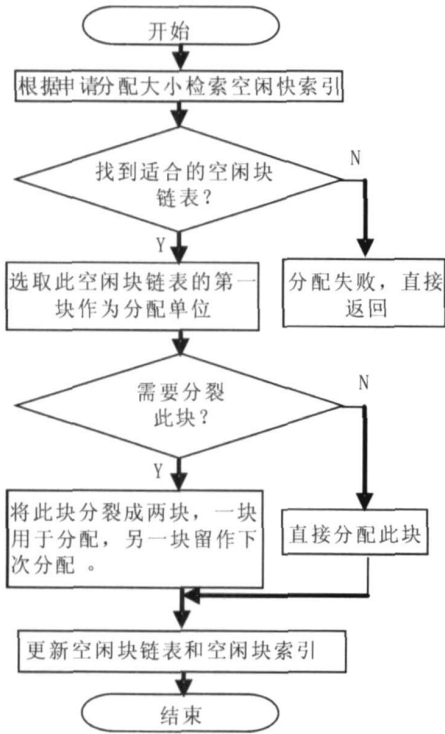


图 5 内存分配算法流程图

4.2.3 回收策略

假设应用程序需要释放已占有的内存,并且当前的内存结构布局如图 4所示,其释放顺序为  $2^{n-1}$  kB,  $(2^{n-1}-2^1)$  kB,  $2^n$  kB。在释放大小为  $2^{n-1}$  k的块后,由于该块相邻的两个块都不是空闲块,所以不

需要与相邻的块合并,其内存结构布局如图 6所示。

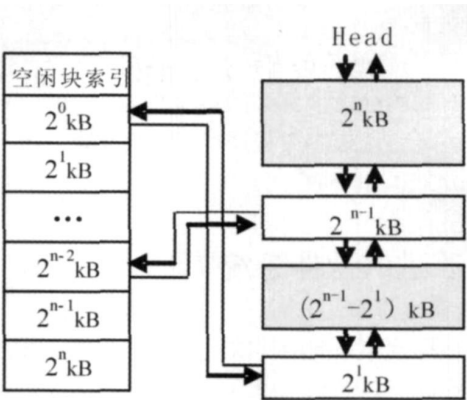


图 6 第一次释放后的内存结构

当释放大小为  $(2^{n-1}-2^1)$  kB的块后,由于相邻的块都为空闲块,所以这三个块会合并,这时的内存结构布局如图 3所示。释放大小为  $2^n$  kB块后,由于与其相邻的块都为空闲块,所以这次需要将两个块合并成一个块。三次释放操作以后将会得到如图 2所示的初始内存结构布局。

4.2.4 内存回收算法流程图

图 7描述了内存回收算法流程图,首先释放块检查与其相邻的块是否为空闲,只要相邻块是空闲块则释放块与相邻块合并为个独立的空闲块,如果相邻块都不是空闲,则将释放块直接加到相应空闲链表中。最后更新空闲块链表和空闲块索引。

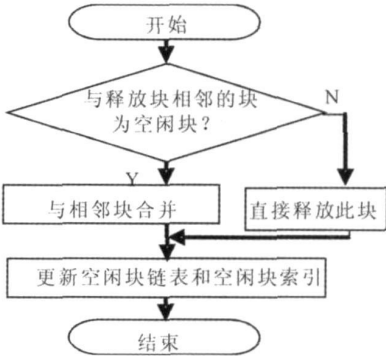


图 7 内存回收算法流程图

5 结语

动态内存管理是计算机领域的一项重要技术。本文通过对伙伴系统分析,对其进行改进。这种改进的伙伴系统,保持了伙伴系统内存分配与释放的复杂度,并成功地解决了内存资源浪费的问题。这种方式具有内存利用率高,分配速度快,回收算法简单等优点。此种动态内存管理方法已成功用于一种无线数据采集设备上。

(下接第 133 页)

调度功能,功能要用到的 GPS 定位数据、历史定位数据、日志文档数据、用户及车辆属性数据、空间信息数据和属性数据等保存在 SQL Server 数据库中,空间数据由 ArcSDE for SQL Server 做连接。ArcSDE 是 ESRI 先进的空间数据库管理器,是在数据库管理系统 (RDBMS) 中存储和管理多用户空间数据库的通道<sup>[5]</sup>。Web 服务器提供了监控调度网站程序的空间,利用动态网页技术如 JavaScript、VBScript、ASP 和 ActiveX 等设计的监控调度网站程序,能够实现客户端与服务器端之间的交互式访问。Web 交互式操作界面包含监控调度区域文字媒体信息,客户端可以通过其方便、快捷地获取和处理信息。

## 4 系统监控调度中心功能的实现

基于 ArcMS 开发监控调度中心系统的关键问题是 ArcMS 客户端和 ArcMS 应用服务器连接器的选择以及 ArcMS 功能的扩展。ArcMS 的客户端决定系统站点的功能和外观,决定提供那些空间、属性查询工具和显示工具。应用服务器连接器则决定系统的开发技术手段,系统功能的定制和扩展。

由于监控调度系统要满足不同层次用户的要求,因此系统在功能上要有一定的层次性。系统开发可以选择三种 Viewer 既 HTML Viewer、Java Viewer 和 Metadata Viewer 分别满足普通用户、高级用户和特服用户的需要。这三种 Viewers 可支持矢量流和影像地图的发送,可以通过 HTML、JavaScript、Java Applet、VBScript 等技术进行定制。而 ArcMS 的应用服务器连接器可以选择 Servlet 连接器、ActiveX 连接器和 Java 连接器三种连接器。Servlet 连接器是 ArcMS 默认连接器,它支持所有 Viewer 建立的站点可以支持任何 Web 服务器和 Viewer 的组合。Java 连接器和 ActiveX 连接器两种连接器分别支持 JSP 技术和 ASP 技术,可以利用这两种开发技术对服务器端进行扩展和定制。同时利用 ESRI 的 ArcObjects 开发包的控件,采用组件式开发方法扩展 ArcMS 的功能,来完成系统

的开发和功能的实现。

## 5 结语

车辆监控调度系统是目前我国交通运输管理领域极具市场潜力和经济效益的应用项目之一。本文利用 WebGIS、GPRS 和 GPS 技术构建的车辆监控调度系统具有无需建设专用通讯基站和通讯网络,系统建设投资小,运营成本低,监控实时性强,监控范围广等特点。总监控中心和分监控中心采用 B/S 模式的系统结构,利用 WebGIS 技术构建,使得系统扩展性强,容量大,能够满足不同层次用户的需要。

总控中心可满足大型车辆单位的使用,同时可通过建立分监控中心,扩展客户端提供租借服务,向中小型车辆单位提供监控调度服务。分控中心用户可在 GPRS 网络覆盖地区内,以有线或无线的方式通过 Internet 在 IE 浏览器中实现任何时间任何地点的实时监控调度。

另外利用 WebGIS 技术构建的监控中心,不仅可以方便的实现 B/S 模式下的实时监控,还可以充分利用其强大的 GIS 空间分析功能,为监控调度提供辅助决策支持,从而实现科学合理的监控调度管理,提高车辆运营效率。本文所构建的车辆监控调度系统功能强大、系统实用、性能可靠,具有广泛的应用前景。

## 参考文献

- [1]程起敏,杨崇俊,刘冬林.基于 WebGIS/GPS/GSM 的车辆监控网络信息系统[J].计算机工程,2005,31(7):46~48
- [2]王俊,胡平,施涛.基于 GIS/GPS/GPRS 的车辆监控的实现[J].微计算机信息,2006,22(9):290~292
- [3]朱洪波.通用分组无线业务(GPRS)技术与应用[M].北京:人民邮电出版社,2004
- [4]孟令奎,史文中,张鹏林.网络地理信息系统原理与技术[M].北京:科学出版社,2005,2~3
- [5]刘仁义,刘南.ArcGIS 开发宝典——从入门到精通[M].北京:科学出版社,2006,89~90

(上接第 48 页)

## 参考文献

- [1]Alan Bums, Andy Wellings 王振宇,陈利等译.实时系统与编程语言[M].北京:机械工业出版社,2004
- [2]严蔚敏,吴伟民.数据结构[M].北京:清华大学出版社,1996
- [3]汤子瀛,杨成忠,哲风屏.计算机操作系统(第二版)

- [M].陕西:西安电子科技大学出版社,1992,122~129
- [4]Tanenbaum A S. Modem Operating System[M].北京:机械工业出版社,1999
- [5]Larry Nyhoff 黄达明,陈佩佩等译.数据结构与算法分析(第二版)[M].北京:清华大学出版社,2006
- [6]刘毅,黄志刚.嵌入式系统中内存管理中间件的研究与实现[J].2006,34(10):176~179

**Abstract** Coping with such disadvantages of particle swarm optimization (PSO) algorithm as finite sampling space being easy to run into prematurity, quantum-behaved particle swarm optimization (QPSO) was proposed to solve vehicle routing problem (VRP). Vehicle routing problem is a NP-hard problem of combination optimization. QPSO has been introduced to solve VRP in this paper. As a particle is a route, the mathematic model of VRP has been built. Compared with PSO, the result indicated that QPSO can improve the success rate of searching best route and is more efficient for VRP.

**Key words** particle swarm optimization algorithm, quantum-behaved particle swarm optimization algorithm, vehicle routing problem (VRP) (Page: 25)

## A Survey of Accelerating Direct Volume Rendering by Huang Zhanpeng

**Abstract** The purpose of this paper is to present a survey of recent publication concerning accelerating direct volume rendering by software. These techniques are described in four profiles: space dividing, ray coherence, object coherence and image based rendering. Finally, a direct volume rendering system is designed based on min-max octree.

**Key words** 3D visualization, direct volume rendering, accelerating rendering (Page: 28)

## Game Script System Based on Action-set

by Yang Ruibo

**Abstract** The Action-set in the computer games has been explored, and the script system model which based on the Actions-set has been proposed. The establishment of the Action-set, the script handles routine in the game engine and the script execution have carried on the whole discussion. At last, the merit and shortcoming of this kind of script and the domains that the script is applicable have been discussed.

**Key words** game script, action-set, game engine (Page: 31)

## Design and Implementation of A Large Network Game Platform Architecture by Fu Donglai

**Abstract** Based on the analysis of large-scale online games network of the actual operating environment, a technology-based clustering of large multi-tier network game platform architecture has been proposed, and the layers of detail design and server deployment scenarios have been introduced. Finally, a 20,000 people simultaneously online server deployment program has been given.

**Key words** large network game platform structure, clustering, multi-tier (Page: 33)

## Design and Implementation of the Water Pollution Emergency Linkage System by Qian Yun

**Abstract** In the linkage systems for water pollution, the color image separation technology, the technical model database technology and geographic information system (GIS) have been integrated, and gain the Jilin

City Administrative Region map which has been divided and the Songhua River basin topographic map and the major sources of pollution. The command of the whole process of interaction models has been improved. The natural water quality conditions have been analyzed. The law of the pollution in water system migrating, diffusing, decaying has been studied. The dynamic shows and timely updates in the database have been realized. The emergency command in timely system can promptly and fully play its role in the rescue process, thereby realizing information linkage.

**Key words** water pollution, geographic information system (GIS), color image separation, model database (Page: 36)

## A Reflective Model of Adaptive Software Component by Zhang Wei

**Abstract** Firstly, a reflective model of adaptive component has been proposed. Then, the meta-object which describes structural and behavioral features of the component has been introduced. The meta-object protocol (MOP) is designed to adapt to rapidly changing requirements. At last, the instance shows that reflection is effective to improve the flexibility and adaptability of component.

**Key words** adaptive component, reflection, meta-object protocol (Page: 39)

## Research on Group Collaborative Discussion Environment Based on Multi-Agent by Xiong Caiquan

**Abstract** This paper discusses the application of multi-agent system in a group collaborative discussion environment and proposes a group collaborative discussion model which is implemented in JADE platform. It shows that the technique will make the online discussion more flexible, convenient and personal, and improve the consensus building efficiently.

**Key words** multi-agent, group discussion, jade reciprocal protocol (Page: 42)

## An Improvement Memory Management Method based on Buddy System by Zheng Xiaoxi

**Abstract** Buddy system is a good memory management method that has many merits, including simple management style and fast assign and release memory. But the utilization ratio of memory is lowly in buddy system. However, the utilization ratio of memory is very important especially for embedded system, except simple management style and fast speed of assign and release memory. This paper discussed buddy system, and utilization ratio of memory in embedded system has improved based on these discussions.

**Key words** embedded system, buddy system, memory management (Page: 46)

## Mechanism of Backup and Recovery for Oracle Database Based on RMAN by Ma Hebang

**Abstract** It is important to understand the mechanism