

下一代网络的“绿色化”挑战

季薇, 吴鹏悦

(南京邮电大学 通信与信息工程学院, 江苏 南京 210003)

摘要: 不断增加的能源消耗和日益恶化的环境问题使得“绿色化”成为下一代网络的一个重要发展方向。主要研究和讨论了绿色无线通信系统在推进与实现过程中面临的问题, 总结了相关研究成果, 并探讨了下一代网络“绿色化”的研究方向。

关键词: 下一代网络; 能量效率; 绿色技术

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)24-0001-03

The challenges of the greening for next generation network

Ji Wei, Wu Pengyue

(College of Telecommunications and Information Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: Due to the increasing energy costs and environmental concerns, to make the next generation network greener becomes more and more important. In this paper, we discuss some problems in the development of green wireless communication systems, summarize the achieved outcomes related to green wireless communication and show the future research directions.

Key words: NGN(next generation network); energy efficiency; green technology

信息与通信技术 ICT (Information and Communication Technology) 的爆炸式发展显著增加了能源需求和二氧化碳排放, 使得能源危机和全球变暖问题变得日益严重。参考文献[1]指出, 全球能源的 3% 被 ICT 基础设施的运营所消耗, 由其而引起的二氧化碳排放占全球二氧化碳排放量的 2%, 这一数量相当于全球飞机的二氧化碳排放量或全球汽车二氧化碳排放量的四分之一。甚至, 移动运营商运营成本的一半都要用于能量消耗^[2]。

然而, 目前在 ICT 领域, 人们更加关心通信容量以及通信业务的多样化和稳定性, 而对能量效率却缺少足够的重视^[3], 主要体现在: (1) 以性能为目标来设计设备和系统, 而不是以能量效率为目标。大多数的移动通信技术以吞吐量、QoS 和可靠性等性能指标的最大化为目标, 从不或者很少关注网络设备的能量消耗。(2) 除了高峰时间, 其他时候网络设备并不是满负荷运行的, 因此通常情况下所需能量远低于最大可供能量。在这样一个过度配置的情况下, 功率不能根据网络或流量的变化而进行自适应的调整。(3) 大多数绿色通信技术以降低服务质量 QoS(Quality-of-Service) 换取能耗的降低。

不断增加的能源消耗和日益恶化的环境问题促使必须建立一个更节能的绿色无线通信系统。亟需一个新

《微型机与应用》2012年 第31卷 第24期

的颠覆性的策略和技术来解决能量有效性的各个问题, 包括: (1) 需要新的物理层技术来解决单天线和多天线无线通信系统中增加的复杂度和能效低的问题; (2) 需要支持低能耗的先进的媒体接入控制 MAC (Medium Access Control) 协议和无线资源管理程序; (3) 需要通过网络路由和管理模式的彻底改变实现显著的节能。以牺牲 QoS 来换取系统功耗的降低的方法并不可取^[2]。

本文主要研究和讨论绿色无线通信系统在推进与实现过程中面临的问题, 以及下一代网络“绿色化”过程中的一些非常有意义的研究课题和研究方向, 如绿色 4G 网络、协作通信、认知无线电、绿色移动传感器网络等绿色通信技术, 移动网络的云计算、“绿色化”和“服务质量”之间的折中, 以及基于预测的绿色技术等绿色服务技术和绿色移动网络中的价格机制等。

1 绿色通信技术

1.1 如何实现绿色 4G 网络^[3]

在未来十年内, ICT 的绿色化高度依赖于 LTE-Advanced 和 WiMAX 2 这两个下一代移动网络标准协议的能效。然而, 当前人们的关注点主要集中在频谱效率和容量性能方面, 对于节能问题则缺乏足够的重视。

为获得高吞吐量, 上述两种技术都采用了多输入多

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 1

综述与评论 Review and Comment

输出 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 技术, 这意味着巨大的能量消耗, 尤其在使用多用户 MIMO 技术时, 能量消耗问题更为严重。因此, 在处理上的复杂度、严格信道同步带来的能耗, 以及根据设备移动性和户外环境链路动态性进行信道表征带来的能耗等问题上应给予足够的重视。在 MAC 层, 需要设计面向 MIMO 且能量有效的 MAC 层协议, 通过自适应地调节天线数目达到可靠性水平与复用增益之间的平衡, 同时减少帧开销。最近出现的大型天线系统^[4]是一种有数百个天线单元的扩展 MIMO 系统, 其发射功率能随着天线数目增加而减小, 且天线直接指向用户而不是以广播的方式发射, 因而每个天线单元消耗更少的能量, 该设计极大地提高了移动网络的能效。目前的当务之急是进行实际的多用户大型天线系统的研究和试验。

当终端主机在小区边缘漫游时, 4G 网络支持站点内与站点间的多点协作通信来克服弱信号和小区间干扰。在小区边缘时, 终端主机与基站之间的通信总需要更高的功率。因此, 需在保证 QoS 的前提下, 设计高能效的多点协同通信算法。当终端主机从当前基站切换到更好的基站时需要一定的时间和能量来进行测距和关联的工作。因此, 无论是同构移动网络还是异构移动网络都需要更加高效和自适应的切换机制。

1.2 协作通信

无线信道的多径衰落特性是阻碍信道容量增加和 QoS 改善的主要原因之一。为克服无线通信网络动态性和无线资源紧缺性的影响, 并有效支持具有不同 QoS 要求的多样化宽带业务, 必须寻求进一步扩大信道容量、改善通信质量的新技术。作为一种新的空间分集技术, 协作分集通过多用户之间共享天线和其他网络资源的形式构造“虚拟多天阵列”, 并通过分布式处理产生协作来获得一定的空间分集增益。在协作系统中, 空闲的用户(节点)充当源与目的端之间的中继, 接收端将直传链路和中继链路接收到的信号进行融合解码。

在协作通信方面, 早期工作重点是中继选择策略。然而, 随着“绿色化”的进程, 协作网络的研究重点将转为减小传输部分的复杂度、低传输量时的能量节省、高效的无线传输架构和协议、高效的基站电源管理等^[5]。

需指出的是, 在一些实际环境中, 随着通信环境的变化, 使用中继有时反而会降低传输的质量。当使用中继却没有提升传输性能时, 会白白消耗功率, 增加温室气体。根据对无线传感器网络中的能量有效性和中继节点配置问题的初步研究, 能量有效性取决于多方面的因素, 如路径损耗指数、调制方式、信道衰落的程度、链路的数目(跳数)和信噪比的变化等^[6-7]。参考文献[5]定义了一个中继优势标准以研究中继什么时候有优势, 实施该标准的好处是更加绿色。由于不是一直打开中继, 节约的电能和减少的温室气体远超过一直使用中继时优化组件和系统所获得的效果。

2

1.3 认知无线电

目前适宜无线通信的频谱资源一方面十分稀缺, 另一方面又浪费严重。其原因在于: 静态的频谱分配体制与动态的频谱利用方式之间不匹配, 造成无线频谱规划紧张, 而利用效率低下。认知无线电可在不影响主用户通信的前提下, 智能地利用大量空闲频谱以满足次用户(即认知用户)的可靠通信, 从而实现频谱资源共享, 提高无线频谱的利用率。认知无线电必须通过主动监测来保持对内部和外部无线电环境中的用户行为和链路条件的感知, 这势必消耗大量的能量。认知无线电给移动运营商和用户都带来了机会和绿色效益, 但是受到实际认知无线电硬件发展的限制, 目前大多数工作停留在论文和仿真阶段^[3]。未来认知无线电三个主要的应用方向是对移动用户的智能频谱感知, 针对 QoS 需求的动态频谱分配以及在移动竞争条件下频谱的可靠性管理。

1.4 绿色移动传感器网络^[8]

面向未来移动通信的异构环境, 移动传感器网络和其他网络系统(如移动蜂窝网络)的集成将为用户提供实时无缝的智能服务。在移动传感网络中, 功耗问题将变得更加严峻。从数据压缩融合、传感配置、传感可视化、判断等角度来看, 需要对能量感知、移动性感知、QoS 需求以及配置成本等方面进行更深入的研究。特别地, 针对气候监测的绿色传感网络的大规模部署将大大有助于监测信息与通信技术和地球的绿色化。

2 绿色服务技术^[1]

2.1 移动网络的云计算

云计算通过有效的网络通信将个人客户端和企业级服务器的大部分计算转移到远处的云端(数据中心)。据预计, 云计算将对绿色通信与信息技术 ICT (Information and Communication Technology) 产业作出重大贡献, 从而有效地减少全球碳排放。尤其是电力和计算能力有限的移动设备, 受益于云计算的移动空间, 将有越来越多的机遇和优势, 不仅能够进行云存储和云计算, 也能得到无缝的移动服务。

然而, 实际分析表明, 云服务在目前阶段主要是针对存储、处理和传输的性能, 很少关注能源效率。Stratus 作为一个基于云服务的原型, 在能效方面尚有一系列技术亟待解决, 例如将不定时发生的传输聚合在一起而进行的数据融合、非对称的基于字典的压缩算法、云选择和云服务副本高效算法。在通信能耗和计算能耗的折中方面也将有更多的挑战, 例如计算需求和 QoS 需求的有效估计、为本地和云处理的自决定而进行的中间件能量感知、基于无线链路和用户的动态自适应配置。

2.2 “绿色化”和“QoS”之间的折中

现有的一些绿色方案, 往往以牺牲 QoS 来换取系统功耗的降低, 例如基于移动性的预测的节能方案, 在最坏的情况下, 预测失败反而会导致性能的严重下降。所以绿色技术的发展必须全面综合考虑网络容量、能源消

《微型机与应用》2012年 第31卷 第24期

综述与评论 Review and Comment

耗、合适的 QoS 等因素。在“绿色化”和“QoS”折中的研究方面,有如下几个可能的研究方向:

(1) 异构网络中的平衡: 移动设备有不同的存储容量、功耗限制和 QoS 需求。这种异构性使得设计一个综合的支持 QoS 架构非常困难。

(2) 配置和调度: 各种服务的配置和准确的预测将有助于网络系统进行有效的调度方法,提高能源利用效率和满足用户需求。基于管理的多重配置为移动网络用户提供高度的灵活性,为不同类型的用户提供服务和不同的 QoS 需求。

(3) 多无线电性能和 QoS: 设计多无线电终端主机的调度和优化时,QoS 和用户体验的连续性不受到无线接入扫描和切换的影响。有效的解决方案仍在寻求中。

2.3 基于预测的绿色技术

在实际的移动网络中,许多不必要的行为消耗了大量的能量,如资源分配的过度供给、移动性繁忙时的路由失败等。因此,基于人类活动性模型和移动模型进行业务动态性和用户活动性的精确预测,将有效防止资源的浪费并有效提高移动设备的能效。例如,参考文献[1]提到的集成 WiMAX 与 WiFi 网络的切换方案,通过对网络接口的适当预测智能地避免了不必要的切换并增加了连接的成功率,该预测通过对历史切换方案的精确建模实现了节能。还有一些其他的能量感知调度算法,可通过位置和历史模型进行信号预测,例如 Bartendr 算法。

预测辅助下的绿色技术有望在将来得到广泛应用。必须指出的是,该技术的实现有赖于对大量的地理和活性信息的收集,这也将带来更多的工业和能源消耗。怎样克服预测失败带来的最差情况,如何减少实时预测和学习方式的计算复杂性,是未来面临的挑战。

3 绿色移动网络中的价格机制

绿色移动网络中的一个更关键的问题是有效地定价机制。传统的定价机制重点是服务带宽和内容。因此,目前社会上还缺少一组具有代表性的绿色定价方案,只有少数相关的建议,如以补偿为基础的定价模型,该模型考虑了由于节约能量和移动虚拟网络运营商的资源限制造成的 QoS 下降。

在将来,研究人员必须慎重考虑有效的定价方案鼓励移动网络绿色化,从长远的角度减少全球二氧化碳排

放量。设计商用 3G、后 3G 和 4G 移动网络的固定和多跳方式的定价方案,以及基于认知无线的移动网络定价方案十分重要。

无线通信的飞速发展和用户业务的快速增长,为无线通信网络设计带来了新的机遇和挑战。未来的无线通信系统面临的巨大挑战之一是限制电池供电设备的能量消耗。在“绿色通信”框架内,有待实现一场技术性的革新。本文针对下一代网络的“绿色化”,探讨了绿色无线通信系统在推进与实现过程中面临的问题和研究方向。

参考文献

- [1] KARL H. An overview of energy efficient techniques for mobile communication systems[C]. Technische University Berlin, 2003.
- [2] RENZO M D, ALONSO L, FITZEK F H P. GREENET—An early stage training network in enabling technologies for green radio[C]. 2011 IEEE 73rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 15–18 May 2011:1–5.
- [3] Wang Xiaofei, VASILAKOS A V, Chen Min, et al. A survey of green mobile networks: opportunities and challenges [J]. Mobile Networks and Applications, 2012, 17(1):4–20.
- [4] GreenTouch. GreenTouch demonstrates large-scale antenna-improving energy efficiency[EB/OL]. <http://www.youtube.com/watch?v=U3euDDrOuvo>. Accessed 5 Mar 2011
- [5] BBAULIEU N C. To relay or not to relay in cooperative networks: that is the green question[EB/OL]. <http://www.icctconf.org/ks.asp>.
- [6] 江若宜,季薇,郑宝玉. 无线传感器网络中协作通信的能耗优化方法研究[J]. 电子与信息学报,2010,32(6):1475–1479.
- [7] 季薇,郑宝玉. 基于能量有效性的协作节点配置问题研究[J]. 信号处理, 2011,27(3):321–327.

(收稿日期:2012-08-16)

作者简介:

季薇,女,1979 年生,博士,讲师,主要研究方向:无线通信与通信信号处理。

吴鹏悦,男,1986 年生,硕士研究生,主要研究方向:无线通信与通信信号处理。