

文章编号:1005-8451(2004)08-0032-03

# 软件无线电技术在铁路通信中的应用

黄旭

电子科技大学 电子工程学院, 成都 610054

**摘要:** 首先介绍目前先进的软件无线电技术, 然后通过实际的研发项目, 详细地描述此技术在铁路高速移动接入通信系统中的应用。

**关键词:** 软件无线电; 高速移动接入通信系统; 数字变频; 数模数转换

**中图分类号:** U285.21

**文献标识码:** B

## Application of software defined radio technology to Railway High Speed Mobile Communication

HUANG Xu

(Electronic Engineering school of UESTC, Chengdu 610054, China)

**Abstract:** It was introduced the software defined radio which was an advanced technology in the world, then described this technology's exact application in Railway High Speed Mobile Communication Access System.

**Key words:** software defined radio; High Speed Mobile Communication Access System; digital converter; digital/analog/digital converter

21 世纪是信息的世纪, 也是通信技术占主导地位的世纪, 各行各业都在努力实现信息化和智能化。在这背景下, 我国的铁路通信也不例外, 正积极的发展先进的通信技术, 其中软件无线电技术就是重点发展的技术之一。本文重点介绍软件无线电技术的内容和在铁路通信中的具体应用。

## 1 软件无线电技术

### 1.1 软件无线电的定义

软件无线电(SDR)是特指用软件来定义和实现各种功能的多功能智能化无线电通信设备。软件无线电体系结构是其技术的核心, 决定着软件无线电的功能实现。从结构上看, 软件无线电的基本思想是将宽带 $A/I$ 及 $I/A$ 变换器尽可能地靠近射频天线, 尽早地将接收到的模拟信号数字化, 并最大程度地通过软件来实现接收机的各种功能。软件无线电应尽量在一个开放、模块化的软件平台上来实现各种功能, 并且要能在不同标准的系统之间互联和兼容; 能够应用新标准; 能够用无线接口下载个性化软件; 能够动态更新。

### 1.2 软件无线电的关键技术

#### 1.1 宽带/多频段天线

收稿日期: 2004-01-06

作者简介: 黄旭, 在读硕士研究生。

这是软件无线电不可替代的硬件出入口, 只能靠硬件本身来完成, 不能用软件加载实现其全部功能。软件无线电对这部分的要求包括: 天线能复盖所有的工作频段; 能用程序控制的方法对功能及参数进行设置。实现的技术包括: 组合式多频段天线及智能化天线技术; 模块化、通用化收发双工技术; 多倍频程宽带低噪声放大器方案等。

#### 1.2 模数转换部分

软件无线电对模数 $A/I$ 转换器的要求主要包括采样速率和位数。采样速率主要由信号带宽决定, 必须考虑到采样后系统处理的能力和现有 $A/I$ 的速度。 $A/I$ 的位数必须满足一定的动态范围要求, 以及数字部分处理精度的要求。现有的 $A/I$ 还不能同时满足速度与采样位数的要求, 可以采用多个 $A/I$ 并联的方式进行使用。

#### 1.3 高速信号处理部分

这部分主要完成基带处理、调制解调、比特流处理和编译码工作。如有跳频或扩频, 还需完成解扩和一部分解调的处理。这部分工作用高速数字信号处理器(DSP)完成, 这是软件无线电的一个核心部件, 但也是一个主要瓶颈。当单个DSP处理能力不足时, 可采用多个DSP芯片的并行处理来提高运算能力。数字下变频(DDC)部分包括数字下变频、滤波和二次采样, 分离所需要的信号, 是系统中数字处理运算量最大的部分, 也是最难完成的部分。

一般都将 L.L.C 这部分工作交给专用的可编程芯片完成。

#### 4) 开放式总线结构及实现

软件无线电的重要特点是开放性，主要体现在软件无线电所采用的开放式标准化总线结构上。只有采用先进的标准化总线，软件无线电才能发挥其适应性广、升级换代方便等特点。现有的软件无线电研究和实验系统中一般采用双总线结构，即控制总线 and 高速数据总线。控制总线结构，如 VME 总线、EC 总线等，尽可能采用现有的工业标准，以便于利用已有的软件和硬件平台，加快开发速度。

### 5) 信令处理

在现有的移动通信系统中，信令部分已经采用软件完成，软件无线电的任务是将通信协议及软件标准化、通用化和模块化。无线接入是无线通信的重要内容，其协议的主体部分是公共空间接口，目前已形成许多不同的标准。因此，当用软件无线电实现多模互联时，实现通用信令处理是很必要的，需要把现有的各种无线信令按软件无线电的要求划分成几个标准层次，开发出标准的信令模块，研究通用信令框架。

## 2 软件无线电技术在铁路无线通信中应用

与铁道科学院电子计算技术研究所研制的“铁路安全监控数据高速移动接入系统”取得了实用化的进展。此系统采用先进的软件无线电(SDR)和嵌入式实时操作系统(RTOS)核心技术,结合高速数据处理、模/数、数/模转换、数字变频、数字信号处理和现场可编程门阵列、智能压缩/解压缩、可靠的信道编码、高效数字调制解调等技术,首次在铁路拥有的UHF频段(450 MHz)资源下,开发将铁路安全监测信息在移动体(列车)到固定体(地面安全监控系统)双向无线接入的系统和设备,实现移动体与固定体之间实时数据无线传输,为铁路的信息化,特别是为铁路行车指挥提供安全可靠、高性能的综合调度通信系统。使其现在的模拟信号过渡到数字信号、由传输单一话音信息过渡到传输话音、数据、文本与图像信息。此系统的功能框图如图1所示。其中的虚线所包括的部分就是数字中频和基带处理模块,完全采用软件无线电的技术,均选用合适的芯片,有利于模块间的互联,减小了整个系统的复杂度,使其更简洁,性能更可靠。

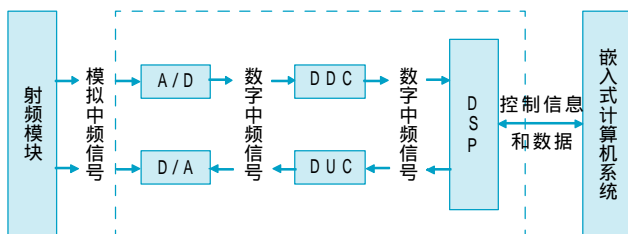


图1 铁路安全监控数据高速移动接入系统框图

对于其中的中频部分，AD/DA 器件采用 AD6644 和 AD9772 芯片，这两种芯片都是 14 位的，在精度和速度上都能够满足目前无线通信的大多数要求，其中，模 / 数转换器 AD6644 采样率可达 65 MSPS，100 db 的无杂散动态范围，SNR 能做到 74 db。与之相配合使用的数字下变频器 AD6624 具有 80 MSPS 的接受能力，并且是双同步输入口，其内部的通道处理均为数字的，它的大倍率抽取滤波器在有用信号带宽远小于输入信号带宽的时候，能够明显改善信噪比，可达 30 db 以上。数 / 模转换器 AD9772 具有 160 MSPS 的接收数据能力，并且有较宽的处理带宽，在 160 MSPS 时可达 67.5 M，更为灵活的是，其片内有一个功能强大的 2 倍插值的数字滤波器，可选择为低通或高通模式，如果高通模式，便能直接输出中频信号，非常灵活，本文描述的方案中，AD9772 就工作在高通模式，直接输出 70 MHz 的中频。AD9772 所需的高数据率可由 AD6623 供给，数字上变频器 AD6623 是一个具有 4 个独立的插值上变频发送通道的芯片，最大可输出 104 MSPS 的数据率，52 MHz 的模拟信号带宽，并能发送 TSSI 信号给射频模块。

对于基带处理部分,采用32位浮点DSP-ADSP21161作基带处理。峰值处理能力可达600MSPS,由于是浮点处理,对于通信这种大动态范围的信号,可以有效地避免经常出现计算溢出,保证运算的精度,同时,对于需要浮点运算的程序,比如调制解调等,与定点处理器相比可以明显地降低处理时间,实时性更强了。可以实时地运行RS编解码,语音压缩,调制解调等各种信号处理算法。

其中的各模块的接口描述如下：模数转换器 AD6644 接收模拟中频信号的同时，接收 RSSI 指示，数模转换器 AD9772 发送模拟中频信号的同时，发射 TSSI 指示，用于射频模块的功率控制。浮点数字信号处理器 ADSP-21161 用其自带的 HPI 接口与嵌入式主机 CPU 相连，20 位地址，16 位的数据，同时采用高速串口与 AD6623/AD6624 收发数据，采用并口进行通

文章编号:1005-8451(2004)08-0034-04

## 电路仿真专家系统知识库的可视化生成

李 丽, 余祖俊, 史红梅

(北京交通大学 机械与电子控制工程学院, 北京 100044)

**摘 要:** 介绍在电路仿真中应用的专家系统的知识库的结构与内容以及建立它的传统方法, 讨论建立知识库的传统方法的不足, 提出基于 Visio 的电路仿真专家系统知识库的可视化生成的新方法, 用一个实际的例子, 介绍这种方法的应用, 这样使得知识库的生成与再学习的过程变得简单、可视化和易修改。简单介绍了 Microsoft Visio 2002 中 VBA 的应用。

**关键词:** 专家系统; 电路仿真; Visio 2002; VBA

**中图分类号:** TP18

**文献标识码:** B

### Visible creating of knowledge base of Expert System in circuit simulation

LILi, YUZu-jun, SHIHong-mei

(School of Mechanical, Electronic and Control Engineering of Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** It was introduced the frame and the content of knowledge base of expert system in circuit simulation, discussed the deficiency of traditional method for creating knowledge base, put forward a new method of visible creating of knowledge base of Expert System in circuit simulation based on Visio. It was explained how to use the method through an example, made the process of creating and studying again of knowledge base simply, visibly and easily to perfect. Application of VBA in Microsoft Visio 2002 was also introduced.

**Key words:** Expert System; circuit simulation; Visio 2002; VBA

在电路仿真系统中, 计算机屏幕上动态地显示机车电路工作在各种正常和故障情况下得电、失电

的过程, 同时为了便于学习, 在显示中电流变化的速度是可调整的, 得电、失电的电路的颜色也发生了适当的变化。电路原理图的生成、推理和仿真是通过专家系统来完成的。

收稿日期: 2004-03-29

作者简介: 李 丽, 在读硕士研究生; 余祖俊, 教授。

道参数配置。数字上下变频器 AD6623/AD6624 与数/模/数转换器 AD9772/DD6644 之间均采用同步并行传输, 都是 14 位的。

上实时运行 RS 信道编解码程序, 差分 QPSK 调制解调程序。经过初步的功能调试, 证明此软件无线电系统是可行的。

### 3 实验数据及结论

采用 Cadence 公司的 EDA 工具分别设计出 8 层数字中频板和 8 层数字基带板, 其中, DSP 处理板工作在计算机模式, 系统总线可达 100 MHz, 有相应的硬盘 64 M 的 flash, 内存 此处配置为片外 192 M 的 SDRAM, 各种接口等; 数字中频板上包含了上行通路所需的芯片 AD6623 和 AD9772, 和下行通路的芯片 AD6644 和 AD6624, 各芯片的工作模式均可以设置。将此两块板级联工作, 用 DSP 对 DDC 和 DUC 进行动态软件配置, 同时用高速同步串口和 AD6623 及 AD6624 进行 144 kbit/s 基带数据的收发, 然后在 DSP

### 4 结束语

综上所述, 目前铁路通信正以前所未有的速度向前发展, 而软件无线电的高度灵活, 可升级性正好能够满足这一需求, 是现在以及未来研究的重点, 希望国家在这方面给予更多的投入, 争取能走在世界的前端。

#### 参考文献:

- [1] 杨小牛, 楼才义. 软件无线电原理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [2] 奥本海默. 信号与系统[M]. 第二版. 刘树堂. 西安: 西安交通大学出版社, 1999.