

# 一种基于软件无线电台的组网方案设计\*

苏 俭\*\* 郭 伟 任青春 张 莉

(电子科技大学通信抗干扰技术国家级重点实验室 成都 610054)

**【摘要】**根据建立的软件无线电台模型,分析了软件无线电台多信道的特点,讨论了软件无线电台组网的多种关键技术如网络控制结构技术、路由技术、无线信道多址接入技术和资源管理均衡,提出了一种基于软件无线电台的组网设计思想和网络体系结构。采用该结构实现的软件无线电台网络具有组网灵活、网络自组织和动态负载均衡等功能。

**关键词** 软件无线电台; 多信道; 组网; 负载均衡

**中图分类号** TN912 **文献标识码** A

## Design of Networking Scheme Based on Software Radios

Su Jian Guo Wei Ren Qingchun Zhang Li

(National Key Laboratory of Communication, UEST of China Chengdu 610054)

**Abstract** According to the software radio model, we analyse the characteristic of multiple channels in Software Radios, that is, each channel can work independently, at the same time all channels can cooperate together. Then some key networking technologies, such as network control structure, routing, wireless medium access control and resource management etc, are discussed. We propose an idea and scheme of networking based on software radios. The software radios network using the scheme will make the networking process flexible, have self-organized and dynamic load-balancing functions.

**Key words** software radio; multiple channels; networking; load-balancing

软件无线电技术从其最初产生为军事需求<sup>[1]</sup>, 到其思想越来越影响着民用的发展, 都充分说明其勃勃生机与活力。软件无线电台正是基于该技术而诞生的新一代军用电台。它具有多频段、多模式等优点, 克服了现有军用电台的单信道、单模式、互通差、协同难等缺点<sup>[2]</sup>。目前, 软件无线电台主要用于不同电台或电台网络间起桥接或网关作用。随着应用的不断扩大, 考虑其作为网络中的基本节点时的网络组织运行情况就成为一种必然。通过软件无线电台组网, 可以更加充分发挥电台自身高度的兼容性、灵活性、可靠性, 同时网络具备灵活的组网和网络重组功能, 提高了网络的抗干扰性和抗毁性。本文从分析软件无线电台节点模型入手, 结合软件无线电台的自身特点, 提出一种软件无线电台组网设计思想和实现方案。

## 1 软件无线电台组网设计思想

### 1.1 软件无线电台节点模型

为了解软件无线电台的基本特点, 将软件无线电台节点抽象化为一个节点模型, 如图1所示, 假设每个节点存在N个物理信道工作模式, 该节点模型包括一个本地信息产生/处理器、信道检测机制、移动管理机制、路由机制和最能体现其优势的多信道机制。节点信息有两种来源: 一种是由本地信息发生器产生的

2003年9月2日收稿

\* 国家级重点实验室基金资助项目, 编号: 51434020101ZS0404

\*\* 女 30岁 讲师 博士生 主要从事无线多跳网组网技术方面的研究

输入,可以传给路由器处理;另一种是接收到的分组,通过公共信道效应发往信道。信道的部分输出是所接收到需转发分组的信息部分,它将被发送到路由器,路由器将保存一个本地编址的分组,或把它转发给适当的信道用于传输。节点的输出是任一个信道所产生的发射分组。在用户输入控制下,允许各个节点在一定范围内自由移动,移动的性质和范围是任意的。

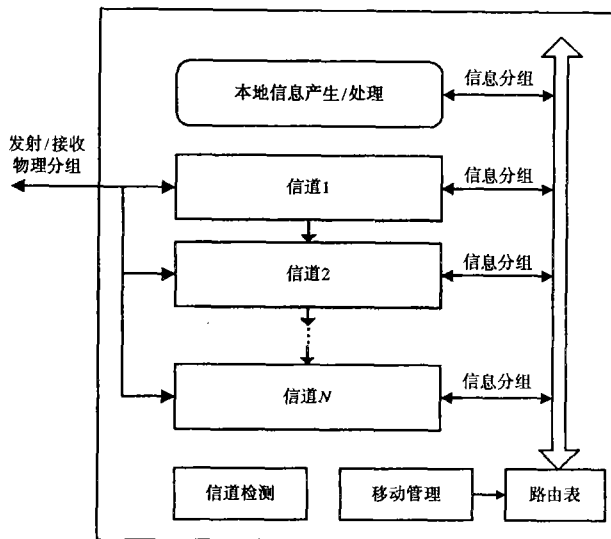


图1 软件无线电台节点模型结构

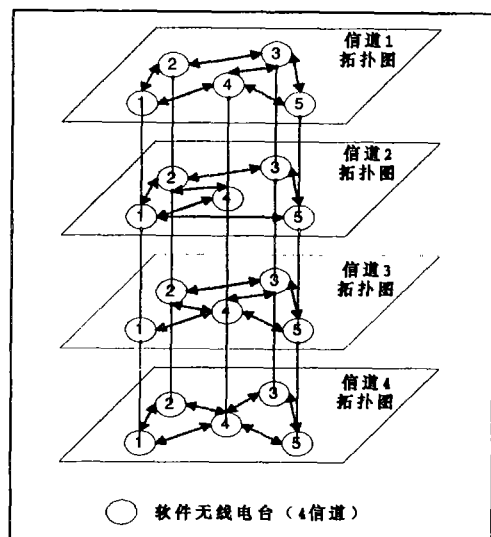


图2 软件无线电台组网多层拓扑结构分布图

## 1.2 软件无线电台多信道的特点

在节点模型中,每个节点存在 $N$ 个物理信道工作模式,通过网络频谱规划,从 $N$ 个物理信道中 $CH_n = \{Ch_k, k = 1, 2, \dots, N\}$ 选择 $M$ 个互不干扰的物理信道作为整个网络的组网信道集合 $CH_m = \{Ch_k, k = 1, 2, \dots, M\}$ ,每个节点根据自身的组网端口数目和信道测量情况,从 $CH_m$ 集合中自适应选择 $K \leq M$ 个信道作为组网信道。由于频率或调制方式的不同,节点之间可能同时存在多条信道,且每条信道的通信距离各不相同。组网过程中,不同的频率会导致节点间连接性的不同,同一频率和调制方式的信道构成了一层网络拓扑结构,由于每个节点具有多信道的特点,因此整个网络将呈现多层动态网络拓扑结构,如图2所示。各信道能独立并行工作,同时又相互间合作。

## 1.3 网络控制结构技术

软件无线电台网络具有动态拓扑结构、可变的连接能力、有限的节点工作能源、有限的通信物理安全性等特点。考虑组网方式时,如果采用完全分布式结构,网络规模扩充性较差;移动的情况下,控制业务急剧增多,处理能力弱。而分群分布式则既有完全分布式又有分层中心式的优点,减少了节点间需交换的组网信息,路由开销小,网络易于扩充。采用分群分布式的软件无线电台网络由若干个互连的子网络(或称为群)组成。每个群又由群首和多个普通节点组成。群首是群内控制节点,同时要维护到达其他群首的路由。

## 1.4 路由技术

路由技术是任何网络体系结构、设计和操作的关键,是影响网络总体性能的一个重要因素。由于软件无线电台网络中节点是移动的,且具有报文转发功能,网络拓扑结构不断变化,同时网络又具有多跳特性。在这种环境下,软件无线电台网络路由技术应能达到如下目标:产生、维护和选择路由,并根据选择的路由转发数据,提供网络的连通性;具有快速收敛的特性,可避免造成路由环或网络中断,保证寻径的正确性;能监控网络拓扑结构的动态变化并快速适应这种变化,局部路由快速切换以支持“动中通”功能。

## 1.5 无线信道多址访问方式

近年来,对于无线信道多址访问方式的研究主要集中在解决隐藏终端和暴露终端的问题上。比较著名的协议有802.11、MACA、MACAW、FAMA、DBTMA等。前四个协议是数据和控制信息共用一个无线信道,有效地解决了隐藏终端问题<sup>[3-6]</sup>;而DBTMA则是将数据信道和控制信道分开,虽有效解决了隐终端和暴露终端的问题,但由于使用了窄带忙音,需要额外的载波监听硬件<sup>[7]</sup>。它们都采用RTS/CTS短信息握手

方式, 该方式比较成熟。软件无线电台网络是一个多跳网, 因此它的信道接入协议必须充分考虑由多跳带来的隐藏终端、暴露终端等问题, 采用这种方式可达到一定目的, 但同时需要结合软件无线电台的特点来改进这种方式。

### 1.6 实现资源均衡管理

在组网过程中, 最重要就是要突出软件无线电台的多信道资源的灵活特点, 以区别于单信道电台。软件无线电台作为网络节点, 其多信道结构和通信功能软件实现的特点, 一方面决定了它具有比普通无线电台更高资源共享能力、更高的可靠性和容错性的优点; 另一方面, 软件无线电台网络中又存在着业务量和网络资源分布不均的情况, 并因此可能导致网络资源的利用率和网络容量的下降。因此, 对软件无线电台网络进行资源管理, 其核心是使软件无线电台网络成为一个具有动态网络资源管理和动态网络资源优化重组的网络。在保证网络服务质量的前提下, 在网内业务量分布不均, 且信道的状态因信号衰落和干扰而起伏变化的复杂多变环境下, 设法灵活分配和及时调整可用的节点资源及信道资源、进行有效的业务流控制, 以提高网络中各节点资源的利用率和信道利用率, 从而使整个网络具有灵活应变的能力, 具有较高的抗毁性能和较低的网络阻塞及延时。

### 1.7 SCA的框架结构

软件通信结构(Software Communications Architecture, SCA)是由联合战术无线电系统(Joint Tactical Radio System, JTRS)首先提出, 目的是要建立一个独立于具体设备的体系结构框架, 以确保软件和硬件的可移植性和可配置性, 实现开发产品之间的互通<sup>[8]</sup>。随后软件定义无线电(Software Defined Radio, SDR)论坛也接受了SCA规范, 并正在把SCA发展为商业应用的标准。因此, 按照SCA定义的接口规范来开发软件无线电台组网软件才更符合标准, 可保证具有很好的连续性、继承性和可移植性。

## 2 软件无线电台组网体系结构

软件无线电台网络按照分层协议体系结构来设计, 它包括应用层、软件无线电台网络子层、信道选择子层、数据链路层和物理层。按照此结构设计的模块组成如图3所示。

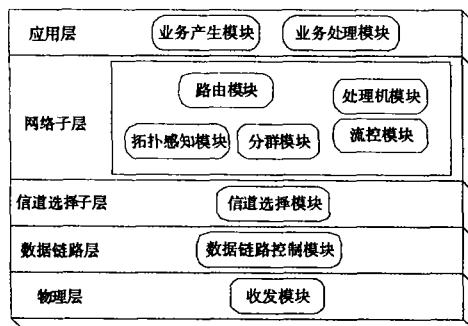


图3 软件无线电台网络分层模块结构图

的目的节点是本节点的业务, 进行一些统计处理。

### 2.3 网络分群

分群模块主要是根据初始时网络拓扑结构感知模块提供的信息, 通过群首选择算法进行分群, 确定每个节点的组群状态; 通过从HELLO消息、路由控制分组了解到的信息, 对节点的组群状态进行调整。

### 2.4 网络拓扑感知

网络拓扑感知模块初始时完成节点对网络拓扑结构的了解, 建立相应的邻居节点表, 并初始化节点的组群状态, 为下一步分群进行信息收集。网络组建后, 由于移动模块模拟改变了网络拓扑结构, 这时该模块需完成对网络拓扑变化的感知。

在整个网络中, 每个节点有一个不同的ID号。节点周期性发送的HELLO消息中包括自己的ID号以及当前的组群状态。每个节点的最初组群状态都是待定态。每个节点从接收到的HELLO消息中就可以获取邻居节点的ID号, 并记录在邻居节点表中。

### 2.1 网络初始化

该模块主要用来对节点的位置、移动方向和速度, 以及网络拓扑矩阵、一些链路和统计参数进行初始化。

### 2.2 业务产生和处理

每个软件无线电台节点都有一个业务产生模块, 按照某种概率分布产生终端业务量, 其目的地址可以预先设定, 也可以按照一定的概率分布在地址集合中进行随机选取。各节点产生业务量形成整个网络的业务量。业务处理模块的功能是对收到的

## 2.5 路由模块

路由模块主要结合资源动态均衡分配思想,完成路由建立、路由维护、本地连接的监测和管理、路由表的管理等功能。具体说,根据收到的路由控制分组,对邻居节点表进行建立、更新;进行路由表的建立,管理和维护;对于路由消息分组,进行路由分析和更新;对于目的节点为本节点的数据分组,向上传递给业务处理模块;对于本地产生的数据分组或目的节点为远端节点的数据分组,进行选路转发;将要发送的分组按一定优先级排队,形成传输队列。

## 2.6 信道选择

一条路由可能包含不同的信道。因此,在软件无线电台网络中进行路由选择时,不仅要能确定到目的节点的下一跳节点,还要确定到下一跳节点的信道。

信道选择模块主要完成从网络层接收到的分组,分类进行合理的选择信道,保证可用信道上的负载均衡,每一个分组将在信道选择模块携带上该分组所选择的信道信息。

## 2.7 数据链路控制

数据链路模块的主要功能如下:将上层传来的分组封装成帧;按照RTS/CTS多址访问策略接入信道进行传输;从成功接收到的数据帧中提取出分组,并交给上层;确认接收到帧的有效性;对成功接收的数据分组进行确认;向上层报告数据分组发送失败。

## 3 结束语

本文提出的软件无线电台组网设计方案,具有同一种信道的软件无线电台形成一层网络拓扑结构,多信道特点使整个网络将呈现多层动态网络拓扑结构,层与层之间有密切联系,通过动态资源管理可实现层与层之间灵活的跳转,从而充分发挥电台的优势,提高系统总的通信能力,实现电台网络的灵活组网和网络重组。

## 参 考 文 献

- [1] Mitola J. Software radios survey, critical evolution, and future directions[J]. IEEE AES Systems Magazine, 1993, 8(4): 25-36
- [2] Raymond J L, Donald W U. Speakeasy: the military software radio[J]. IEEE Communications Magazine, 1995, 33(5): 56-61
- [3] Karn P. MACA - a new channel access method for packet radio[C]. Proceedings of the 9th ARRL/CRRL Amateur Radio Computer Networking Conference, 1990. 134-140
- [4] Bharghavan V, Demers A, Shenker S, et al. MACAW: a media access protocol for wireless LAN's[C]. ACM SIGCOMM, 1994. 212-225
- [5] Chane L F, Garcia-Luna-Aceves J J. Floor acquisition multiple access (FAMA) for packet radio networks[C]. ACM SIGCOMM, Cambridge, MA, 1995. 265-273
- [6] IEEE 802.11 Working Group. Wireless LAN medium access control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications[S]. 1999
- [7] Deng J, Haas Z. Dual busy tone multiple access (DBTMA): a new medium access control for packet radio networks[C]. ICUPU, Florence, Italy, 1998
- [8] Software communications architecture specification v2.2[EB/OL]. <http://www.jtrs.saalt.army.mil>, 2001-11-17