基于 RF5 的 DSP 软件设计的研究

朱建彬，胡　博，杨　荣，朱　勇

（武汉科技学院计算机科学学院，湖北 武汉 430073）

摘　要：DSP 作为 eXpressDSP 软件关键组件的算法参考架构 RF 和 TMS320 数字信号处理器算法标准(XDAIS)定义了一系列编程准则和建议，标准化了算法和系统软件的接口，使得算法使用者的系统集成任务大为减轻，产品开发周期相应大为缩短。本文介绍了适用于大型系统的参考框架 RF5，并结合网络摄像机实例，分析了 RF5 在复杂程序中的应用及开发。研究证明，RF5 作为一种通用初始化代码只需做很少的改动就可用于各种多通道复杂算法的应用程序。

关键词：XDAIS；eXpressDSP；RF5；网络摄像机实例

中图分类号：TP715　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1009－5160(2009)－0016－04

1　引言

随着 DSP 芯片类型的增多和技术的不断提高，DSP 向着多功能化、高性能化低功耗化方向发展，DSP 硬件技术的更新速度也不断加快，然而相关软件技术的开发却远远落后于硬件的开发，基于 DSP 应用的大型系统往往因其复杂而繁琐的软件设计困扰着设计人员。1999 年，美国德州仪器 TI 开发了一系列的软件，使得使用 TI TMS320 系列 DSP 的软件开发过程效率显著提高，这些软件就包括集成开发环境 Code Composer Studio(CCS) 和 eXpressDSP 软件技术。而后者又包括高度优化的实时软件内核 DSP/BIOS，使得软件可以方便集成和重复利用的 TMS320 DSP Algorithm Standard（XDAIS）和一个 eXpressDSP 软件兼容的第三方算法和软件提供了解决方案。Reference Framework（RF）就是使用了 DSP/BIOS 和 XDAIS，并可以方便地集成第三方算法的 eXpressDSP 软件框架。RF5 是一种 eXpressDSP 技术下的软件框架，它将 DSP 目标应用程序 XDAIS 算法和底层结构结合在一起，形成一个空间，该空间就定义为参考框架。图 1 是参考框架的总体结构，最底层是 DSP 硬件，其上是基于标准驱动模块的设备驱动控制器和适配器，用于完成多线程 I/O 请求的序列化功能和同步功能，上一层是芯片支持库(CSL)和 DSP/BIOS 实时操作系统，最顶层是应用程序，在应用程序和 DSP/BIOS 之间就是参考框架的各个组件。

图 1　参考框架的结构

到目前为止，TI 公司共提供了 RF1、RF3 和 RF5 三种框架标准，其中 RF5 支持 1~100 个通道和大量符合 eXpressDSP 标准的算法，可用于基于多通道下复杂算法的应用程序中。RF5 的特性如下：提供了一个可剪裁的通道管理器，基于任务(线程)的应用程序，高效的任务间通信机制，安全的线程控制机制，易于 I/O 驱动替换和易于调试。

2　RF5

RF5 是一种大规模集成的参考框架，其专为多通道多算法的应用程序而设计，它是基于 DSP/BIOS 实时操作系统的 TSK 模块的应用，因此适用于大型 DSP 应用系统。RF5 包括：①XDAIS 算法示例；②可升级的通道管理，通道中 XDAIS 算法的数目可增减；

作者简介：朱建彬，(1979-)，男，硕士；研究方向：图像过程处理.
基金项目：湖北省自然科学基金（2008CDB332）.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

③使用临时内存，可有效地共享 XDAIS 临时资源；④保护线程的结构化控制，微处理器发信息给控制线程，控制线程将收到的信息发给 DSP 任务线程。RF5 主要有数据处理和数据通信两个功能。

2.1　RF5中的数据处理

RF5 中的数据处理包括任务(task)、通道(channel)、单元(cell)和 XDAIS 算法四个层面。图 2 所示的 RF5 处理元素示意图说明了任务、通道、单元和 XDAIS 算法的关系。

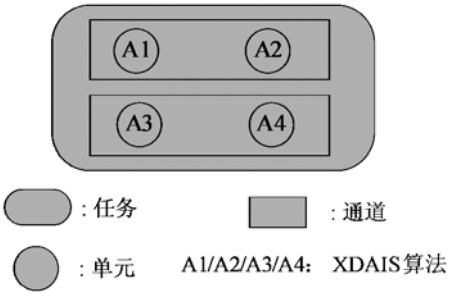

图.2　RF5 中的处理元素

(1) 任务(Task)

每一个任务都是由若干个通道组成的，用以完成特定的操作。任务中包含一个或多个通道，任务将依次执行这些通道，并与设备驱动及其他任务进行数据通信。任序运行到该处时，任务将检查自己的消息接收队列中是否有 SCOM 消息，有则读取，没有则等待。一般的 RF5 框架下的 Task 文件的核心部分伪代码如下：

```
While(1)
{ SCOM_getMsg(fromSrctoDst,SYS_FOREVER);
  for(i=0;i<NumChannels;i++)
    {  ICC_setBuf(chanHandle);
       CHAN_execute(chanHandle);
    }
   SCOM_putMsg(fromSrctoDst,&(buffer));
}
```

可见，在 RF5 框架下，每个 Task 的都是一个无穷循环，在 DSP/BIOS 的调度下交替运行。

(2)通道(Channel)

通道是单元的集合，单元在通道中顺序执行。RF5 提供了一种通道结构是为了更方便地封装算法。我们可以把通道理解为并行里的串行，因为线程的执行就由通道的串行执行来完成的。一个通道包含了一组单元，通道的主要任务就是依次顺序地执行所包含的单元。其主要执行流程为:首先需要初始化通道模块，然后建立通道对象注册该通道所包含的单元对象，接着依次执行每个单元，执行完了后就销毁对象，最后退出。要注意的是，每个通道可以包含多个单元，每一个单元都要进行初始化后再调用 CHAN_regCell 进行注册。

(3)单元(Cell)

单元实际上就是 ICELL 接口对象。基于 RF5 的应用常常包含大量的算法和通道。为了便于算法集中到应用中，RF5 提出了单元的概念。一个单元就是包含一种 XDAIS 算法的容器。一个 RF5 通道对象可以包含多个单元，也即是包含多个算法，通道通过核来调用算法。实际上，真正的数据处理是在 XDAIS 算法， 单元只是提供了一个调用算法的接口，这大大简化了工作量，便于移植。RF5 提供了一个核对象接口，称为 ICELL。该接口包含一个重要的结构：ICELL_Fxns，该结构包含一组函数指针，通道通过调用这些函数来调用算法。其中包含一个关键的函数 cellExecute，这个函数的功能是调用 XDAIS 算法来执行。上面的通道执行函数 CHAN_execute 就包含了对每一个 cellExecute 的调用。

(4)XDAIS

XDAIS 算法是按照 eXpressDSP 算法标准开发的适用于 TI 的 DSP 器件的算法，由 TI 公司的第三方提供，可以重复利用，这种按标准开发的 DSP 算法无需或只需很少的修改就可以集成在新的 DSP 系统中，eXpressDSP 算法标准保证了用户的当前程序同其它程序的无缝连接，同时也保证了程序的延续性。

2.2　RF5中的数据通信

RF5 中的数据通信分为任务级的数据通信和单元级的数据通信。

(1)任务级的数据通信

RF5采用SIO对象和SCOM消息支持任务间的数据传送。SIO对象是设备驱动和任务之间的接口，如图3所示，这些对象都是标准的DSP/BIOS对象，采用乒乓式的双缓冲区结构。任务将为数据分配两个缓冲区，将其中空的缓冲区提供给输入设备驱动的同时，从设备驱动取走装载数据后的缓冲区。

同步通信SCOM(synchronization communication)消息，是由用户定义的结构化对象，可在任务之间互相传递，任务之间可通过SCOM消息实现任务的同步和互斥访问。程序运行期间，每一个任务将分配一些缓冲区供其它任务读取或者写入数据，而SCOM消息的功能就是指明这些缓冲区的位置，即消息中包含缓冲区的地址，一旦其他的任务获取到该SCOM消息就可自由地访问这些缓冲区。每个

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

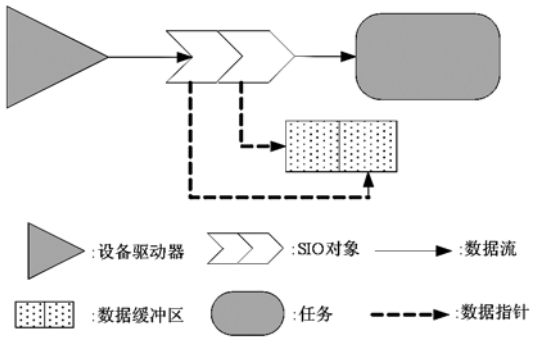

图 3 任务和设备驱动间通过 SIO 对象的通信

任务都有自己的消息接收队列，队列中存放着各任务发送来的SCOM消息，当程序运行到该处时，任务将检查自己的消息接收队列中是否有SCOM消息，有则读取，没有则等待。

(2)单元级的数据通信

单元级的数据通信是由 ICC(inter-cell communication)对象实现的。ICC 对象的功能是描述单元读取数据或者写入数据的缓冲区，每一个单元都有一个 ICC 对象的输入列表和一个输出列表，列表中可有一个或多个输入输出 ICC 对象。ICC 对象所指向的缓冲区可由用户来定义。如果某个单元有一个 ICC 对象在其输出列表中，则单元可以通过这个 ICC 对象来写缓冲区。如果 ICC 对象在单元的输入列表中，则单元可以通过这个 ICC 对象来读缓冲区。对于同一任务内不同通道之间的单元也可以这样通信。最简单的 ICC 对象只包括了缓冲区的位置和大小，又叫线性 ICC 缓冲区。使用 ICC 对象可以使通道内的数据通信更加灵活，以图 4 为例，通道中有 X、Y 和 Z 三个单元，X 有一个输入两个输出，Y 有一个输入一个输出，Z 有两个输入一个输出，但程序只使用了 5 个 ICC 对象就实现了各个单元之间的数据通信。

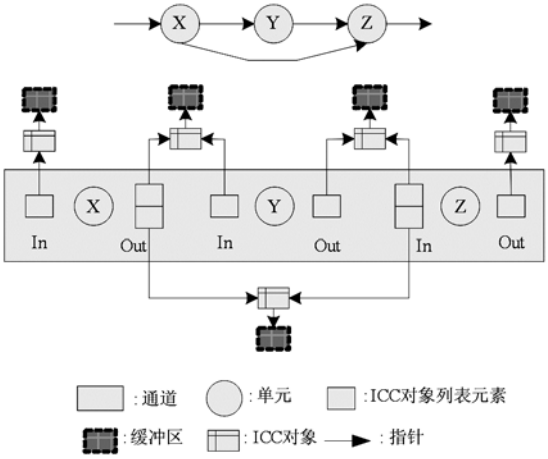

图 4 ICC 对象使用实例

3 网络摄像机实例

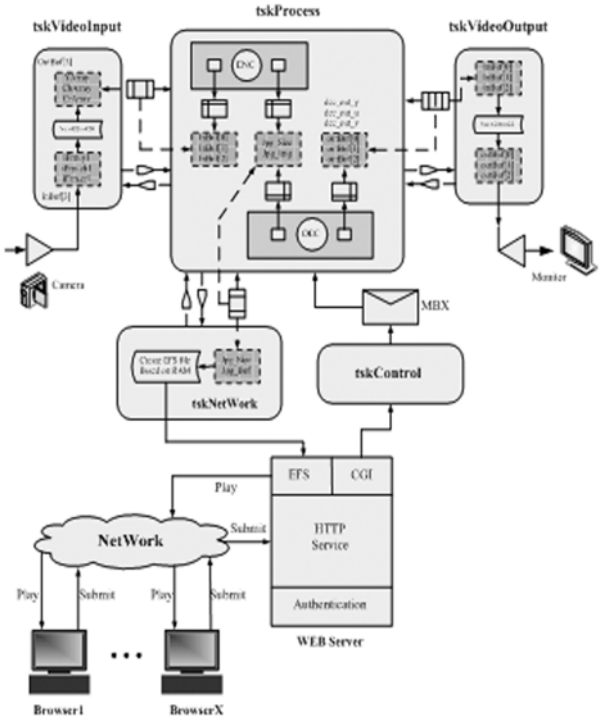

图 5 网络摄像机软件框架图

实验程序使用 RF5 框架来整合网络摄像机实例。图 5 为整个系统的框架图，主要包括 tskVideoInput，tskProcess，tskVideoOutput，tskNetWork 和 tskControl 五个任务，各个任务在 main()里面完成各种初始化后就在 DSP/BIOS 的任务调度器下交替运行。系统采集图像并处理后，分两路输出，一路为液晶显示器；一路为通过网络发送给远程的浏览器并解码后显示。

tskVideoInput 通过FVID对象从输入设备驱动程序获得视频图像，并进行格式转换后，并发送 SCOM 消息给处理任务,消息中包含图像数据的存储地址,然后等待处理任务发送来的消息以继续接收数据。 tskProcess 包含两个通道，里面分别含有一个编码单元和一个解码单元。处理任务首先检查接收 SCOM 队列中是否有输入任务发送来的 SCOM 消息，如果有，处理任务将读取消息所指向的缓冲区中的内容，并通过执行 RF5 通道来实现视频的编码和解码。首先执行编码单元 ENC 产生编码码流，并将码流放入单元 ENC 的输出 ICC 对象指向的缓冲区中,单元 DEC 从中取出编码码流进行解码生成图像，将图像数据放入缓冲区中以供 tskVideoOutput 读取并进行格式转换后显示。同时，ENC 单元编码后的码流也供 tskNetWork 读取并进行处理。至此，处理任务完成了一帧图像的编解码处理，需要发送

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

SCOM 消息给 tskVideoOutput 和 tskNetWork，并等待它们发回新消息以继续下一帧图像的处理。

tskVideoOutput 收到 tskProcess 发给来的 SCOM 消息后，从缓冲区中读取图像数据到自己的缓冲区，接着进行图像格式转换后在液晶上显示，并给 tskProcess 发送消息，通知其可以进行下一帧图像的处理，并等待 tskProcess 发来消息以继续运行。

4　总结

由上述介绍可以看到，RF5 是一个扩展性很强的软件参考框架，其设计目的是让开发人员避开复杂的底层设计，创建基于多通道下复杂算法的应用程序。完全由 C 代码编写的特性使得框架易于移植和修改，开发者可以将一个或多个框架作为自己的应用程序的基础。可升级的通道管理特性使得程序可包含大量算法的同时使用尽可能少的任务线程，算法之间能高效地共享临时数据内存，而且通过 ICELL 接口可以方便地更换各种算法。SCOM 模块可以帮助完成高效的任务间通信，便于多任务多线程应用程序的开发，这些特性必将使得该软件框架得到更广泛的应用。

参考文献:

[1] Texas Instruments Incorporated. Reference Frameworks for eXpressDSP Software: RF5, An Extentive, High-Density System [EB/OL].[2003-04]. http://www.ti.com

[2] Texas Instruments Incorporated. Reference Frameworks for eXpressDSP Software: API Reference[EB/OL]. [2003-04]. http: //www.t.i com.

[3] P.J.Burt，R.J.Kolczynski. Enhanced image capture though fusion[A]. Fourth International Conference on Computer Vision[C].IEEE Computer Society，1993 :173~182.

[4] V.Melnik，I.Shmulevich，K.Egiazarian，J.Astola. Iterative block-median pyramid transform based denoising[A]. Proc of SPIE.[C]，international symposium optical science，Engineering，and Instrumentation，Denver，Colorado，USA，1999.

[5] 李光鑫，王 珂，张立保．加权多分辨率图像融合的快速算法[J]中国图象图形学报，2005,10(12) , 1529~1536

[6] 刘卫光，周利华．一种塔形分解的红外与可见光图像融合方法[J] 红外技术, 2004, 26(4), 31~35

[7] 剑秋等．多光谱图像的真实感图像融合[J]. 中国图像图形学报，2002，7A(9):926~931.

[8] Varshney P K. Multisensor data fusion [J] . Electronics &Communication Engineering Journal ,1997 ,9 (6) :245~253.

[9] Kurugollu F, Sankur B，Harmanci A E. Color image segmentation using histogram mult reholding and fusion[J]. Journal of Image and Vision Computing，2001，19(13)：915—928.

[10] Cheng H D， Sun Y. A hierarchical approach to color image segmentation using homogeneity[J]. IEEE Transactions on Image Processing，2000，9(12)：2071—2082.

[11] Graud T，Strnb P Y，Darbon J. Color image segmentation based on automatic morphological clustering[A]. In：Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing[C]，Thessaloniki，Greece，2001：70—73.

[12] Park S H ，Yun I D，Lee S U. Color image segmentation based on 3-D clustering：morphological approach[J]. Pattern Recognition，1998，31(8)：1061—1076.

Research on DSP Software Design Based on RF5

ZHU Jian-bin，HU Bo，YAN Rong，ZHU Yong

（College of computer science, Wuhan University of Science and Engineering　Wuhan　430073 , China ）

Abstract：DSP, as the eXpressDSP software key module, the TMS320DSP algorithm reference frameworks (RF) standardize the interface of algorithm and system software, thus the system integration assignment of users are decreased dramatically, and the researching and developing period of products is shortened. Reference framework 5 intended for large-scale system is mainly introduced. With the network camera as example, the application and development of RF5 in complicated programs are analyzed. The research indicates that as a general initialization code, RF5 can be used in all DSP applications of multi-channels and complicated algorithms only with minor modifications.

Keywords:　XDAIS; eXpressDSP ; RF5; Network Camera

Biography :ZHU Jan-bin(1979-) ,Male;Research Fields: Image Processing.

Supported by Natural Science Foundation of Hubei Province (2008CDB332).

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net