

联合考虑信道空闲和切换概率的频谱切换

武俊生 李雪梅

(山西大学工程学院计算机系 太原 030013)

摘要 为了减少频谱感知时间所导致的切换时延,以提高认知用户频谱切换性能,提出了一种基于联合考虑信道空闲和切换概率的认知网络频谱切换方法。在进行信道感知排序时,不仅考虑切换发生时的信道空闲概率,还考虑使用该信道时不再发生切换的概率。通过仿真实验测试了该方法的性能。结果表明,相对于其它频谱切换方法,该方法可大幅度减少切换次数,为用户提供更加可靠的服务。

关键词 频谱切换,信道感知排序,切换次数,切换时延

中图分类号 TP393 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2014.08.037

Spectrum Handoff Based on Jointly Considering Channel Switching Idle and Switching Probability

WU Jun-sheng LI Xue-mei

(Department of Computer Science, Engineering College of Shanxi University, Taiyuan 030013, China)

Abstract In order to reduce delay time of spectrum handoff and to improve performance of the spectrum handoff, this paper proposed a novel spectrum handoff method of cognitive network based on jointly considering channel switching idle and switching probability. Channel scheduling not only considers the channel idle probability when switching occurs, but also considers the probability that switching no longer occur when using the channel. The performance of the method was tested through the simulation. The results show that compared with other switching frequency spectrum method, this method can not only obtain minimum delay of, but also significantly decrease the handoff times compared with the traditional method, so it can provide high-quality service for users.

Keywords Spectrum handoff, Channel sensing sequencing, Handoff times, Handoff delay

1 引言

在认知无线网络中,通信的效率直接受到频谱利用率的影响。在提高频谱利用率方面,最主要的手段是根据实际的通信需求对频谱进行切换处理,使用户的通信请求能够在最短的时间内获取匹配频段。因此,认知无线网络中的频谱切换方法已经成为无线通信领域中需要研究的热点问题,受到了很多专家的关注^[1]。

针对认知无线网络频谱选择和切换问题,国内外专家对其进行了大量、深入的研究,提出了许多有效的认知网络频谱切换方法^[2,3],如 Zheng 等根据认知无线网络系统有效带宽最大化原则,提出一种基于图论着色理论的认知网络频谱切换方法^[4];Buddhikot 等提出一种分布式局部议价信道的认知网络频谱切换方法,通过对细小改变做出补偿,快速实现认知网络频谱切换^[5];Weiss 提出一种最大化信道利用率的动态认知网络频谱切换方法,但该方法存在缺乏灵活性等缺陷^[6];Mark 等基于博弈理论,提出一种动态认知网络频谱切换算法,根据认知用户频谱需求进行多次动态调整,实现频谱分布均衡^[7];Bae 根据拍卖理论,提出一种新型的认知网络频谱切换方法,以解决频谱冲突难题^[8];Zhao 提出一种基于群智能化的认知网络频谱切换方法,首先建立频谱切换数学模型,然

后采用群智能化方法对模型进行求解,找到最优认知网络频谱切换方案^[9]。由于认知网络频谱切换方法没有同时考虑信道空闲和切换概率对方法性能的影响,存在易陷入局部最优、求解时间长等不足^[10,11]。

为了减少频谱感知时间所导致的切换时延,以提高认知用户频谱切换性能,提出了一种基于联合考虑信道空闲和切换概率的认知网络频谱切换方法。该方法在进行信道感知排序时,不仅考虑切换发生时信道空闲的概率,同时考虑使用该信道时不再发生切换的概率。通过仿真实验测试了该方法的性能。

2 系统模型

假设一个认知网络包括一个基站、 M 个认知用户,以及 N 个通信,主用户用时隙蜂窝网络结构进行通信,并采用面向连接的 MAC 协议,具体如图 1 所示^[12]。认知用户可以动态地利用主用户信道,但当主用户全用该信道的情况,认知用户无条件让出频谱,切换到其它空闲信道继续进行数据发送,该过程称为认知网络的频谱切换。目标信道的选择可分基于频谱预测和感知两种情况,本文采用基于感知的频谱切换。在图 1 中,认知用户 SU1 和 SU4 均无数据发送,它们周期性地感知信息发送给基站,认知用户 SU3 和 SU4 均有数据发

到稿日期:2013-09-20 返修日期:2013-10-20

武俊生(1965—),男,硕士,副教授,硕士生导师,主要研究方向为行业软件开发与网络应用,E-mail:wujsheng@163.com;李雪梅(1962—),女,教授,硕士生导师,主要研究方向为数据挖掘与网络应用。

送,如果出现与主用户竞争信道的情况,需要进行频谱切换,那么它们就向基站获取有关信道的信息,找到一个较优的空闲频段,从而实现频谱切换,继续进行数据发送。

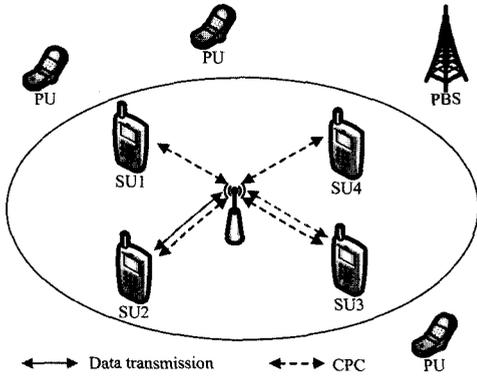


图1 认知网络结构图

3 联合考虑信道空闲和切换概率的频谱切换方法

3.1 时延最小频谱切换方法及存在的问题

在认知无线网络中,每一信道均有“空闲”和“被使用”两种状态,分别采用“0”和“1”即 $\{0,1\}$ 表示。马尔科夫过程可以较好地描述信道“空闲”和“被使用”状态间的变换,具体如图2所示,那么信道 i 从时刻 t 的状态 k 转移到时刻 $t+\Delta t$ 的状态 l 的概率为:

$$P_{kl}(\Delta t) = P\{S^i(t+\Delta t) = l | S^i(t) = k\} \quad (1)$$

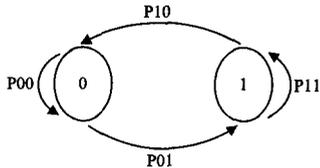


图2 信道状态转移过程

信道 i 在 $t+\Delta t$ 时刻要进行频谱切换,而信道状态的最近统计信息在 t 时刻感知到,则 i 在 $t+\Delta t$ 时刻的空闲概率为:

$$P_{idle}^i = \begin{cases} P_{i0}(\Delta t), & S^i(t) = 1 \\ P_{i0}(\Delta t), & S^i(t) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

那么采用马尔科夫链可以得到信道具有指数分布形式:

$$P_{00}^i(\Delta t) = \frac{\mu_i}{\lambda_i + \mu_i} + \frac{\lambda_i}{\lambda_i + \mu_i} e^{-(\lambda_i + \mu_i)\Delta t} \quad (3)$$

$$P_{10}^i(\Delta t) = \frac{\mu_i}{\lambda_i + \mu_i} - \frac{\mu_i}{\lambda_i + \mu_i} e^{-(\lambda_i + \mu_i)\Delta t} \quad (4)$$

式中, Δt 是两次频谱切换的时间间隔^[13]。

时延最小频谱切换方法忽略了信道容量,当信道质量较差时,如果认知用户选择该信道,则会导致频谱切换过于频繁,大幅度增加切换次数,降低信息利用率^[14]。

3.2 解决思路

为了解决上述难题,在进行信道排序时,联合考虑信道空闲和切换概率,引入一个新参数 $P_i(T_i)$ 。当发生频谱切换时,信道 i 的传输速率为 R_i ,剩下 L' 的数据要进行发送,那么认知用户完成 L' 传输的时间为:

$$T_i = \frac{L'}{R_i} \quad (5)$$

信道 i 的最大传输速率计算公式为:

$$R_i = B_i \times \log_2(1 + SNR_{dB}^i) \quad (6)$$

式中, B_i 为信道带宽, SNR_{dB}^i 为信噪比,其计算公式为:

$$SNR_{dB}^i = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{signal}^i}{P_{noise}^i} \right) \quad (7)$$

式中, P_{noise}^i 是信道 i 上的背景噪声功率; P_{signal}^i 可表示为:

$$P_{signal}^i = P_i - L_i \quad (8)$$

式中, P_i 是发射功率; L_i 是路径损耗。

根据 Okumura-Hata 路径损耗模型^[15], L_i 的计算公式为:

$$L_i = \alpha_i + \beta \log_{10} d - \gamma \quad (9)$$

式中, α 为中心频率的影响; d 代表距离; β 和 γ 为发射和接收机受高度的影响程度,且有:

$$\begin{cases} \alpha_i = 69.55 + 26.16 \log_{10} f_c - 13.82 \log_{10} h_b \\ \beta = 44.9 - 6.55 \log_{10} h_b \\ \gamma = 3.2 (\log_{10}(11.7554 h_r))^2 - 4.97 \end{cases} \quad (10)$$

根据以上公式,通过对各个信道上 SNR_{dB}^i 进行预测,可得到传输速率 R_i 。假设 T_{OFF} 服从指数分布:

$$P(T_{OFF} \geq T_i) = e^{-\lambda_i T_i} \quad (11)$$

当认知用户切换到信道 i 时,若信道 i 的空闲期已经持续了时间 t ,那么空闲期还能持续的概率为:

$$P_i(T_i) = \frac{P(T_{OFF} \geq t + T_i)}{P(T_{OFF} \geq t)} = P(T_{OFF} \geq T_i) = e^{-\lambda_i T_i} \quad (12)$$

3.3 本文方法的工作步骤

Step 1 认知用户进行网络数据发送时,会周期性地对所有信道进行感知,然后把感知信息传输给基站。

Step 2 认知用户在数据送达过程中,如果主用户需要使用该信道,那么该认知用户就向基站发送信道状态信息 λ_i 、 μ_i 以及最近一次信道的感知信息 $S^i(t)$ 。

Step 3 计算概率 P_{idle}^i 和 $P_i(T_i)$,然后认知用户根据 $P_{idle}^i \cdot P_i(T_i)$ 对信息进行排序,并切换到第一个感知为空闲的信道。

Step 4 若感知了所有 $N-1$ 个信道后,仍然无法寻找到一个空闲信道,那么就要等待一个允许等待的时间 T_{retry} ,然后转 Step 3 继续寻找空闲信息。

Step 5 不断重复上述步骤,直到满足给定的条件为止。

基于联合考虑信道空闲和切换概率的认知网络频谱切换方法的工作流程如图3所示。

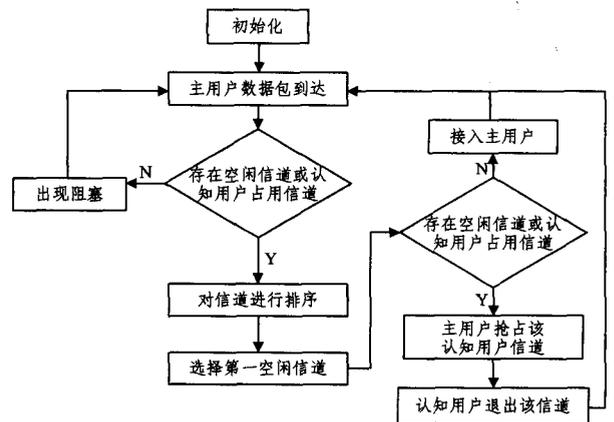


图3 本文频谱切换方法的工作流程

4 仿真实验

4.1 仿真环境

为了测试本文提出的认知无线网络频谱切换方法,在

CPU为P4双核3.8GHz, RAM为2G, 操作系统为Windows XP的测试环境中, 采用MATLAB 2012进行仿真实验。同时为了让本文方法更具说服力, 选择文献[14]的认知无线网络频谱切换方法作为对比。信道参数设置如表1所列。

表1 信道参数

信道参数	取值
平均空闲期	4~8s
平均繁忙期	4~8s
可到达速率	0.5~1.0MB/s
感知周期	1s
允许等待的时间	0.1s

4.2 结果与分析

4.2.1 需要感知的总信道数比较

当主用户的可用信道数 $N=16-25$ 时, 找到一个空闲信道所需要感知的总信道数 N_s 的变化曲线如图4所示。从图4可知, 随着可用信道数增加, 本文频谱切换方法与文献[14]方法的 N_s 逐渐减小, 这主要是由于随着信道数的增加, 空闲信道数相应增加, 认知用户选择信道数随之增加, 这样用户间干扰和冲突概率减小, 因而可以很快找到一个空闲信道。同时从图4可以看出, 当可用信道数 $N=16$ 时, 本文频谱切换方法的 N_s 比文献[14]的高约5.5%, N 增加到25时, 两种频谱切换算法的 N_s 没有明显差异, 这说明, 当主用户的可用信道数充足时, 认知无线网络频谱分配方案性能相差不大。

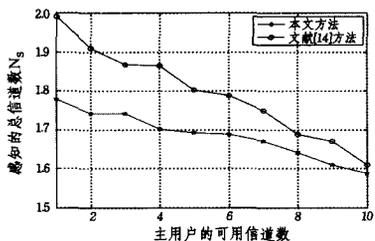


图4 两种方法需要感知的总信道数比较

4.2.2 频谱切换次数比较

主用户的可用信道数 $N=16$ 时, 本文频谱切换方法与文献[14]方法的用户频谱切换次数变化曲线如图5所示, 共进行了100次实验。从图5可知, 文献[14]频谱切换方法的最小切换次数为135, 最大切换次数为350, 平均切换次数为270; 而本文频谱切换方法最小切换次数为106, 最大切换次数为298, 平均切换次数为210。在100次仿真实验中, 本文方法有75次的切换次数明显减少。这主要是由于本文频谱切换方法同时兼顾了信道空闲和切换概率, 认知用户能够找到一个授权用户接入概率低、性能相对稳定的信道进行数据通信, 数据传输中断概率相对较小, 进而大幅度缩短切换延时。

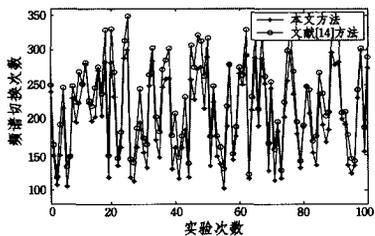


图5 两种方法的频谱切换次数比较

4.2.3 认知用户通信中断概率对比

当一个认知用户的切换请求到达时, 认知网络系统却没有可用信道, 然后认知用户在允许的等待时间内仍然没有可

用信道, 则认为出现认知用户通信中断, 从而导致认知用户通信失败, 这是认知用户在无线网络通信中最不愿意出现的现象。当前主用户的频谱利用率变化时, 本文频谱切换方法与文献[14]方法的认知用户中断率如图6所示。从图6可知, 本文方法的用户中断概率要明显低于文献[14]方法, 尤其当主用户工作处于频繁状态时, 本文方法的优势就更加明显, 这主要是由于本文频谱切换方法可以找到一个认知用户比较稳定的信道, 降低了通信中断概率。

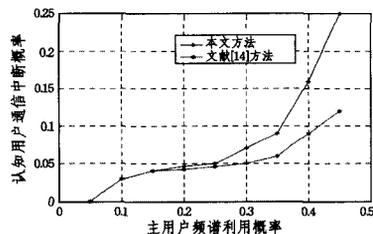


图6 两种方法的认知用户中断概率比较

4.2.4 系统收益对比

当 $N=20$ 时, 本文频谱切换方法和文献[14]方法的用户频谱切换次数变化曲线如图7所示。从图7可知, 在大多数情况下, 本文认知无线频谱切换方法获得的系统效益要明显优于文献[14]方法的系统效益, 这表明本文认知无线频谱切换方法提高了认知系统的效益, 可以较好地满足认知无线网络频谱切换要求, 提高了认知网络的实用性。

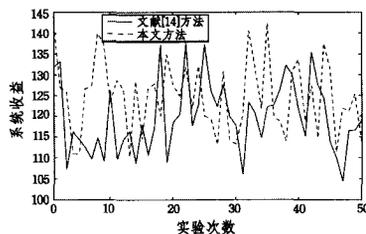


图7 两种方法的系统效益对比

结束语 认知无线网络是解决频谱利用率低和频谱资源匮乏间的矛盾的一种重要技术, 然而频谱切换方法是频谱利用率较低的关键, 为此, 提出了一种基于联合考虑信道空闲和切换概率的认知网络频谱切换方法, 并通过仿真实验对方法进行测试。结果表明, 相对于其它频谱切换方法, 本文方法同时兼顾了信道空闲和切换概率, 大幅度减少了用户频谱切换的次数, 保证了最小的切换时延, 提高了用户服务质量。

参考文献

- [1] Akyildiz F, Vuran MC, Mohanty S. A survey on spectrum management in cognitive radio networks [J]. IEEE Communications Magazine, 2008, 46(4): 40-48
- [2] 朱星宇, 周怀北, 黄俊园. 认知无线网络基于信道感知排序的频谱切换 [J]. 电信科学, 2013, 12(4): 51-55
- [3] Sardellitti S, Giona M, Barbarossa S. Fast distributed average consensus algorithms based on advection-diffusion processes [J]. IEEE Trans. Signal Process, 2010, 58(2): 826-842
- [4] Zheng H, Peng C. Collaboration and fairness in opportunistic spectrum access [C] // Proceedings of the IEEE International Conference on Communications (ICC). Seoul, Korea, 2005: 3132-3136

(下转第208页)

QoS 信息和用户反馈回来的 QoS 真实值的偏差问题,增强了 QoS 认证中心和服务使用者的功能,引用了 QoS 量化概念和服务等级协议(SLA),且支持携带 QoS 描述信息的服务发布和 QoS 约束的服务发现,引用了一组描述 Web 服务 QoS 属性和信誉度的分类 tModel 来监控用户反馈的信息和 Web 服务提供的 QoS 信息的差异。通过在消费者端计算本地规约值和验证值得到服务更真实的信誉度,可方便消费者根据自身的喜好来选择服务;在 QoS 认证中心端根据服务被调用的情况和由消费者反馈的信息得出服务的全球规约值、验证值和信誉度,从而能更加客观地得出服务的信誉度,以便能更加准确地满足服务使用的需求。实验证明了本文提出的方法的可行性和有效性。

参 考 文 献

- [1] Funk C, Schultheis A, Linnhoff-Popien C, et al. Adaptation of composite services in Pervasive Computing environments[C]// Proceedings of the IEEE International Conference on Pervasive Services(ICPS 2007). 2007;242-249
- [2] 王尚广. 基于 QoS 度量的 Web 服务选择关键技术研究[D]. 北京:北京邮电大学,2011
- [3] Altifai M, Risse T. Combining global optimization with local selection for efficient QoS-aware service composition[C]// Proceeding of the 18th International Conference on World Wide Web(WWW 2009). 2009;881-890
- [4] 张成文, 苏森, 陈俊亮. 基于遗传算法的 QoS 感知的 Web 服务选择[J]. 计算机学报, 2006, 29(7):1029-1037
- [5] 杨胜文, 史美林. 一种支持 QoS 约束的 Web 服务发现模型[J]. 计算机学报, 2005, 28(4):589-594
- [6] Ran S P. A model for Web services discovery with QoS[J]. ACM SIGCOM Exchanges, 2003, 4(1):1-10
- [7] Sravanthi K, Shonali K, Seng W L. Reputation = f(User Ranking, Compliance, Verity) [C] // IEEE International Conference on Web Services. 2004;200-207
- [8] Vu L, Hauswirth M, Aberer K. QoS-based service selection and ranking with trust and reputation management[C]// Proc. of the Intl. Conf. on Cooperative Information Systems (CoopIS). Agia

Napa, Cyprus. ,2005

- [9] Myerson J M. Guarantee your Web Service with an SLA: Introduction, architecture and testing mechanisms [OL]. <http://www.106.ibm.com/developerworks/webservices/library/swsla.html>, 2002
- [10] Keller A, Ludwig H. Defining and Monitoring Service Level Agreements for dynamic e-Business[C]// Proceedings of the 16th USENIX System Administration Conference (LISA'02). 2002
- [11] Menasce D A. QoS Issues in Web Services[J]. Internet Computing, IEEE, 2002, 6(6):72-75
- [12] Chen Hon-gan, Yu Tao, Lin K-J. QCWS: an implementation of QoS-capable multimedia Web services[C]// IEEE Fifth International Symposium on Multimedia Software Engineering. 2003; 165-187
- [13] Serhani M A, Dssouli R, Hafid A, et al. A QoS Broker Based Architecture for Efficient Web Services Selection[C]// Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services (ICWS'05). 2005;113-120
- [14] Kalepu S, Krishnaswamy S, Loke S W. Verity: A QoS Attribute for Selection of Web Services and Service Providers[C]// Proceedings of the First Web Services Quality Workshop (WQW 2003). Held in conjunction with the Fourth International Conference on Web Information Systems Engineering (WISE 2003). Roma, Italy, 2003
- [15] Maximilien E M, Singh M P. Reputation and Endorsement for Web Services[J]. ACM SIGecom Exchanges, 2002, 3(1):24-31
- [16] Dobson G. Quality of Service in Service-Oriented Architectures [OL]. <http://digs.sourceforge.net/papers/qos.html>, 2004
- [17] 王广正, 王喜凤, 夏敏. 基于本体的 Web 服务可靠性动态评估方法[J]. 计算机科学, 2012, 39(11):98-102
- [18] 石琳. Web 服务中的 WSDL 文档结构分析[J]. 软件, 2012, 33(10):142-144
- [19] Wu J, Chen L, Feng Y, et al. Predicting Quality of Service for Selection by Neighborhood-Based Collaborative Filtering [J]. IEEE Trans Syst Man Cybern Part A, 2013, 43(2):428-439
- [20] Zheng Z, Ma H, Lyu M R, et al. QoS-Aware Web Service Recommendation by Collaborative Filtering [J]. IEEE Trans Serv Comput, 2011, 4(2):140-152

(上接第 171 页)

- [5] Buddhikot M M, Kolodzy P, Miller S, et al. DIMSUMNet: New directions in wireless networking using coordinated dynamic spectrum access[C]// Proceedings of the World of Wireless Mobile and Multimedia Networks. Taormina, Italy, 2005;78-85
- [6] Weiss T A, Jondral F K. Spectrum pooling: An innovative strategy for the enhancement of spectrum efficiency [J]. IEEE Communications Magazine, 2004, 42(3):8-14
- [7] Mark F, Mario C, Pierre H. Efficient MAC in cognitive radio systems: A game theoretic approach [J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2009, 8(4):1984-1995
- [8] Bae J, Beigman E, Berry R, et al. Sequential bandwidth and power auction for distributed spectrum sharing [J]. IEEE Selected Areas in Communications, 2008, 26(7):1193-1203
- [9] Behzad A, Rubin I. Multiple access protocol for power controlled wireless access nets [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2004, 3(4):307-316
- [10] Qiao X, Tan Z, Ai B, et al. Spectrum Handoff for Cognitive Radio Systems Based on Prediction Considering Cross-Layer Opti-

mization [J]. IEICE Transactions on Communications, 2010, 93(12):3274-3283

- [11] Lopes C G, Sayed A H. Diffusion least-mean squares over adaptive networks: Formulation and performance analysis [J]. IEEE Trans. Signal Process, 2008, 56(7):3122-3136
- [12] Zhang W, Mallik R K, Letaief K B. Optimization of cooperative spectrum sensing with energy detection in cognitive radio networks [J]. IEEE Trans on Wireless Communications, 2009, 8(12):5761-5766
- [13] 贾杰, 林秋思, 陈剑, 等. 认知无线 Mesh 网络中联合功率控制与信道分配的拥塞避[J]. 计算机学报, 2013, 36(5):915-925
- [14] Zhao Z J, Peng Z, Zheng S L, et al. Cognitive radio spectrum allocation using evolutionary algorithms [J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2009, 8(9):4421-4425
- [15] 吴琼, 鲜永菊, 徐昌彪, 等. 认知无线电中基于多属性判决的目标切换信道选择[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(27):158-160
- [16] 李蛟军, 陈安志, 苏理云, 等. WPDMA-CDMA 系统中的 LS 与 MMSE 信道估计算法仿真分析[J]. 重庆理工大学学报:自然科学版, 2013, 27(8):66-69