

宽带无线频谱分配建模研究

江 莎¹, 江晓华², 熊载禹³

(1.重庆邮电大学 通信与信息工程学院, 重庆 400065; 2.西昌卫星发射中心, 四川 西昌 615000;
3. 贵州航天天马机电科技有限公司, 贵州 遵义 563000)

【摘要】随着无线通信的发展, 研究如何提高频谱利用率的方法是必然趋势。本文将具有不同特性的静态频谱, 竞拍频谱以及动态频谱进行联合分配研究。对频谱可用性特性指标和基于M-LWDF算法的服务质量指标进行了详细的分析说明。并提出了一种有序匹配算法。该算法通过频谱可用性和服务质量指标的有序对应匹配, 实现多种频谱资源相结合环境下的频谱分配方案。并通过与随机分配、先静态、后动态的分配方案进行对比, 用MATLAB仿真工具验证了该算法在平均总速率、平均失败次数等方面的优越性。

【关键词】 频谱分配; 频谱可用性; 有序匹配算法

【中图分类号】 TN925 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1673-1891(2015)01-0046-03

DOI:10.16104/j.cnki.xccxb.2015.01.015

前言

日前, 无线网络的快速发展刺激着人们对各种网络应用需求呈现爆炸式增长, 要求无线通信技术提供更多更好的服务。但传统频谱往往采用固定分配方式, 因此可供分配的频谱资源日渐缺乏^[1]。故而, 出现了许多新型的频谱分配研究方案以达到对频谱的高效利用^[2]。

伴随着相关技术的发展, 可供系统分配的频谱主要分为以下三种:

①静态频谱资源。静态频谱资源指系统中使用的授权频谱资源。目前的3G移动通信系统、LTE (Long Term Evolution) 等都属于利用静态频谱资源进行数据传输。

②竞拍频谱资源。该资源在一定时间内出租给公司或得到某段频谱使用权的公司根据自己的业务量采取竞拍的方式短时出租。根据最后的使用时长结算相关费用。例如TVWS (TV White Space) TV空白频段等。

③动态频谱资源。动态频谱资源是指利用认知无线电(Cognitive Radio)技术感知其他无线通信系统的空闲频谱, 利用发现的“频谱空洞”完成通信, 而这种频谱空洞被看做是动态频谱资源。

然而, 无论是基于认知无线电^[3]系统里动态感知技术的频谱分配还是竞拍的频谱分配^[4], 亦或是固定频谱资源的分配, 大都停留在单一的频谱资源分配的基础上。

为了更好的利用频谱资源, 人们逐渐将目光投向多种频谱的动态联合使用。例如2014年, 华为与西欧运营商对GSM<E动态频谱共享方案完成实

验室测试, 并计划在年底完成商用网测试和商用部署^[5]。

总的来说研究多种频谱资源下的频谱特征评估和分配方式, 可以更好地利用频谱资源, 使得系统的总容量具有自适应调节能力, 从而控制系统成本, 降低用户通信费用, 增强终端的环境适应性。

面对以上研究背景本文面向未来无线大宽带业务, 联合考虑三种不同的频谱资源, 从信噪比, 带宽, 可用时长, 价格因子等因素进行频谱建模并完成频谱可用性评估, 和具体用户的需求结合, 设计基于频谱可用性建模的分配方案, 并和相关算法进行对比分析。

1 频谱特性指标及可用性分析

本文在频谱分配之前考虑3种不同类型的频谱, 对信噪比, 可用时长等特征进行建模并设计相应的可用表达式如下公式:

$$K_n = w1 \frac{SNR_n}{\max(SNR_n)} + w2 \frac{W_n}{\max(W_n)} + w3 \frac{T_n}{\max(T_n)} + w4 (1 - \frac{C_n}{\max(C_n)}) \quad (1)$$

其中参数满足 $w1+w2+w3+w4=1$ 具体解释如下:

K_n : 第n个信道的频谱可用性

SNR_n : 第n个信道的信噪比

W_n : 第n个信道的带宽

T_n : 第n个信道的可用时长

C_n : 第n个信道使用的价格

表达式中可直观体现衡量频谱可用性的思路。相对而言, 信噪比大的, 带宽更宽的, 可用时长长的, 竞价因子小的频谱具有更高的可用性。

针对本文研究的三种频谱资源在各个特征评

收稿日期: 2014-10-02

作者简介: 江莎(1990-), 女, 硕士研究生, 主要从事通信与网络研究。

价指标上的含义以及仿真取值作如下说明:

信噪比 SNR_n 对于不同类型的频谱资源均服从随机分布。

信道带宽 W_n 选取LTE-A系统中对带宽的基本要求即1.4MHz, 3.5MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz^[6], 随机产生。由于竞拍频段和静态频谱频段的频谱质量相对较好,所以在仿真中,产生高带宽的频谱概率较于动态频谱要高。

可用时长 T_n 是频谱在一个调度周期中表现出来的相对时间,由于在公式中比较的是比例,所以在一定程度上可用主用户到达率代表,服从[0,1]的随机分布。而静态频谱和竞拍频谱由于不会涉及到主用户的到达而引起切换,故它们的主用户到达率均为0。

价格函数 C_n 中,由于业务需求用户属于动态占用主用户的频谱,通过感知“频谱空洞”伺机接入使用,不需要向主用户支付费用,即动态频谱的价格函数为0。静态频谱分配的价格参数一般由国家按照行政审批的方式分配给用户。若 S_i 表示一个无线通信系统每年向国家支付的单位频谱金额,其使用周期为 T ,那么其周期内的使用价格 c_{client} 为:

$$c_{client} = \frac{S_i}{365 \times 24 \times 3600} \times T \quad (2)$$

本文的竞拍价格函数参照文献^[7]进行改进。由于在竞价系统中存在惩罚性收费原则,用户获得的频谱资源增多,其单位频谱的价格也会随之增高。因此加入非线性递增后,重新定义频谱价格。式中 p_i 表示单位频谱的价格, f_i 则表示用户 i 获得的频谱资源, f_0 表示频谱数量,则竞拍价格可以表示为:

$$C_i(f_i) = p_i \frac{f_i}{f_0} = c_i \frac{f_i}{f_0} p_0 \sqrt[3]{\frac{f_i}{f_0}}, i = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

从表达式(1)中还可以看出 w_1, w_2, w_3, w_4 作为调谐因子其取值影响着频谱可用性的衡量大小。不同的系统可以选择不同的 w 取值,只需要满足约束条件 $w_1+w_2+w_3+w_4=1$ 。例如在数据传输要求准确的系统中适当的调整 w_1 的比重以保证信噪比,对于大带宽业务, w_2 的取值更大能够为用户提供更多的可用带宽。对于差错率要求不高的语音系统,频谱使用的价格相对越小越好,所以可以提高 w_4 的比重。对于 w 的具体取值,也可以用层次分析法AHP确定。但从灵活性和计算量的角度出发,最好依据不同的系统作出动态调整。 w 在较小范围内变化时,对结果的影响也较小,所以可以省略AHP等较为复杂的确定算法。

2 用户调度需求指标

该频谱分配算法中还需利用到用户的业务请求分析完成和频谱的对应分配。

Andrews等提出了改进的最大加权时延优先算法M-LWDF(Modified Largest Wait Delay First)算法^[8]。其核心思想在于不同的业务请求获得的无线资源优劣应与其对于的QoS需求成比例。较大的QoS应分配予相对好的无线资源。综上用户的业务需求公式如下:

$$QoS = -\log_2(\delta) \cdot \frac{R_i}{T} \quad (4)$$

其所用参数描述如下:

δ : 语音业务的丢包率上限;

T : 语音业务的时延上限;

R_i : 用户的需求速率;

利用该公式可以为用户请求进行优先级排序,从指标上更加便利的描述了用户需求。

3 有序匹配算法MAX

基于以上对频谱特征及可用性的建模分析,以及用户业务需求的基本描述,为频谱的联合有序匹配的分配算法打下基础。

在本文中,假定可用频谱的集合为 $\{K_1, K_2, \dots, K_M\}$,共有M个可用频谱,相当于建立了一个多种频谱的联合频谱池,其中包括静态、竞拍以及动态频谱资源。业务需求用户的集合为 $\{SU_1, SU_2, \dots, SU_N\}$,共有N个用户。通过采用本文提出的MAX有序分配方法进行频谱分配其具体的算法步骤为:

①系统初始化包括频谱池和用户池

②计算联合频谱池内M个频谱的可用性大小,用一维向量 $K(i)$ 表示,再将向量元素按照降序排列,得到新的矩阵向量 $K_{max}(i)$ 从而建立起频谱的可用性模型;

③计算N个用户的业务需求指标,同理按照降序重新排列得到 $Q_{max}(j)$,建立起用户需求模型。

④将向量矩阵 $K_{max}(i)$ 和 $Q_{max}(j)$ 里面的元素按照 $i \leftrightarrow j$ 的方式一一映射对应匹配,最后得到一个新的二维矩阵 $R(i, j)$,该二维矩阵的对应关系代表着频谱资源和用户的分配结果。

4 仿真分析

本文采用仿真工具MATLAB对提出的MAX分配方法进行了仿真验证,在仿真过程中为了体现其可用性和优势,将其与随机分配方法RAN以及另一种在资源分配时为服务质量需求靠前的用户先分配静态资源后分配动态资源的分配方法CHU进行仿真对比,仿真结果包括平均用户分配失败次数和平均每轮总速率。如图1~图2所示:

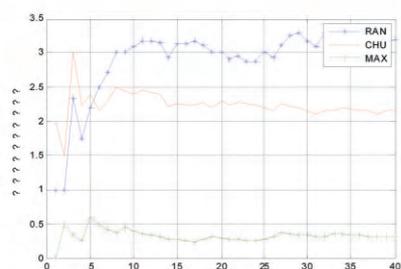


图 1 平均用户失败次数

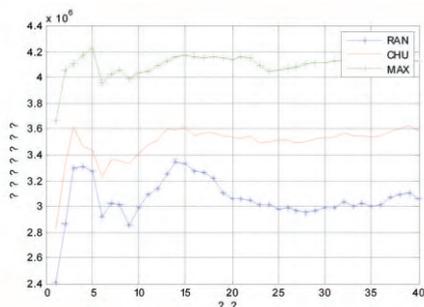


图 2 平均每轮总速率

可以看到,从失败次数来说,有序匹配算法(MAX)相对随机排序分配算法(RAN)和先静后动排序的分配算法(CHU)其失败的次数要少,说明MAX分配能够基本满足用户需求。此外,分配中也有可能甚至失败次数大于RAN算法的情况,这是由于CHU算法采用的是一种固定思维,并没有将多种因素进行考虑,从这一点上也可以说

明将动态和非动态频谱结合起来考虑的优越性。而RAN本身的不确定性注定它的结果也会随机变化,分配失败或者结果的大抖动不可避免。从另一方面来看,较大的信道容量对应着较大的带宽和信噪比,进一步验证了频谱可用性公式对应的正比例关系。

由图2可以看出MAX算法就平均每轮的总速率来说相对也好。该分配过程对信道进行了充分利用,使得平均每轮总速率有一定程度的改善。其次,在用户需求公式里面,由于时延上限和丢包率上限均是固定值,最大的服务质量映射的是最大用户速率需求,因此按照MAX分配出来的频谱总速率会最大。

总的来说该算法具备分配简单、直观,计算量较小的实用性,为未来解决多种频谱资源共存的分配环境提供了解决思路。

5 结束语

本文提出针对动态频谱和非动态频谱相结合进行的联合频谱分配算法,首先对频谱可用性的特征指标和业务需求用户的服务质量指标进行了分析建模,进一步提出的频谱可用性公式,结合M-LWDF算法,介绍了对应分配的MAX关键算法,并对分配算法的步骤进行了介绍,最后对仿真图形进行了相关分析,验证其可用性和优越性。

注释及参考文献:

[1] Shanzhi Chen and Jian Zhao. The Requirements, Challenges, and Technologies for 5G of Terrestrial Mobile Telecommunication[J], IEEE Communications Magazine, May 2014:36-43

[2] Alexandru Vulpe, Octavian Fratu,Albena Mihovska,et al,A Multi-Carrier Scheduling Algorithm for LTE-Advanced.NICT [J]. 2013, 1882-5621/13/

[3] Zhengwei Wu,Peng Cheng,Xinbing Wang,etal. Cooperative Spectrum Allocation for Cognitive Radio Network: An Evolutionary Approach[J].2013 IEEE ICC,2013(s):1-5

[4] Richard Southwell,Xu Chen,et al.Quality of Service Games for Spectrum Sharing[J],JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, March,2014,3(32):589-599

[5] C114 中国通信网,华为 GSM<E 动态频谱共享方案率先在欧洲完成联合测试[EB/OL].http://www.c114.net/news/126/a818064.html

[6] Guangxiang Yuan, Xiang Zhang ,Wenbo Wang. Carrier Aggregation for LTE-Advanced Mobile Communication Systems [J]. Communications Magazin, 2013:88-93.

[7] 邓薇.认知无线网络中频谱空洞与竞拍资源的联合分配技术研究[D].重庆:重庆邮电大学,2013.

[8] 鲜永菊.面向服务质量保障的认知无线电核心技术研究[D].重庆:重庆大学,2012.

(下转第 72 页)

注释及参考文献:

- [1] 赖小民.关于着力解决中小企业融资难题的建议[EB/OL].http://politics.gmw.cn/2013-03/13/content_6992084.htm.2013 03 13.
- [2] 中国人民银行.2014年上半年金融机构贷款投向统计报告[EB/OL].<http://www.pbc.gov.cn/publish/diaochatongjisi/3172/index.html>.2014 07 25.
- [3] 石永强,张智勇,杨磊.中小物流企业融资模式的创新研究—基于物流金融[J].技术经济与管理研究,2012(5):97-99.
- [4] 彭勇,田野.中小型企业物流融资模式探讨[J].物流科技,2014(2):59-61.
- [5] 董振宁,曾志江,刘文娟.物流金融常见运作模式与适用范围比较研究[J].物流工程与管理,2014(2):39-40.

The Strategy of SMES in Financial Development Based on Logistics Financial Perspective

WU Jing-hong, LV Neng-fang

(Anhui Business College of Technology, Wuhu, Anhui 241000)

Abstract: Statistics show the importance of the development of small and medium enterprises of our country, which points out the current problems existing in the process of small and medium enterprise financial services, introduces the concept of the logistics financial, sums up the logistics finance in theoretical research and practical application of research results, detailedly analyzes of three kinds of logistics financial model process and each participation main body point of win-win. On this basis, combining with the development of the logistics financial trends and characteristics of different types of small and medium-sized enterprise financial service demand, from the perspective of enterprise financial demand difference, different types of small and medium enterprises developments of the logistics financial strategy are given.

Key words: small and medium enterprises; logistics financial mode; the difference of financial demand



(上接第 48 页)

Study on the Distribution Modeling of the Broadband Wireless Spectrum

JIANG Sha¹, JIANG Xiao-hua², XIONG Zai-yu³

(1.Department of Communication and Information Engineering, Chongqing University of Posts and Telecommunication, Chongqing 400065; 2.Xichang Satellite Launch Center, Xichang, Sichuan 615000; 3.Guizhou Aerospace Tianma Machine-electric S&T Co.Ltd, Zhunyi, Guizhou 563000)

Abstract: With the rapid wireless communication technology development, research on improving the spectrum utilization is a growing trend. This paper studied spectrum allocation method with the static spectrum ,auction spectrum and dynamic spectrum . It explained the spectrum availability of spectrum, which covers signal-to-noise ratio, price and so on. It also analyzed the request of service based on the algorithm of M-LWDF. This paper put an orderly matching algorithm based on supporting the quality of service. It used MATLAB to prove the advantage of the average numbers of failure and the average total rate compared with the RAN and CHU.

Key words: spectrum allocation; spectrum availability; orderly matching algorithm