

基于认知的重配置无线网络技术

Cognition Based Reconfiguration Wireless Network Technology

中图分类号:TN92 文献标识码:A 文章编号:1009-6868 (2009) 02-0001-04

摘要:端到端重配置技术旨在解决异构无线网络融合和无线资源的最优化利用,随着重配置技术研究的发展和认知理论研究的不断深入,使得未来具有认知能力的重配置无线网络的实现成为可能。目前,对端到端重配置技术的研究包括重配置无线网络体系结构及实现向重配置无线网络的演进过程中的关键技术。

关键词:端到端重配置;体系结构;认知理论

Abstract: The End-to-End Reconfigurability (E2R) technology aims at realizing the convergence of the heterogeneous radio networks and the optimal utilization of the radio resources. With the continuous development of E2R technology and cognitive theory, the evolution from existing radio networks to future reconfigurable radio networks with the cognitive ability becomes possible. Nowadays the research aspects of E2R include the system architecture of reconfigurable radio networks and some key technologies for their evolution.

Key words: end-to-end reconfigurability; system architecture; cognitive theory

冯志勇/FENG Zhi-yong

孙美玉/SUN Mei-yu

张奇勋/ZHANG Qi-xun

(北京邮电大学无线新技术研究室,北京

100876)

(BUPT Wireless Technology Innovation

Institute, Beijing 100876, China)

- 增强复杂网络体系架构的适应性
- 减少大型系统演化及调度维护的开销成本
- 实现新型业务的快速引入

1.1 重配置技术的研究

对于重配置技术的研究,国际上已经取得了初步成果,欧盟发起的信息社会技术(IST)计划中,与认知无线网络研究相关的项目就包括CAST、TRUST、SCOUT、AN、E2R等20多个,其中E2R项目^[2-3]研究最为成熟。E2R项目提出了一套较为完整的重配置无线网络系统框架,定义了所涉及的一些必要功能模块和流程,还研究了重配置功能对系统动态网络规划管理、灵活的频谱管理以及联合无线资源管理等各方面所带来的影响,对整个世界在此方向上的研究起到了积极的推动作用。E2R的主要成就包括以下几个方面:

- 提出了端到端重配置体系架构,包括与现存标准的映射;
- 提出了经过改进的自认知重配置管理平面;
- 建立了能实现最优化频谱和无线资源的功能体系架构;
- 提出了动态网络规划及管理(DNPM);
- 提出了高级频谱管理(ASM);

无线通信技术的蓬勃发展所带来的网络异构化的趋势,在丰富了网络业务的多样性的同时,也给网络管理和技术演进带来了不少问题。为了满足用户全球漫游的要求并充分利用网络资源,异构技术间的互通和融合需求日渐强烈,从而促进了端到端重配置技术研究的发展。

随着重配置理论研究的发展,以及重配置理论和认知理论越来越紧密的结合,实现现有的无线网络环境到未来的有认知能力的重配置异构无线网络的渐进演化,将是异构无线网络研究领域的重要研究内容。

1 重配置技术概述

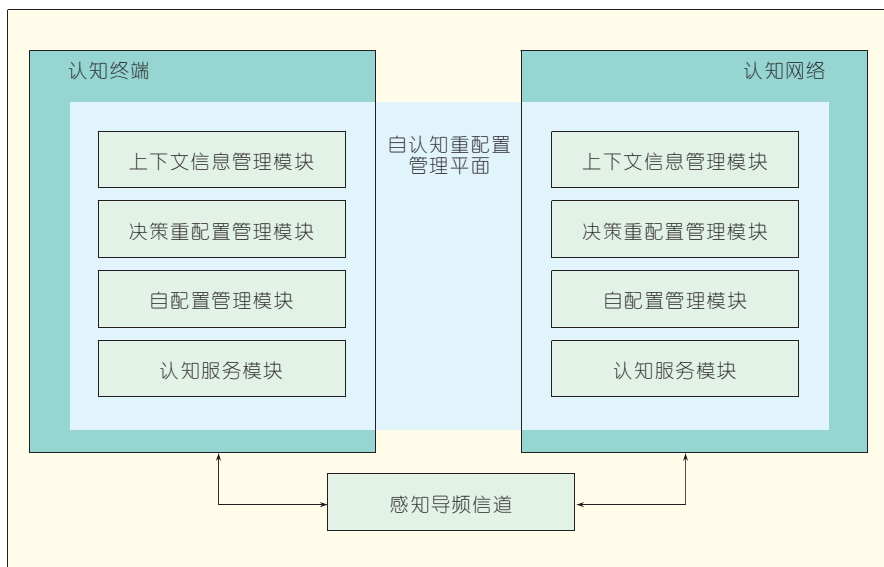
端到端重配置技术起源于软件

无线电(SDR)技术,利用终端和基站等可重配置实体为基础定义网络架构,结合先进的资源管理机制和灵活的空中接口实现技术,实现了对异构环境的灵活适应和对异构无线资源的有效利用^[1]。

重配置技术是一种实现异构无线网络融合的新兴的技术,主要的特点是实现通信系统端到端的重配置。端到端重配置是指通信实体间完成所有通信的节点的适用性,包括设备(终端、基站、接入点、网关)的配置及重配置和对开放系统互联(OSI)各层所产生的潜在影响。端到端重配置工程提出了一系列概念及相应的解决方案来实现B3G异构网络环境下的端到端的组织、连接与控制,研究的主要目标如下:

- 端到端用户及运营商的无缝体验

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(60632030)



▲图1 E2R基于无线管理平面的系统结构

• 提出了独立可操作的联合无线资源管理(JRRM)技术;

• 提出了感知导频信道(CPC)。

此外,一些国际研究机构和标准化组织也在积极参与和推广端到端重配置方面的研究。2006年9月,IEEE成立了P1900.B工作组,专门研究可重配置异构空中接口之间的共存支持问题。P1900.B工作组的主要工作是通过定义系统的总体功能架构,并在网络、无线接口、用户终端分别引入相应的重配置管理模块,来保证现存以及未来可能出现的异构无线网络的共存、加速异构无线系统的部署、提高资源利用效率。基于认知的端到端重配置的标准化工作也相继在ETSI和3GPP中展开。

1.2 重配置网络体系结构

重配置网络要求所有实体均具备自适应、自配置能力,因此也对整个异构网络的体系架构提出了巨大的挑战。E2R的一个最主要的成就就是提出了未来重配置无线网络的体系结构。

E2R将自主通信作为下一代移动通信系统的范例,目前正致力于将自适应重配置管理平面^[4]规划成一个统一的控制和管理系统框架来调整引

入到实体间的端到端的交互,从而实现动态模式下支持重配置功能的机制的策略与执行。

自适应重配置管理平面包含软件定义的业务运作组成的不可知网络独立协议模型,它既可以作为现有的控制管理平面的扩充,又可以作为已有的控制管理平面的新的中间平面,为重配置环境下的网络提供额外的控制、管理功能。

在E2R第二阶段,为了给网络单元(终端设备、基站、路由)提供必需的控制管理功能以实现其动态自主重配置的功能,自适应重配置管理平面进行了一些改进^[5]。改进的模型称为“自认知重配置管理平面”,它把整个网元看作一个自主化实体,提供越层控制和重配置功能。

如图1所示,自认知重配置管理平面包括上下文信息管理模块、决策重配置管理模块、自配置管理模块和认知服务模块。

• 上下文信息管理模块:用来处理加工体系轮廓信息和具有可重配置功能的类标记、检测当地可用资源、执行资源分配命令并形成行为报告,以实现全球资源的最优化。

• 决策重配置管理模块:提出并评估动态策略规则。在定义系统行为

时,这些规则在用户和应用需求资源可用性和商业化方面在高层做了限制。此外,此模块还可以形成自我认知学习的上下文信息,使重配置设备的自主行为规范化以形成公正的重配置决策。

• 自配置管理模块:进行协议层和越层重配置方式的转换,负责当地资源的自我最优化调整并具有自我修复功能;另外,它还可以提供接入及安全控制机制,负责记录重配置结果信息。

• 认知服务模块:负责相关的容量控制和服务自适应程序。

• 感知导频信道^[6]:通过“带外”物理信道和“带内”逻辑信道实现多运营场景下的无线接入,提供上下文感知信息。

最后,经过如下步骤实现整个重配置过程:CPC感知周围环境,获取上下文信息和内部数据;协商确定合适的重配置行为;系统根据认知服务模块提供的容量控制及服务应用程序来满足用户的服务和容量需求;依据无线网络资源和网元的可能的调节来执行设备的重配置。

在上述重配置网络架构基础上,为了提供泛在无缝的接入能力,E2R技术必须能够在单一的可适应性系统上提供高效的多空中接口支持能力,以适应各种场景。其中一些具体流程及相应的设计问题将成为未来端到端重配置技术研究的重点。

1.3 频谱管理和无线资源管理

E2R研究有效利用频谱和无线资源的主要目标是最大程度提高无线资源利用率,为移动用户提供一种“无缝体验”。为了实现这个目标,必须减少不同无线接入技术、与接入技术对应的无线频谱资源分配机制和由不同接入技术所运营的无线网络环境的特殊性三者之间的差异。在此假设支撑下,为实现频谱分配的更加动态化,定义了不同资源最优化技术并通过评估将它们综合到统一的体

系结构中。

E2R所考虑的技术从不同管理域短期无线资源分配,延伸到单运营商异构网络下频谱资源的中期动态分配,及不同运营商条件下接入网络的无线资源的复杂分配及管理。后面的技术范围将进一步扩大,包括能够对于实时变化的可操作条件及需求作出反应的动态无线规划技术,以实现某地理区域资源的长期分配。

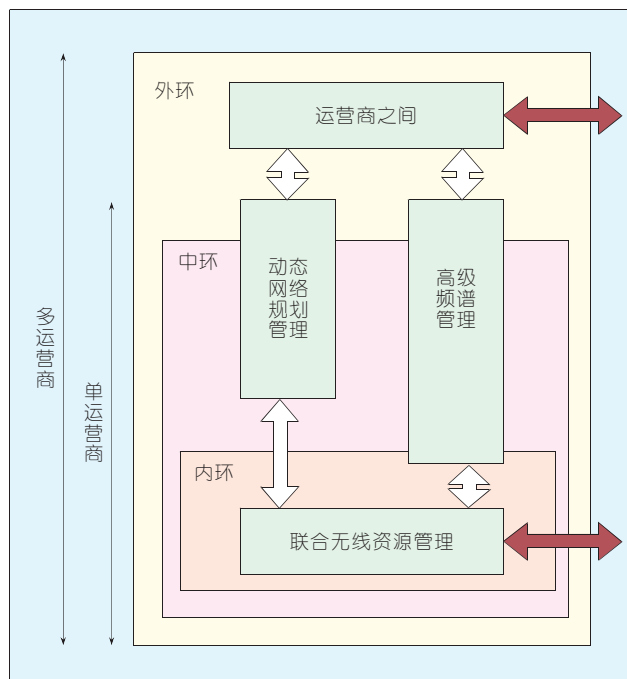
E2R中研究了一系列独立可操作的动态无线资源分配策略及技术,包括DNPM、ASM和JRRM。E2R提出了一种适应于所有级别案例的体系框架,包括不同的系统构想及时域、空域中无线资源需求分配。提出功能体系结构的目标是在运用任意分配技术的时、空域条件下,实现系统机制功能最优化。

DNPM、ASM、JRRM功能如图2所示。3项功能互相作用、互相联系,可以看作互锁循环,每个循环都依据相邻循环的输出参数做出相应的反应。一个循环距离系统中心越近,需要的反应时间就越短,相应的再分配时间也会变短。从一个整体系统的观点来看,为了实时有效的运作,JRRM、DNPM、ASM需要交互信息,如基站参数、空/时域通信流量测量、无线接入技术规范、用户参数选择等。图2中,白色箭头指网络内部接口,棕色箭头指对外的接口。

功能体系结构的主要机制推动了不同时空域、不同负载及需求下的无线资源的动态分配。在时域,ASM、JRRM技术用来处理资源极短、短期分配,DNPM技术主要用来处理多接入技术、服务下的中长期资源的动态分配。

设计JRRM是用来实现在异构条件下通信流量的最优化,侧重点不是不同接入技术之间的垂直切换。ASM的主要目的是使频谱分配最优化,包括异构条件下实现保护带宽分配的最佳化。DNPM算法是在考虑上下文信息、策略信息的前提下,处理无线接

图2
频谱和无线资源效率
功能体系结构



入技术和收发器频谱分配、用户需求QoS水平和无线接入技术需求分配策略信息。因此,DNPM增加了越层重配置功能。

E2R还提出了CPC的调度方案,CPC可以作为专门的物理信道,也可以作为一种应用无线接入技术的传输逻辑信道。同时提出了从网络到移动终端(MT)单向信息供应方法和双向交换机制(用来进行软件和策略的下载)。后面一种情况下,MT可以用CPC传输重配置参数、信道的检测条件、链接服务质量及资源选择策略报告。此外,为了使分布式决策的精确度最佳化,CPC还用来传输策略反馈信息。

2 未来重配置无线网络

如何对重配置技术理论继续深化和创新,并在现实网络予以应用,并最终实现现有的无线网络环境到未来的具有认知能力的重配置异构无线网络的渐进演化,将是未来端到端重配置研究的重要内容。异构重配置无线网络的应用实现,仍有不少问题需要解决,主要包括网络的自主认知能力实现和重配置技术在现实网

络中的应用等内容^[7-9]。

• 网络的自主认知能力:随着无线通信网络技术的多样化和异构化,传统的管理方式将不再适应网络环境的越来越多变的特性。为能够及时应对网络环境的变化,实现网络资源的最优化,网络的自主能力成为异构重配置无线网络的一个重要研究内容,这里的自主包括网络和终端的自认知、自管理、自配置、自学习等方面能力,认知理论^[10]是网络自主能力研究必不可少的重要组成部分。重配置无线网络的通信实体,包括终端都有认知功能,都能在通信过程中实现自适应、自配置的认知过程。重配置无线网络中的节点通过执行认知循环来实现信息交互,实现资源最优化的目的。

• 重配置技术在现实网络中的应用:为充分利用各种无线接入技术的特点,实现网络资源的最优化利用,未来重配置无线网络中的各个组成元素,包括终端、基站、接入点、网关等,都应该具有重配置能力。重配置技术针对无线接入环境的异构性特点,以异构资源的最优化使用和用户对业务的最优化体验为目标,综合

可编程、可配置、可抽象的硬件环境以及模块化的软件设计思想,通过软件和通信协议下载和配置,使网络和终端支持多种接入技术,并且可灵活适配。

为此,除了新型商业运营模式的开发以及政策监管方面的开放和支持以外,技术体系相关的问题包括体系结构与功能模块设计、设备管理机制与流程、优化的资源管理。随着重配置无线网络研究的不断发展,对这几个方面的研究有了新的要求:

(1) 体系结构与功能模块设计

重配置理论强调系统的概念,在已有的重配置体系框架研究的基础上,为了全面的支持对认知技术和网元的管理,对于网络架构不得不重新细致地考虑。这里需要研究网络功能的构成、网络实体的部署拓扑以及功能与实体间的耦合关系,设计适应异构网络演进的具有前瞻性的重配置认知网络体系架构。

(2) 设备管理机制与流程

端到端重配置不仅指无线接入技术(即制式)的改变,还包括更多、更具体的网络设备配置模式和功能变化;随着技术演进,终端和基站等设备将不仅具有重配置能力,还将拥有对网络和外部环境的认知能力。为此,需要研究网元功能的细粒度分解和重组的规则,设备对外部环境状况的认知,多种网络实体间的信息交互和协商机制,上下文的收集和管理机制,以及相应的自主管理流程等。

(3) 优化的资源管理

异构无线网络之间的技术互补性引发了网络融合的趋势,而目标就是要获得网络资源的优化利用,以提高系统性能和用户满意度。重配置技术为异构无线资源的管理和优化带来了更大的可行性和灵活性,然而系统复杂度的提升也带来了更多的挑战。作为重配置无线网络系统的设计目标之一,优化的资源配置和利用将通过不同层面和控制粒度的管理手段来实现,同时需要设计先进有效的

优化算法和机制。

3 结束语

重配置技术在认知无线网络系统框架及相应模块和流程、系统动态网络规划管理、灵活的频谱管理、联合无线资源管理等方面已经取得了很大的成就,但在其智能化、自适应认知功能的实现和具体技术实现的研究上仍然有很大的发展空间。未来的研究将侧重于网络中通信实体的自主、自适应、智能化的实现,形成新一代的具有自主认知功能的重配置网络体系。

4 参考文献

- [1] 纪阳,张平. 端到端重配置[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2006.
- [2] End-to-end reconfigurability (E2R II), European Integrated Project of the 6th framework programme[R/OL]. IST-2005-027714. <http://e2r.motlabs.com/>.
- [3] BOIRSE D, MUCK M, SIMON O, et al. End-to-end reconfigurability (E2R II): management and control of adaptive communication systems[C]//Mykonos Island, Greece, Proceedings of 15th IST Mobile Wireless and Communication Summit, Jun 4-8, 2006.
- [4] BOUFIDIS Z, FALK R, ALONISTIOTI N, et al. Network support modeling, architecture, and security considerations for composite reconfigurable environments[J]. IEEE Wireless Communications, 2006, 13 (3): 34-44.
- [5] MUCK M, BOURSE D, MOESSNER K, et al. End-to-end reconfigurability in heterogeneous wireless systems—software and cognitive radio solutions enriched by policy—and context-based decision making [C]//Budapest, Hungary, Proceedings of 16th IST Mobile Wireless and Communication Summit, Jul 1-5, 2007.
- [6] CORDIER P, HOUZE P, JEMAA S B, et al.

E2R cognitive pilot channel concept[C]//Mykonos Island, Greece, Proceedings of 15th IST Mobile Wireless and Communication Summit, Jun 4-8, 2006.

- [7] Project Overview [EB/OL]. <https://www.ict-e3.eu/project/overview/overview.html>.
- [8] Key Challenges [EB/OL]. https://www.ict-e3.eu/project/challenges/key_challenges.html.
- [9] Approach [EB/OL]. <https://www.ict-e3.eu/project/approach/approach.html>.
- [10] MITOLA J III, MAGUIRE G Q JR. Cognitive radio: making software radios more personal [J]. IEEE Personal Communications, 1999, 6 (4): 13-18.

收稿日期: 2009-01-21

作者简介



冯志勇, 北京邮电大学副教授、硕士生导师, 无线新技术研究所泛网研究室主任。研究方向为异构网络和认知无线网络。



孙美玉, 北京邮电大学无线新技术研究所读硕士研究生。目前研究方向为认知无线网络, 曾参与中国移动认知无线电项目、欧盟E3合作项目等。



张奇勋, 北京邮电大学无线新技术研究所读博士研究生。目前研究方向为异构网络融合、CPC感知导航、认知无线网络等, 曾参与国家“863”项目、欧盟E3合作项目, 已发表论文3篇。

勘误公告

因工作疏忽,《中兴通讯技术》杂志2009年第1期封面上刊印的专题名称“电信级以太网技术”出现错误,应为“网络编码理论与技术”。特此更正,并向广大读者致歉。

《中兴通讯技术》编辑部