

文章编号 1004 924X(2002)06 0547 05

基于双 DSP 的遥感图像实时并行处理系统

郭 强, 陈桂林

(中国科学院上海技术物理研究所, 上海 200083)

摘要: 在简要介绍遥感图像实时处理系统发展历程的基础上, 详细分析几种基本的并行处理策略、并行处理技术及其相关的并行处理硬件平台, 并针对具体应用背景提出了基于双 DSP 的遥感图像实时并行处理系统方案, 同时, 给出了利用上述并行处理系统实时处理展宽卫星云图的最终结果。该项并行处理方案的提出为将来星载大数据量实时处理技术的实现做了有益的尝试。

关键词: DSP; 遥感图像; 并行处理

中图分类号: TP752.1 文献标识码: A

1 引言

随着遥感研究的不断深入, 遥感信息的定量分析和应用逐步成为该领域的一个重要的研究方向。这其中, 对遥感图像的应用也从最初的成像、地物辨识发展到对探测目标特征的精确获取以及对传感器(主要指星载光学传感器)工作性能的在轨评价, 所有这些都对传统的遥感图像处理方法提出了新的挑战。

就遥感图像实时处理技术而言, 在 90 年代以前主要依赖于专用图像处理机, 典型的系统是由加拿大 MDA 公司开发的基于 VAX/VMS 的 GICS 遥感图像预处理系统, 它由数据输入、格式同步转换、主计算机、数字化仪、图像显示终端、数据输出等硬件设备及相关处理软件组成。

90 年代中前期, 由于图形图像工作站和个人计算机性能的迅速提高和价格的大幅下调, 其在该领域的主导地位逐步确立, 其中, 比较著名的系统有美国 ERDAS 公司的 ERADS 系统, RSI 公司的 IDL/ENVI 系统, 澳大利亚 ERMapper 公司的 ERMapper+ ERRadar 系统, 加拿大 PCI 公司的 PCI 系统等。我国风云二号气象卫星地面接收站(CDAS)的云图处理系统是由两台 SUN 4/490 前位机、两台 FUJITSU M770_10 主处理机以及一台 SUN 图形工作站构成。

进入 90 年代末期, 随着数字信号处理器(DSP)技术的日趋成熟, 基于多级流水线、多片 DSP 的并行处理技术及其相关解决方案以其高性能、低成本、小型化等突出的优点倍受人们的关注。

本文介绍一种基于双 DSP 的遥感图像实时并行处理系统的设计方案, 该方案已成功应用于航天传感器实时在轨评价系统。

2 TMS320 系列 DSP 概述

数字信号处理器芯片从 80 年代开始为人们所使用, 它引发了工业设计的革命。目前, 主要的 DSP 厂商包括 TI、AT&T、Motorola、ADI 等, 其中 TI 的 DSP 产品已占到全球市场份额的近一半。这里, 我们选择了 TI 的 TMS320VC5409 和 TMS320C6211 DSP 来实现系统所需的并行处理要求。下面, 简单介绍一下 TMS320 系列 DSP。

TMS320 系列 DSP 芯片的基本结构包括: (1) 哈佛结构; (2) 流水线操作; (3) 专用硬件乘法器; (4) 特殊的 DSP 指令; (5) 快速的指令周期。

哈佛结构是不同于传统的冯·诺曼(Von Neumann)结构的并行体系结构, 其主要特点是将程序和数据存储在不同的存储空间中, 相应的程序存储器、数据存储器独立编址、独立访问, 从而使得数据吞吐率提高了一倍。

收稿日期: 2002-07-24; 修订日期: 2002-09-10

基金项目: 风云二号气象卫星工程(No. 070705)

与哈佛结构相关, DSP 芯片广泛采用流水线以减少指令执行时间, 提高处理能力。TMS320 系列处理器的流水线深度从 2~ 6 级不等, 即相应的处理器可以并行处理 2~ 6 条指令, 各条指令处于流水线上的不同阶段。图 1 给出了一个三级流水线操作的例子。

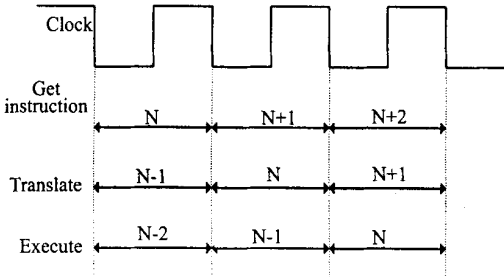


图 1 三级流水线操作

Fig. 1 Three_level pipeline operation.

从图 1 中可以看出, 在第 N 条指令取指时, 第 N- 1 条指令正在译码, 而第 N- 2 条指令正在执行, 相邻的三条指令被同时激活, 实现了并行处理。

此外, TMS320 系列 DSP 均采用了专用的硬件乘法器和特殊的 DSP 指令, 再加上集成电路的优化设计, 使得该系列 DSP 的处理能力最高达到

8800M IPS。

就具体产品而言, TMS320 系列 DSP 涵盖了工业生产和应用的各个领域。其中包括主要用于工业控制的 C2x、数据通讯的 C54x 和 C55x、图像处理 C62x 和 C67x 以及高端的 C64x 和 C8x 等, 这些产品构成了完整的 TI DSP 解决方案。

3 并行处理方案选择^[1,2]

对于一个实时并行处理系统而言, 合理地选择并行处理方案将极大地提高系统的工作性能。下面将在分析常见并行处理方案及系统工作特性的基础上提出适合于本系统的并行处理方案。

3.1 常见并行处理方案

并行处理是让多个处理单元(PE)同时工作, 从而达到高速处理的目的。从不同的观点出发, 可对并行处理系统进行不同的分类。常见的分类方式有: 按处理单元的工作方式、按处理单元的控制方式以及按处理单元的通信方式来进行分类。

按处理单元的工作方式来分, 可分为单指令多数据(SIMD)型、流水线(Pipeline)型和多指令多数据(MIMD)型。图 2 给出了上述三种并行处理系统的构成框图。

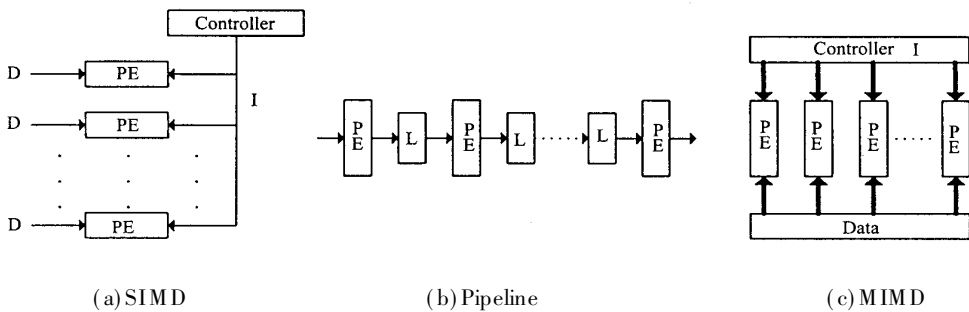


图 2 不同工作方式的并行处理系统框图

Fig. 2 Schematic diagram of the parallel processing system with different operation modes.

需要说明的是, 图 2 流水线工作方式中“L”表示数据锁存。

按处理单元控制方式来分, 可分为同步控制方式的并行处理系统和非同步控制方式的并行处理系统, 其中, 后者又可以细分为令牌驱动控制方式、数据驱动控制方式以及需求驱动控制方式等

并行处理系统。

按处理单元的通信方式来分, 可分为共享数据通信方式的并行处理系统和消息传递方式的并行处理系统。前者是通过在各并行处理单元间使用共享存储器来实现, 在具体应用中, 尤其是在大量数据传送时, 发送方只需将共享存储器中存放

数据的地址通知接收方即可, 但该方式不适用于分布存储器型的并行处理系统; 后者主要适用于计算机网及分布存储器型的并行处理系统, 且必须借助预先规定好的通信协议。

3.2 系统的基本工作流程

系统的并行处理方案依赖于系统的工作流程以及相应的数据流向。因此, 这里有必要介绍一下该遥感图像处理系统的基本工作过程, 如图 3 所示。

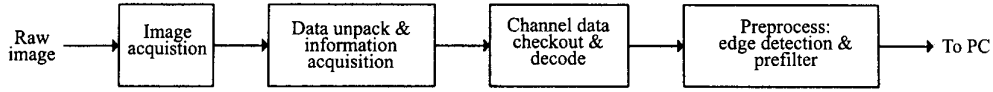


图 3 系统工作流程图

Fig. 3 System operation flow diagram.

显然, 系统工作流程各模块间有必然的因果联系, 数据流向本身并不具备并行特性。因此, 要实现并行处理必须采用流水线处理方式。

3.3 系统并行方案的确定

结合上述分析, 系统的并行处理方案确定如下:

(3) 处理单元间的通信方式——共享数据通信方式。

图 4 给出了系统并行处理方案框图, 不难看出, 两片 DSP(DSP1 和 DSP2) 采用了流水线处理方式, 分别完成各自的处理功能, 在基于全局时钟(图像帧同步信号)的时序及控制模块控制下实现了并行处理。另一方面, 在各处理单元间采用共享数据区来实现数据和信息的交换。

- (1) 并行处理方式——流水线方式;
- (2) 并行处理控制方式——同步(严格时序)控制方式;

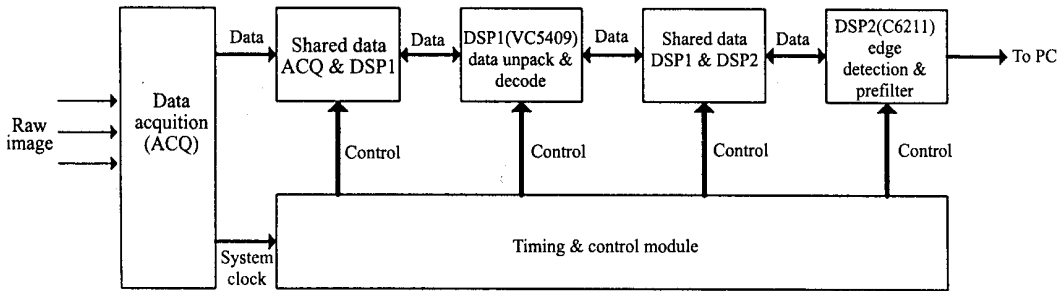


图 4 并行处理方案框图

Fig. 4 Schematic diagram of pipeline operation.

4 基于双 DSP 的遥感图像实时并行处理系统实现

对于本系统来说, 两片主处理 DSP 分别采用 TI 公司的 VC5409 和 C6211, 共享数据区采用了 IDT 公司的双端口存储器(DPRAM) IDT70V27 (32K × 16bit), 时序和控制模块则采用了 ALTER 公司的 EPM7032 和 EPM7512。同时, 为了提高系统的处理性能和传送速率, C6211 外挂了两片高速的(7ns) 32 位 SDRAM HY57V161610D, 且

在与 PCI 总线接口时使用了专用的 PCI 总线控制器 PLX9052。系统硬件原理框图如图 5 所示。

在具体实现共享数据区时除了可以使用 DPRAM 外, 还可以采用如下两种方案:

- (1) 使用同步或异步的 FIFO;
- (2) 使用两片乒乓工作的单端口存储器。

需要指出的是, 当并行处理各单元间的共享数据区仅仅起到对数据信息的缓存和转发功能时, 采用方案(1)是合适的。与使用 DPRAM 相比, 方案(2)需要额外的总线隔离和切换, 增加了时序控制

模块设计的复杂度。当然,在共享数据区设计时最主要的问题是确保对数据区操作的非冲突性

(non_confliction),即各并行处理单元不能对同一物理地址的数据空间进行操作。

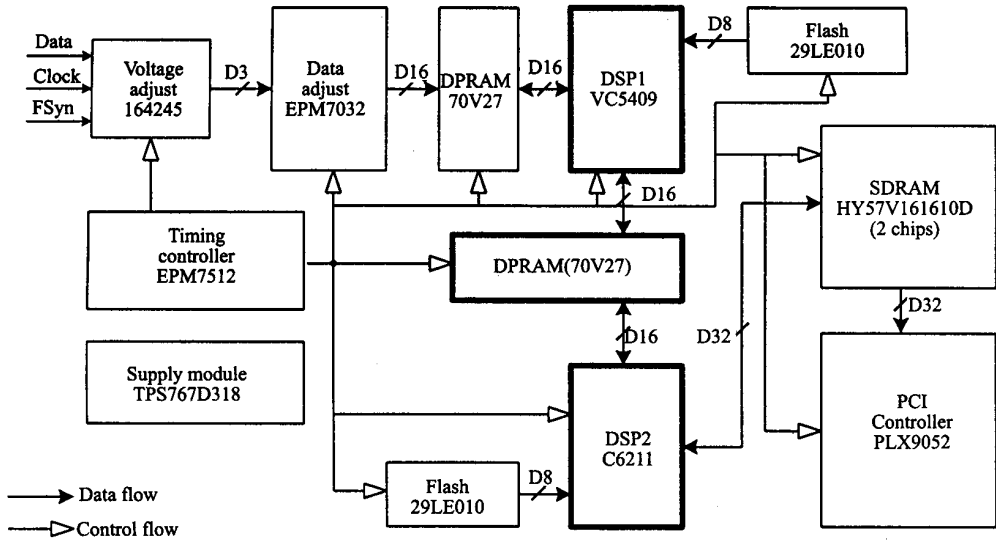
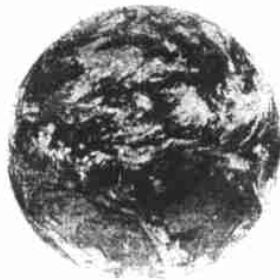


图 5 系统硬件构成原理框图

Fig. 5 Schematic diagram of system hardware.



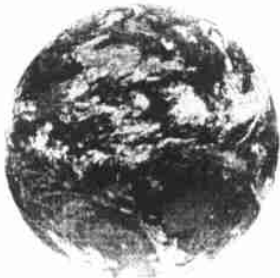
A 未处理的红外云图
Raw IR image
PSNR=24.97dB



B 未处理的水汽云图
Raw WV image
PSNR=23.40dB



C 未处理的可见光云图
Raw VI image
PSNR=28.11dB



D 实时处理的红外云图
Real-time processed IR image
PSNR=38.05dB



E 实时处理的水汽云图
Real-time processed WV image
PSNR=40.08dB



F 实时处理的可见光云图
Real-time processed VI image
PSNR=38.97dB

图 6 三通道数据实时处理对比图

Fig. 6 Contrastive diagram of the real-time processed images of three data channels.

图6给出了用上述基于双DSP的遥感图像实时并行处理系统对2001年8月24日9:00接收的风云二号某星展宽云图实时处理结果^[3](共有六个通道,包括红外通道、水汽通道和四个可见光通道,每个通道图像大小均为 2500×2294 ,对于可见光通道图中只给出了可见4通道的处理结果)。

在系统具体实现过程中,除了使用上述并行处理系统外,主控平台采用Pentium 4/1.3G微机,操作系统采用Windows98,在卫星每600ms扫描一行的情况下,整个地面云图采集和并行处理系统完成了对原始图像码流(六通道数据)的实时采集、解码、边缘预测、跟踪以及图像预滤波等功能。经测试,在图像数据下传过程中,采用了相关快速算法^[4]后,实现上述功能约需10ms,达到

系统实时处理要求,并为后端PC机的有关像质分析工作提供了必要的物质基础^[5,6]。

5 结 论

并行处理技术是伴随着微电子技术及其相关计算机体系结构理论的发展而不断地提高,其应用对象也从最初的巨型机、大型机发展到目前的中小型机以及专用处理器。本文所介绍的基于双DSP的遥感图像实时并行处理系统是并行处理技术的一个典型应用实例,同时,它与传统并行处理系统的差别在于其完全脱离了并行操作系统的支持,完全由硬件来控制系统有序的并行工作,从而为将来星载大数据量实时处理技术的实现做了有益的尝试。

参考文献:

- [1] Cheriton D R, Goosen H A, Boyle P D. A Highly Scalable Shared_Memory Multicomputer Architecture[J]. *IEEE Computer*, 1991, 24(2): 33_46.
- [2] 屈玉贵,梁晓雯.并行处理系统结构[M].合肥:中国科学技术大学出版社,1999.
- [3] 郭强,陈桂林,童卫旗.准中断技术在实时图像采集及处理系统中的应用[J].*微计算机应用*,2001,22(3):152_155.
- [4] 郭强,陈桂林.强噪声背景下在遥感云图中提取地球圆盘的快速算法[J].*红外与毫米波学报*,已录用.
- [5] 何斌,郝志航.遥感数字图像分类编码软件仿真[J].*光学精密工程*,2000,8(6):545_548.
- [6] 郭强,陈桂林,童卫旗.基于变换域Hough变换的遥感图像相干干扰分析[J].*光学精密工程*,2001,9(2):121_126.

Real-time parallel processing system for remote sensing images based on two DSPs

GUO Qiang, CHEN Gui_lin

(Shanghai Institute of Technical Physics, Shanghai 200083, China)

Abstract: Based on the introduction to the development of real-time processing system for remote_sensing images quickly, this paper analyzes some basic tactics, technology and relative hardware platform of parallel processing. It presents a real-time parallel processing scheme for remote_sensing images based on two DSPs concern with the applied background. At the same time, it also gives a processed output of WEN by the above system. It is concluded that this parallel processing scheme will benefit a huge number of real-time data processing technology in_orbit in the future.

Key words: digital signal processor; remote sensing images; parallel processing

作者简介:郭强(1975-),男,江苏省南通人,毕业于厦门大学电子工程系通信工程专业,2000年获中科院上海技术物理研究所信号与信息处理专业硕士学位,现为中科院上海技术物理研究所电子科学与技术一级学科博士研究生,主要研究方向为图像实时处理,像质分析及模式识别等;E_mail: Qiang-g@hotmail.com

陈桂林(1941-),男,福建省南安人,毕业于西安交通大学计算机系,中国科学院院士,中科院上海技术物理研究所研究员,博士生导师,风云二号气象卫星副总设计师,主要从事空间红外遥感技术方面的研究。