

基于构件复用的嵌入式机载卫星通信系统快速构建^①

曾 勇

(中国西南电子技术研究所, 成都 610036)

摘 要: 讨论了现有嵌入式机载卫星通信系统构建过程中存在的架构通用性比较差、复用度过低、开发周期长等不足之处; 将传统软件工程构件技术与领域工程特点相结合, 提出了一种建立在 VxWorks 操作系统构件架构基础上的构件复用解决方案. 通过几型嵌入式机载卫星通信系统的快速构建表明该方案实现了对资源的重用, 有效的降低了开发成本, 缩短了产品面市时间, 提高了产品的质量.

关键词: 机载卫星通信系统; 嵌入式; 构件复用; 领域工程

Rapid Construction of Embedded Airborne Satellite Communication System Based on Component Reuse

ZENG Yong

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: In this paper, we discuss the shortcomings of the existing embedded airborne communication system, such as poor architecture, low reuse, long development cycle and so on. We combine the traditional software engineering component technology with the domain engineering features, and propose a component reuse solution based on VxWorks. Fast constructions of several types of embedded airborne satellite communication system show that the solution realizes the reuse of resources, effectively reduces the development cost and shortens the product time to market, improving the quality of products.

Key words: airborne satellite communication system; embedded; component reuse; domain engineering

随着战场广播、高清图像和视频传输、无人机等空基侦监打平台等新应用的出现, 在网络中心站需求的推动下, 战场信息化程度越来越高, 从而对卫星通信的需求也日益增长.

机载卫星通信系统通常需要根据空基平台的需求进行定制, 研制过程中往往存在以下问题:

- (1) 架构通用性比较差;
- (2) 复用度过低.
- (3) 开发效率低、周期长;

如何构建开放、灵活的机载卫星通信系统, 实现对资源的重用, 是嵌入式机载通信系统开发首要考虑的问题, 也是系统开发中最为复杂, 工作量最大的部分.

近年来, 构件技术以及基于构件的系统开发技术逐步成为影响整个嵌入式产业的关键技术. 支持构件

开发和管理以及开发规范、基础工具的产品正逐步完善, 构件技术得到了极为迅猛的发展.

目前构件技术的发展具有以下几个特点:

- (1) 可视化和一体化的构件集成开发环境;
- (2) 构件的实现技术;
- (3) 领域构件的获取与开发.

VxWorks 操作系统作为嵌入式开发环境的关键组成, 具有良好的可靠性和实时性, 广泛地应用在军事等领域.

VxWorks 操作系统的裁剪和配置以构件作为基本单元, 并且提供了友好的构件开发集成工具. 这些构件功能独立, 结构简单; 用户可根据不同的需求来选取构件, 组合出安全、可靠的系统架构.

领域构件的获取与开发、构件的实现技术以及利

^① 收稿时间:2016-02-29;收到修改稿时间:2016-04-24 [doi: 10.15888/j.cnki.csa.005476]

用 VxWorks 操作系统的构件架构进行嵌入式机载卫星通信系统快速构建是本文研究的重点。

1 可视化和一体化的构件集成开发环境

CDF(Common Data Format)通用数据处理格式文件,是一种用于存储数据和访问多维数据集的文件格式。CDF 文件不仅存有需要操作的数据,而且还包含了数据的用户描述信息。

VxWorks 集成开发环境 Tornado/Workbench 均使用 CDF 文件来构建 VxWorks 操作系统构件配置树^[1],通过可视化的构件配置工具供用户查看和修改。同时,构件配置工具把收集到的用户配置信息体现在工程的相关文件中,从而实现构件的自动配置和裁减。

VxWorks 构件配置树主要由以下几个部分组成:

(1) 文件夹

CDF 文件所声明的文件夹描述结构就是在配置工具下的枝节点,包含了构件的节点都归为此类。

(2) 选集

选集类似于文件夹,具有相同的接口形式,选集为相同的服务提供了多种选择,选集中的成员可以是单选也可以是多选。

(3) 构件

构件是一个功能部件具体实现部分的描述信息,它定义了与构件相关的源代码或者目标代码、集成信息以及与构件相关参数。

(4) 参数

参数是用户配置构件的方式之一,对于构件通常都已一个或者多个参数来控制其行为。

2 面向快速集成的构件技术

2.1 构件的定义

构件是能够提供相对独立服务的计算单元,具有规范的接口和显式的环境依赖,能够被第三方组合。构件由接口、实现体和依赖关系三部分组成,接口是构件同外界唯一的交互途径,是构件暴露给用户的可见部分;实现体部分实现了构件向外界提供的服务,对用户不可见;依赖关系则描述了该构件所要依赖的其他构件。

VxWorks 给出了一个能够进行快速生成、发布的构件定义^[2]:

Component={NAME,SYNOPSIS,CONFIGLETTE S,INIT_RTN,CFG_PARAMS,REQUIRES,EXCLUDES,INCLUDE_WHEN,_CHILDREN,_INIT_ORDER...}.

(1) NAME 构件名称;

(2) SYNOPSIS 构件注解,功能、接口信息的描述;

(3) CONFIGLETTES 构件对应的源程序;

(4) INIT_RTN 构件初始化函数;

(5) CFG_PARAMS 构件的配置参数表;

(6) REQUIRES, EXCLUDES,INCLUDE_WHEN 构件间的依赖关系描述;

(7) _CHILDREN 作为构件配置树中某个文件夹的构件;

(8) _INIT_ORDER 构件初始化函数在初始化群组中的顺序。

2.2 构件的生成与发布

按照 VxWorks 中构件的定义方式使用 CDF 文件来描述构件的各种属性,CDF 可定义不止一个构件,也可以同时发布任何数量的 CDFs。构件的生成和发布流程如下:

(1) 构件对应源程序的归集;

(2) 构件功能测试;

(3) CDF 文件编写:

① 源文件描述;

② 指定初始化函数;

③ 构件参数配置表描述;

④ 构件依赖关系指定;

⑤ 接口函数描述;

⑥ 构件配置树挂接关系描述;

(4) 将 CDF 文件安装到构件配置树的读取目录中;

(5) 启动 VxWorks 集成开发环境进行构件的配置

和使用;

图 1 对 VxWorks 集成开发环境 Tornado 下高速 1394B 总线构件生成、发布及使用配置过程进行了描述:

3 领域构件的获取与实现

3.1 领域构件的获取

领域是一组具有相似或者相近需求的应用系统所覆盖的功能领域,领域工程是一组相似或者相近的应用工程建立基本能力和必备基础的过程^[3]。

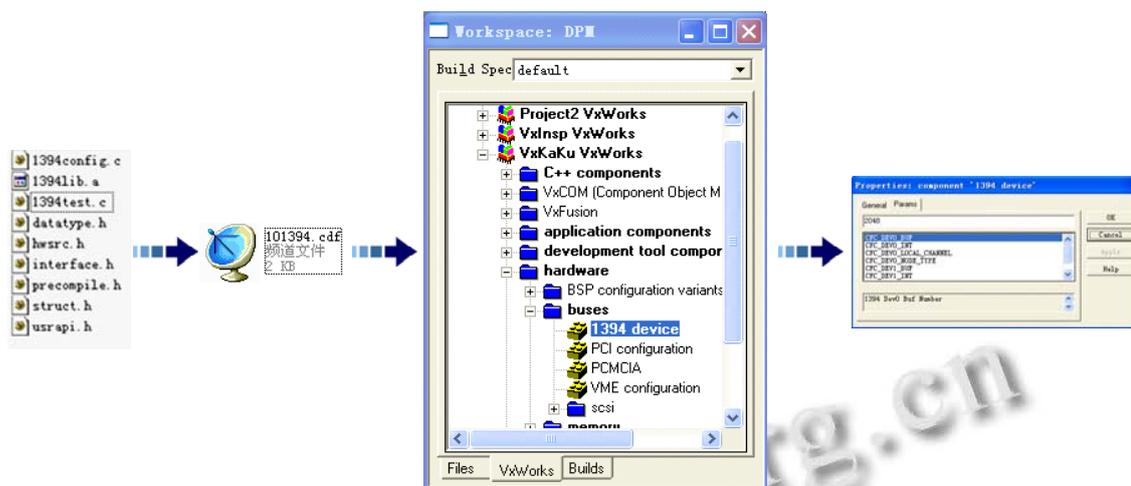


图1 高速 1394B 总线构件生成、发布及使用配置过程图

存在大量可重用的构件是有效地使用重用技术的前提。可重用信息与领域存在以下特点:

(1) 可重用信息具有领域特定性;

即可重用性不是信息的一种孤立的属性,它依赖于特定的问题和特定的解决方法。

(2) 领域具有内聚性和稳定性;

关于领域的解决方式是充分内聚和充分稳定的。一个领域的规约和实现知识的内聚性,使得可以通过一组有限的相对较少的可重用信息来解决大量的问题,领域的稳定性使得获取的信息能在较长的时间内多次重用。

在几型空基平台嵌入式机载卫星通信系统的研发工程中,我们采用了面向领域的策略,运用领域工程进行领域分析、领域设计和领域实现等多个活动,对所属领域中的可重用信息进行了识别、获取和表示。

3.2 领域构件的实现

在嵌入式机载卫星通信领域中,我们将识别出的领域构件按照 VxWorks 操作系统构件定义进行了生成与发布,并按照功能的不同,将其划分为系统资源构件、链路通信构件和链路业务构件等;

(1) 系统资源构件:

- ① 低速串行总线构件;
- ② 1553B 总线构件;
- ③ 高速 1394B 总线;
- ④ 高速 FC 总线构件;
- ⑤ 高速 DMA 传输构件;
- ⑥ XML 能力构件;

其中与嵌入式系统底层设备相关的资源构件均按照 VxWorks 操作系统标准 I/O 设备操作规范进行编写,实现了设备的操作接口的规范化^[4]。

(2) 链路通信构件:

- ① S 波段链路构件;
- ② Ka 波段链路构件;
- ③ Ku 波段链路构件;
- ④ X 波段链路构件;

(3) 链路业务构件:

- ① 前向数据处理构件;
- ② 反向数据处理构件;
- ③ 遥测数据处理构件;
- ④ 遥控数据处理构件;
- ⑤ 高速任务数据处理构件;
- ⑥ 高速复接构件;

实现的领域构件在 VxWorks5.5 构件配置树 (Tornado 集成开发环境)中表现方式如图 2 所示;同样的构件实现方式可以通过 CDF 文件无缝移植到 Workbench 集成开发环境中,适用于 VxWorks6.x 等高版本的构件配置树。

4 嵌入式机载卫星通信系统的快速构建

4.1 平台应用需求到机载卫星通信系统功能的映射

在充分了解空基平台应用特性的基础上,采用基于需求-功能的映射方式,将其与机载卫星通信系统相关的需求进行分解,映射为机载卫星通信系统功能,通过可视化工具生成 XML 格式的系统功能描述文件。

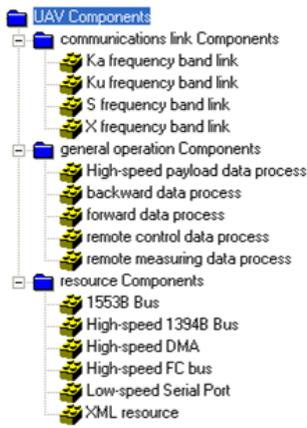


图 2 领域构件在 VxWorks 构件配置树表现方式

4.2 机载卫星通信系统功能的分类

按照功能的不同将系统功能进行分类, 将其划分为系统资源功能集合、链路通信功能集合和链路业务功能集合等。

其中系统资源功能集合用于描述机载卫星通信系统与空基平台中各系统的接口功能; 链路通信功能集合用于描述卫星通信系统工作波段特性; 链路业务功

能集合用于描述卫星通信系统的前、反向工作方式, 遥测遥控等信息的处理方式。

4.3 系统构件的选择和匹配

系统功能由一个或多个功能线程组成, 系统实现的各种功能特性由功能线程表现出来, 功能线程由一个或多个系统构件组合形成。

将获取的系统功能描述文件导入可视化系统构件配置工具中, 通过对系统功能描述文件的解析, 自动匹配系统构件库中符合功能要求的构件及其依赖构件, 将对应的构件推送到 VxWorks 操作系统 BSP(Board Support Package)的构件目录中, 并在 VxWorks 构件配置树配置文件中设置其包含属性为 Include。

4.4 系统的快速构建

通过系统构件配置工具生成的定制 VxWorks 操作系统 BSP 建立系统工程, 对复用的系统构件进行配置, 对功能线程进行初始化, 快速的生成嵌入式机载卫星通信链路的主要系统功能, 通过对系统胶合逻辑的调整, 使系统迅速到达联试状态。

基于构件复用的嵌入式机载卫星通信系统设计及构建过程如图 3 所示。

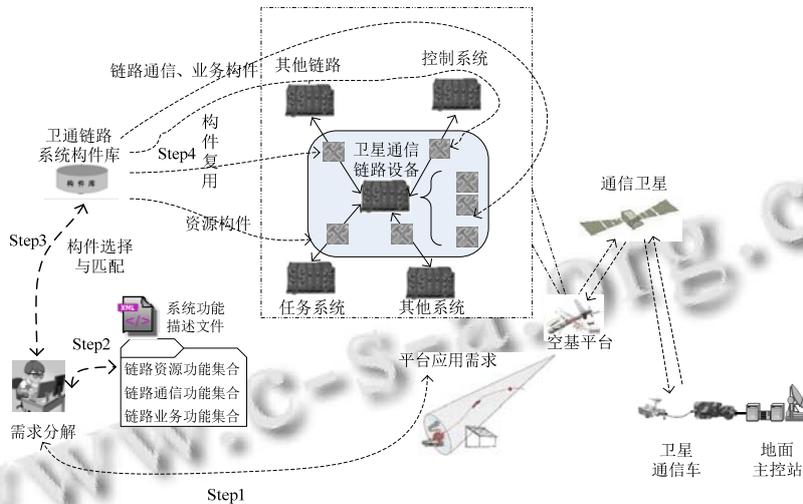


图 3 基于构件复用的嵌入式机载卫星通信系统设计及构建过程图

5 结语

本文提出并实现了一种基于构件复用的嵌入式机载卫星通信系统快速构建技术, 将传统软件工程领域中的构件技术与领域工程相结合, 并将其应用到嵌入式机载卫星通信系统开发过程中, 完成了基于领域的卫星通信链路系统构件库的建设, 构建了开放、灵活的机载卫星通信系统, 实现了对资源的重用, 有效的降低了开发成本, 缩短了产品面市时间, 提高了产品的质量, 对嵌入式机载卫星通信系统产品线的发展作出了有力的贡献。

参考文献

- 1 张杨,于银涛.VxWorks 内核、设备驱动与 BSP 开发详解. 北京:人民邮电出版社,2011.
- 2 WindRiver. VxWorks Kernel Programmers Guide 6.7. USA: Wind River System Inc. 2008: 43-49.
- 3 李克勤,陈兆良,梅宏,杨芙清.领域工程概述.计算机科学, 1999,26(5):21-23.
- 4 WindRiver. VxWorks Device Driver Developer's Guide6.6. USA: Wind River System Inc, 2007: 16-82.