

## 基于 Matlab 的 SCA 调试分析组件开发与实现

郭 宁<sup>1</sup>, 王 玲<sup>1</sup>, 施峻武<sup>2,3</sup>

(1. 湖南大学 电气与信息工程学院, 长沙 410081; 2. 国防科学技术大学 电子科学与工程学院, 长沙 410073;  
3. 通信网信息传输与分发技术国家重点实验室, 石家庄 050081)

**摘 要:** 在 SCA 波形组件上实现具体功能时需要大量的调试工作, 通常的调试步骤是提取每个过程的输出数据进行分析, 根据分析结果修改错误代码, 然而该调试方式效率低下, 数据提取过程复杂。为此, 以 Matlab 引擎技术和 curses 图形库为基础, 设计用于数据分析的 AnalysisCom 波形组件。该组件按照 SCA 规范设计开发, 在调试过程中避免了数据重复提取, 并且在波形运行过程中能通过该组件直接调用 Matlab 进行数据分析。测试结果表明, AnalysisCom 波形组件可以在波形运行过程中快速准确地定位到数据发生错误的位置, 完成对组件功能的验证, 达到缩短组件开发周期的目的。

**关键词:** 软件无线电; 软件通信体系结构; Matlab 引擎技术; 波形组件; curses 图形库

**中文引用格式:** 郭 宁, 王 玲, 施峻武. 基于 Matlab 的 SCA 调试分析组件开发与实现[J]. 计算机工程, 2017, 43(7): 44-47.

**英文引用格式:** Guo Ning, Wang Ling, Shi Junwu. Development and Implementation of Matlab-based SCA Debug Analysis Component[J]. Computer Engineering, 2017, 43(7): 44-47.

## Development and Implementation of Matlab-based SCA Debug Analysis Component

GUO Ning<sup>1</sup>, WANG Ling<sup>1</sup>, SHI Junwu<sup>2,3</sup>

(1. College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410081, China; 2. College of Electronic Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China; 3. State Key Lab for Information Transmission and Distribution Technologies in Communication Network, Shijiazhuang 050081, China)

**[Abstract]** A lot of debug work is required when implementing specific functions on Software Communication Architecture(SCA) waveform components, and the usual debug step is to extract the output data of each process for analysis and modify the error code according to the analysis result. However, the debug method is inefficient and the data extraction process is complicated. To this end, this paper designs the AnalysisCom waveform components for data analysis based on Matlab engine technology and curses graphics library. The component is designed and developed in accordance with the SCA specification. It can avoid the duplication of the extracted data during debug and directly call Matlab to analyze data in the process of the waveform running. Test results show that, AnalysisCom components can locate where the error occurred fast and accurately while the waveform is running, complete the verification of the component's functionality, and achieve the goal of shortening the development cycle.

**[Key words]** software-defined radio; Software Communication Architecture(SCA); Matlab engine technology; waveform component; curses graphic library

**DOI:** 10.3969/j.issn.1000-3428.2017.07.007

### 0 概述

基于软件通信体系结构(Software Communication Architecture, SCA)规范<sup>[1-3]</sup>开发的无线通信系统可

以实现硬件装备的模块化, 使软件与硬件相分离, 提高软件的复用程度, 有效降低开发成本及开发周期<sup>[4]</sup>。

软件无线电<sup>[5]</sup>发展至今, 已取得了一系列的成

**基金项目:** 国家自然科学基金(61471376); 通信网信息传输与分发技术国家重点实验室基金。

**作者简介:** 郭 宁(1990—), 男, 硕士研究生, 主研方向为软件无线电; 王 玲, 教授、博士、博士生导师; 施峻武, 博士。

**收稿日期:** 2016-06-22 **修回日期:** 2016-07-24 **E-mail:** 1198343067@qq.com

果。在波形开发方面,基本形成了一套完整的基于 SCA 的开发流程,但目前波形库中的内容还不够丰富,尤其是特定功能的波形组件,仍然需要波形开发人员去完成开发并验证。在波形组件的功能实现和验证过程中,将会产生大量的测试数据,同时也需要对这些数据进行及时分析,并根据分析结果修正或优化波形组件的设计实现。在传统做法中,一般是收集导出这些测试数据并手工导入第三方软件完成分析,工作量很大,效率也不高,通常影响组件的开发周期。为此,本文设计并开发了用于组件功能调试和数据分析的 AnalysisCom 波形组件。该组件以 Matlab 引擎技术<sup>[6]</sup>和 curses 图形库为基础,按照 SCA 规范进行设计,通过与待测组件的连接避免数据提取,并且可直接利用该组件调用 Matlab 工具对数据进行处理<sup>[7]</sup>,同时支持在波形运行过程中对组件进行实时数据分析,以缩短调试及测试时间,加快组件开发周期。

## 1 AnalysisCom 组件模型设计

AnalysisCom 组件设计的目的在于方便 SCA 波形组件功能的实现与验证,因此,该组件的设计与实现必须遵守 SCA 波形组件的开发流程,继承并实现 SCA 规范要求的必要接口<sup>[8]</sup>。如图 1 所示,AnalysisCom 组件由以下部分组成:组件框架代码和 XML 配置文件,胶水代码以及功能代码<sup>[9]</sup>。该设计使得 AnalysisCom 组件具有很强的可重用性,可以与任何符合 SCA 规范的组件进行互连以及数据分析,同时组件的内部功能完全独立,使组件具有较好的封装性。

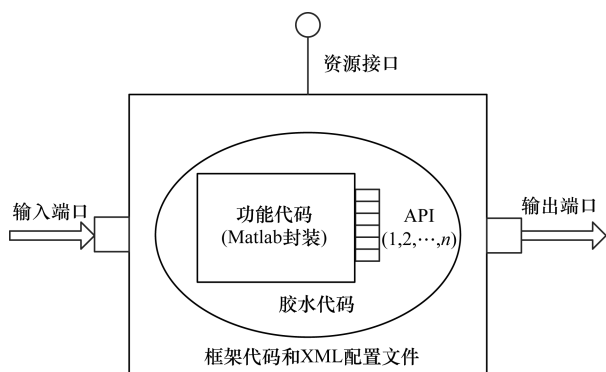


图 1 AnalysisCom 组件模型

组件对外是通过接口来实现交互,为了使波形组件具有很好的封装性,将接口统一抽象为端口对象,与组件本身分离。端口根据数据请求的方向分为 Provides 端口和 Uses 端口。在 AnalysisCom 组件中,定义 DataIn 端口作为 Provides 端口,用来处理其他组件发来的数据分析请求,定义 DataOut 端口作为 Uses 端口,将处理后的数据返回给对方。其中,DataIn 端

口为必选端口;DataOut 端口为可选端口,该组件可以通过其他方式对处理后的数据进行表示(如调用 Matlab 的绘图函数或者编写的脚本文件等)。

## 2 AnalysisCom 组件开发

AnalysisCom 是设计运行在 GPP 上的波形组件,它的开发符合一般 GPP 波形组件的开发流程,主要流程如图 2 所示。

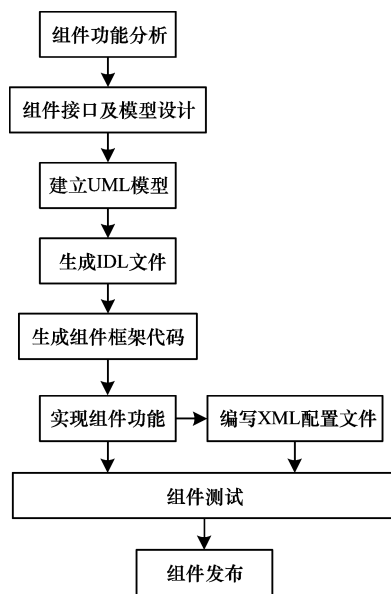


图 2 GPP 波形组件开发流程

在图 2 中,组件框架代码需要在 POSIX, CORBA 和核心框架的基础上,结合 IDL 文件来生成。针对每个组件,需要编写的 XML 配置文件有:软件包描述(Software Package Descriptor, SPD)文件,软件组件描述(Software Component Descriptor, SCD)文件以及属性描述文件(Properties Descriptor File, PRF)。

### 2.1 UML 模型及 IDL 文件生成

UML 是一种面向对象的模型开发语言<sup>[10]</sup>,又称为统一建模语言或标准建模语言,使用者能够以一种标准的、易于理解的方式建立模型,表达设计思想。Rational Rose 软件是一款很好的 UML 建模工具,可用于公司级水平的软件应用,还可根据用户建立的模型自动生成相应的 IDL 接口描述文件。本文研究的 AnalysisCom 组件 UML 接口描述如图 3 所示。数据端口 DataIn 和 DataOut 继承了 AnalysisDataConsumer 接口。AnalysisDataConsumer 接口不仅继承了 OctetStream 接口,而且添加了自己的一些方法。这些方法提供了 AnalysisCom 组件外部接口对内部功能的访问,相关的方法描述如表 1 所示。

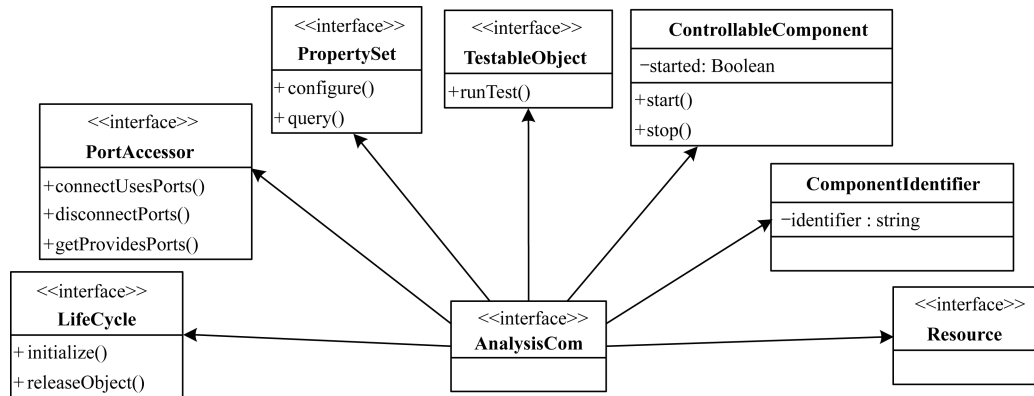


图 3 AnalysisCom 组件的 UML 接口描述

表 1 AnalysisDataConsumer 接口方法说明

AnalysisDataConsumer 接口方法	描述
draw3D	绘制三维图
draw2D	绘制二维图
drawCmd3D	根据命令绘制相应的三维图
drawCmd2D	根据命令绘制相应的二维图
command	执行输入的命令并显示结果
analysis	进入数据分析模式

AnalysisDataConsumer 提供的方法均以 Matlab 为基础执行, draw3D 和 draw2D 方法仅根据提供的矢量数据(用 DoubleSequence 类型模拟)进行绘图; drawCmd3D 和 drawCmd2D 方法会根据传入的命令参数绘制相应的图形; command 方法可以处理任何 Matlab 命令并显示执行结果;调用 analysis 方法会进入数据分析模式,该模式类似 Matlab 的命令输入窗口,可以执行用户输入的任何命令,直至用户退出该模式。

组件接口及 API 定义完成后,可以生成相应的 IDL 文件。该过程可以通过建模工具(如 Rational Rose)生成,也可以根据 IDL 语法规则编辑<sup>[11]</sup>。

根据设计的组件模型和接口定义以及生成的 IDL 文件,通过 tao\_idl 等编译器可生成相应的 C++ 框架代码。该过程与一般 CORBA 组件的开发过程相同<sup>[12]</sup>。

## 2.2 功能代码封装

### 2.2.1 Matlab 引擎技术

AnalysisCom 组件的核心部分是对 Matlab 的封装,组件通过调用 Matlab 提供的工具<sup>[13-14]</sup>实现数据的处理和分析功能。该功能的实现依赖于 Matlab 引擎技术<sup>[15]</sup>。Matlab 引擎是 Matlab 提供的一系列接口的集合<sup>[16]</sup>。它允许 C/C++ 或 FORTRAN 语言对 Matlab 的调用,将 Matlab 作为一个计算引擎在后台运行,完成复杂的矩阵运算,以简化用户程序的设计难度。应用程序通过 Matlab 引擎库提供的函数完成与 Matlab 之间数据交换和命令传送的任务。AnalysisCom 组件对 Matlab 的封装使得组件在启动时自动完成 Matlab 引擎的启动与初始化,并且统一对外数据接口,大幅减少了接口数量。

### 2.2.2 curses 图形库

由于 AnalysisDataConsumer 接口定义的 analysis 方法可以进入数据分析模式,因此该模式完成了常用的文本编辑功能,并且通过引擎库可以直接对 Matlab 功能进行调用,使用户的操作如同在 Matlab 中操作一样,直接在该模式下进行矩阵运算、绘制图表等工作。

为了实现这些功能,本文除了使用 Matlab 引擎技术,还调用了 curses 图形函数库<sup>[17]</sup>。curses 是一个在 Linux/Unix 下广泛使用的图形函数库,可以将终端界面根据自己的想法进行设计,同时还支持对鼠标、菜单和面板的处理,文字编辑器 vi 就是基于 curses 实现的。

AnalysisCom 组件的数据分析模式效果如图 4 所示,该图与 Matlab 命令窗口极其相似,可以执行 Matlab 支持的任何命令。若要退出该模式,则可以输入“quit”命令或按下 ESC 键。

```

gn@gn-virtual-machine: ~/LinuxCF/CF(1) 帮助(H)
-----ANALYSIS WINDOW-----
Enter a MATLAB command to evaluate.
Enter Enter to start the Window.
Enter quit or ESC to close the Window.
>> x
Columns 1 through 13
    1     2     3     4     5     6     7     8     9    10    11    12    13
Columns 14 through 20
   14    15    16    17    18    19    20
>> y
y =
Columns 1 through 13
    1     4     9    16    25    36    49    64    81   100   121   144   169
Columns 14 through 20
   196   225   256   289   324   361   400
>> cd /home/gn/matlab
>> pwd
ans =
/home/gn/matlab
>> ls
BezierCurves.m  plotCardioid.m
>> BezierCurves
>> grid on;
>>
  
```

图 4 AnalysisCom 数据分析模式

## 2.3 组件测试

为简化测试,此处用于测试的波形仅有 2 个组件(Source 和 Sink),测试框图如图 5 所示,AnalysisCom 组件与 Source 组件相连,用于分析 Source 发送给 Sink 的数据。

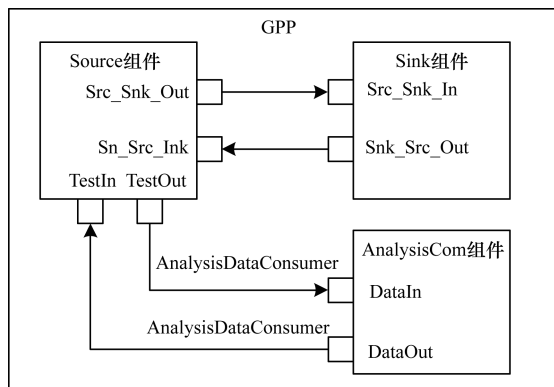


图 5 AnalysisCom 组件测试框图

在测试中, AnalysisCom 成功与 Source 建立连接, 并获得 Source 发送的数据, 可以成功调用 Matlab 命令或者自己编写的 .m 脚本文件。其中数据分析模式测试的部分截图如图 4 和图 6 所示。图 4 中显示了所获得的 Source 发送的数据以及对 Matlab 命令和脚本文件的调用测试。图 6 为调用脚本文件 BezierCurves.m 绘制的第一类贝塞尔曲线。

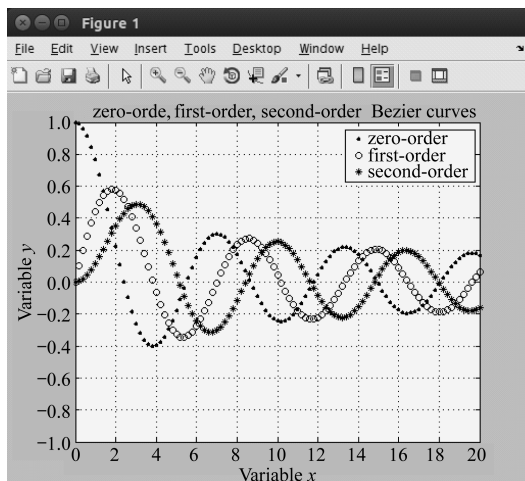


图 6 AnalysisCom 组件测试截图

测试结果表明, AnalysisCom 组件的开发符合 SCA 要求, 能够与 SCA 组件建立连接, 通过该组件可以获取组件间通信数据并调用 Matlab 的各种命令以及用户编写的脚本文件, 达到数据分析及验证的设计要求。

### 3 结束语

随着软件无线电技术的日趋成熟, 功能各异的 SCA 组件的开发也越来越多, 使用调试分析组件 AnalysisCom 可以更方便地进行组件功能的调试、测试与验证工作。通过与 Matlab 的结合可以将大量数据以图形的方式直观展现出来, 开发人员也可以很方便地调用 Matlab 的各种命令实现对数据的处理分析, 在一定程度上缩短了组件的开发周期。本文设

计的 AnalysisCom 组件是运行在 GPP 上的波形组件, 对 GPP 其他组件的开发具有重要作用, 但除了 GPP 组件之外, 还有很多基于 DSP 和 FPGA 的组件开发工作。因此, 下一步将研究适用于 DSP 和 FPGA 的调试分析组件, 便于组件的开发。

### 参考文献

- [1] Joint Program Executive Office (JPEO), Joint Tactical Radio System (JTRS). Software Communication Architecture Specification; CA92147-5110[S]. San Diego, USA; JTRS, 2010.
- [2] Joint Program Executive Office (JPEO), Joint Tactical Radio System (JTRS). Software Communication Architecture Specification, Version 4.0; CA92147-5110[S]. San Diego, USA; JTNC, 2012.
- [3] Joint Tactical Networking Center (JTNC), Joint Tactical Radio System (JTRS). Software Communication Architecture Specification, Version 4.1; CA92147-5110[S]. San Diego, USA; JTNC, 2015.
- [4] 洪锡军, 刘献科, 张 激. 基于 SCA 的无线通信技术研究[J]. 计算机工程, 2005, 31(8): 120-122.
- [5] 杨小牛, 楼才义, 徐建良. 软件无线电原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- [6] 葛哲学. 精通 MATLAB[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [7] Zhang Yun, Dyer S, Bulat N. Strategies and Insights into SCA-compliant Waveform Application Development[C]// Proceedings of IEEE Military Communications Conference. Washington D. C., USA; IEEE Press, 2006: 1-7.
- [8] 洪锡军, 钱 晨, 张 激. 基于 SCA 的波形开发[J]. 计算机工程, 2006, 32(18): 270-272.
- [9] Hermeling M. Code Generation for SCA Components [EB/OL]. [2008-10-25]. <http://www.zeligsoft.com/node/202>.
- [10] Boggs W. UML 与 Rational Rose 2002 从入门到精通[M]. 邱仲潘, 译. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [11] 李志蜀, 尹 皓. CORBA 及其 IDL 编译器研究[J]. 四川大学学报, 2000, 37(6): 849-852.
- [12] Henning M, Vinoski S. 基于 C++ CORBA 高级编程[M]. 徐金梧, 徐 科, 吕志民, 译. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [13] 秦协安, 王 玲, 赵海涛, 等. 基于 Matlab 和通用软件无线电外设的频谱感知实现[J]. 计算机工程, 2015, 41(5): 106-110.
- [14] Tabassam A, Ali F A. Building Software-defined Radio in Matlab Simulink: A Step Towards Cognitive Radios[C]// Proceedings of UKSim'11. Washington D. C., USA; IEEE Press, 2011: 492-497.
- [15] 董维国. 深入浅出 MATLAB7.X 混合编程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [16] 李文武, 游文霞, 张玉文, 等. Matlab 外部程序接口应用研究[J]. 三峡大学学报(自然科学版), 2006, 28(2): 166-168.
- [17] 张中庆, 雷良球. UNIX/Linux 下 Curses 库开发指南[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.

编辑 陆燕菲