

多接口多信道无线网状网的信道动态切换研究

谢桂芳^{1,2}, 段 盛², 曹菊英²

(1 武汉理工大学 信息工程学院, 湖北 武汉 430070; 2 湘南学院 计算机系, 湖南 郴州 423000)

摘 要: 首先介绍了目前常见的信道动态切换方法, 并分别分析了他们的优缺点. 然后针对他们的通信节点之间需要同步而难以实现或各个节点需要一个公共控制信道来解决数据信道的争用而影响网络吞吐率等缺点, 提出了一种基于信道队列的信道动态切换方法. 该方法不需同步机制和公共控制信道, 每个接口通过信道队列的队头元素产生下次新的切换信道, 较好的确保了各信道传输的公平性; QDSAC 能使网络中各节点的信道切换序列独立生成, 计算代价也小, 较好的保证了信道切换序列生成的实时性, 从而提高网络吞吐率.

关键词: 多接口多信道; 动态切换; 切换序列; 信道分配

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)01-0131-03

Research on Dynamic Channel Switching in Multi-interface Multi-channel Wireless Mesh Networks

XIE Gui-fang^{1,2}, DUAN Sheng², CAO Ju-ying²

(1 College of Information Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China;

2 Computer Department, College of Xiangnan, Chenzhou 423000, China)

Abstract: The paper first describes current common dynamic switching methods of channels, and analyzes their advantages and disadvantages respectively. Then aims to their shortcomings that it is difficult for requiring synchronization between communication nodes to achieve or it has effect on networks throughput due to requiring a common control channel for every node to solve the contention problem of data channels, to propose a channel queues-based dynamic switching method of channels. The method needn't a synchronization mechanism and a common control channel for the proposed dynamic switching method, Each interface can generate the next new switching channel through the first element of channel queue, the better to ensure transmission fairness for each channel; channel switching sequences can generate independently using QDSAC, and the computational cost is also low, the better to ensure the real-time for the generation of channel switching sequences, thereby increases networks throughput.

Key words: multi-interface multi-channel; dynamic switching; switching sequence; channel assignment

1 引言

采用多接口多信道 (Multi-interface Multi-channel, MI-MC) 节点的无线网状网 (Wireless Mesh Networks, WMNs) 正逐渐成为重点关注. 信道分配算法是 MI-MC 网络的主要研究内容之一, 所谓信道分配就是对节点配置的各个接口设定工作信道, 在保证网络连通的前提下实现信道的最大空

间复用. 在多接口多信道分配算法中, 根据接口卡使用策略的不同, 将算法分为三类^[1]: (1) 静态分配. 静态分配是指在给接口分配信道的时候, 采用永久分配方式, 或者是相对长时间给接口分配信道, 因此它适合接口卡切换时延较大的情况; (2) 动态分配. 动态分配原则上允许任何接口使用任何一个信道, 接口可以从一个信道切换到另一个信道; (3) 混合分配. 混合分配是静态分配和动态分配的综合, 就是在

网络中,有些接口静态分配,有些接口动态分配。

随着硬件技术的发展,接口卡切换时延正在逐渐降低,在切换时延较小的情况下,采用动态分配策略可以利用更多的信道,从而增加可同时传输的链路数目,提高网络吞吐率。本文针对动态分配策略的信道动态切换进行研究。

2 常用的信道动态切换方法

信道动态切换的关键问题是决定射频接口何时进行切换以及该接口切换到哪个信道。目前有二种常用的动态信道切换方法。

(1) 通过“协商机制”来实现射频接口的切换,即:两个想要通信的节点必须有相互的协商机制,以确保通信双方在进行通信时,将接口切换到相同的公共信道上。比如:协商机制可以要求所有节点都周期性地访问一个共同的“约会”信道,为每个节点指定下一步要切换到哪个信道^[2]或者各个节点采用其它机制如伪随机序列,来进行信道的选择^[3]。该方法的优点是不需要修改 MAC 协议或多网络接口。其缺点是要求节点同步,既难以实现,又不易扩展。

(2) 控制信道法^[4],即将总带宽分成 $n+1$ 信道,一个信道用于控制信息和其他 n 个信道用于传输数据包。控制信道用于解决数据信道的争用。数据信道用来传输数据包和确认帧。为了实现信道控制,其中各个节点的一个射频接口分配给控制信道,剩下的射频接口则在 n 个数据信道中相互切换,同时还可以进行用户数据交换。该方法的优点是不需使用时钟同步机制,所需信道数目独立于网络规模,能够较好的利用多信道,提升网络的吞吐率。缺点是需要一块单独的接口卡用于控制信息的传输,当某个时间段有较多的数据传输“节点对”时,所使用的控制信道容易出现瓶颈问题,不能确保信道切换序列生成的实时性,成为影响网络吞吐率的关键信道。

文中针对上述二种信道动态切换方法的不足,提出一种基于信道队列^[5]的信道动态切换方法。

3 基于信道队列的信道动态切换方法

针对信道动态切换的问题做了如下工作:

(1) 建立一个基于数据包请求的信道队列

每个信道都与一个数据包队列相关联,所有信道根据发送数据包请求时间的先后组织成一个队列,最先有发送数据包请求的信道成为信道队列的队头元素,依次类推,最后有发送数据包请求的信道成为信道队列的队尾元素,队列中的每个元素含有

相应信道的编号。现假设有 4 个信道 C_1, C_2, C_3, C_4 , 数据包依次向 C_4, C_2, C_3, C_1 发出发送请求信号,则信道队列如图 1 所示。

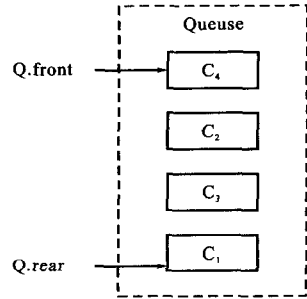


图 1 信道队列

当接口卡需切换到一个新信道时,它总切换到信道队列的队头元素所对应的信道,这样可以确保公平。现假设在某个时刻,绑定在信道 C_3 上的某个接口卡需要切换到一个新信道,则它应切换到信道队列的队头元素所对应的信道,即信道 C_4 (图 2)。

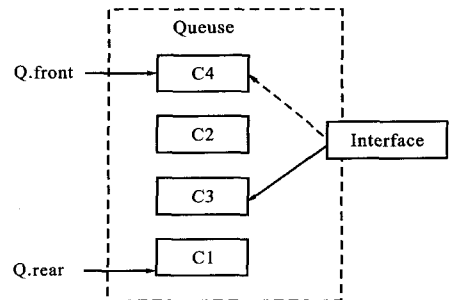


图 2 接口切换

(2) 为所有接口卡设定一个能够持续绑定在任意信道上的时间上限 $T_{\max}$, $T_{\max}$ 与信道切换代价有关,约为几十毫秒^[6]。

3.1 信道动态切换序列生成问题的描述

设网络中正交信道的数目为 n , 正交信道集合记为 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$. 在每个单位时间内, 节点 v 中发送队列非空的信道集合记为 $C_v, C_v \subseteq C$, 设 l_v 为集合 C_v 中元素的数目。信道切换策略就是求解每个节点 v 的信道切换序列 $S_v = (S_1^v, S_2^v, \dots, S_{l_v}^v \mid S_k^v \in C, 1 \leq k \leq l_v)$, 最大化单位时间内网络成功传送的数据包数量^[7]。

3.2 信道动态切换时机的描述

当有多个信道的发送队列不为空时, 接口卡需要切换信道。当满足以下二个条件之一时, 接口卡必须从当前信道切换到新信道, 也即切换到信道队列的队头元素所对应的信道。

(1) 接口卡当前所在信道的发送队列是一个空队列。

(2) 接口卡绑定在当前信道上的持续时间大于 $T_{\max}$.

条件(1)可以减少其他发送包队列的等待时间,条件(2)可以防止其他发送包队列饥饿.

3.3 信道动态切换序列生成算法的描述

接口卡根据当前的信道切换序列,按照 3.2 节的原则进行信道切换,当切换序列中的所有信道均被访问过后,接口卡调用基于信道队列的信道动态切换算法产生下一个单位时间段内的信道切换序列. 设 n 为网络中可用的正交信道的数目, k 为节点 v 的接口卡的数量, 设 VecCurSenSeq 为节点 v 的接口卡当前所在信道的发送队列, VecCurBinTim 为节点 v 的接口卡在当前信道上已绑定的时间. 节点 v 的基于信道队列的信道动态切换算法(Channel Queue-Based Dynamic Switching Algorithm of Channel, QDSAC)的描述作如下:

```
scanf: 节点 v 本次的信道切换序列 VecCurChanSeq
Procedure( VectorCurChanSeq)
{
  for i=1 to k do
  {
    if (VecCurSenSeq[i]==Empty() || VecCurBinTim[i]> Tmax)
      for j=1 to m do
      {
        s=F;
        F=F+1;
        VecNexChanSeq[j]=VecCurChanSeq[s];
        VecCurChanSeq[s]=VecCurChanSeq[j];
      }
  }
}
```

Printf: 节点 v 下次的信道切换序列 VecNexChanSeq

算法中由 F 指针所指向的队头元素所对应的信道作为对输入的当前信道切换序列进行置换,产生下次的信道切换序列,比较好的保证了各信道传输的公平性. 在每次产生的切换序列中,每个信道都有一次至多为 $T_{\max}$ 的传输时间,比较好的防止了其他发送包队列饥饿.

网络中的每个节点都可以单独运行 QDSAC,不需要与邻居节点进行信道切换协商. 每个节点需要通信的邻居节点数目是不同的,也就是说每个节点中只有部分信道的发送队列非空. 当可变接口卡访问到发送队列为空的信道时,就直接跳过,访问下

一个信道,而不发生信道切换操作. 因各节点的邻居数目不同,需要发送给各邻居节点的数据量也不同,以及各节点的接口卡数量 k 值也不一定相同,所以各节点信道切换序列中的所有信道均被访问一轮的时间也就不同. 当某个节点的所有信道均被轮询一遍后,该节点即可调用算法产生新的信道切换序列,与其它节点是否完成轮询无关. 各节点信道的发送队列长度是随通信量实时变化的,同一节点在不同的时段内完成一轮的时间也不相同^[7].

3.4 QDSAC 复杂性分析

对于具有 k 个接口卡的节点 v ,为得到其中一个接口卡的新的切换信道,需要 m 次计算,每次只需将指向信道队列的队头元素的 F 值作为下次的切换信道. 因此节点 v 为得到新的信道切换序列,总共需计算 $k \times m$ 次,所以 QDSAC 的时间复杂度为 $O(k \times m)$. 由于 IEEE 802.11b 只提供了 3 个非重叠信道,IEEE 802.11a 也只提供了 12 个非重叠信道^[6],所以 QDSAC 的计算开销比较小,可以实时给出新的信道切换序列. 算法不需要邻居节点间进行切换协商,没有切换消息开销.

4 结束语

文中提出的基于信道队列的信道动态切换方法,以接口卡当前所在信道的发送队列为空或接口卡绑定在当前信道上的持续时间大于 $T_{\max}$ 作为节点接口卡的切换时机,较好的减少了其他发送包队列的等待时间和防止了其他发送包队列饥饿;以信道队列的队头元素所对应的信道作为节点接口卡新切换的信道,较好的确保了各信道传输的公平性. 提出的 QDSAC 能使网络中各节点的切换序列独立生成,避免相邻节点间切换协商的消息开销;对网络拓扑结构的变化不敏感,有利于节点的动态加入或离开;其运行时间与正交信道的数目成线性关系,保证信道切换序列生成的实时性.

参考文献:

- [1] 张勇,郭达. 无线网状网原理与技术[M]. 北京:电子工业出版社,2007:216—218.
- [2] So J, Vaidya N H. Multi-channel mac for ad hoc networks; handling multi-channel hidden terminals using a single transceiver[C]// Proceedings of the ACM int. symposium on mobile ad hoc networking and computing (MOBIHOC). Japan: Tokyo, 2004:222—233.

(下转第 137 页)

表 3 改进对比

步骤	变压式皮肤听声器	本理论支撑下的听声器	改进重点
1	麦克风接收外部声音信号	麦克风接收外部声音信号	无
2	无	滤波器去除噪音信号,增强语音信号	听声器的声音过滤需要改进,能对外界声音进行识别、分类
3	无	通过模数转换,转化为分属一定类别的模型支持下的数字信号	模——数——模,转换,通过数字信号中介进行处理,识别度较佳.需要加入语音模型存储的智能芯片
4	无	查询语音模型库,确定电流信号码制	
5	音频放大器将声音频率信号电压、电流放大	进行数模转换,音频放大器将电流信号码制对应转化为声音频率,并将电压、电流放大	
6	音频变压器升压以克服皮肤电阻,为平面电极提供高压的交流信号	音频变压器升压以克服皮肤电阻,为平面电极提供高压的交流信号	无(本理论能做到“听”声的关键,在与声音的归类、识别、模型建立,到最后聋人对于编制好的码制的学习掌握,再借由皮肤来感知声音)
7	电池为音频放大器提供能量	电池为音频放大器提供能量	
8	平面电极刺激皮肤,将电流的交变信号通过皮肤传给大脑	平面电极刺激皮肤,将电流的交变信号通过皮肤传给大脑	

参考文献:

[1] 李建文,唐甜. 嵌入式在皮肤听声器中的应用[J]. 微电子学与计算机,2009,26(5):239—241.

[2] 陈蓉. 语音识别技术在广播电台的应用探讨[J]. 广播与电视技术,2008,35(10):134—138.

[3] 李建文. 变压式皮肤听声器的初步研究[J]. 陕西科技大学学报,2004,22(6):66—69.

[4] 李建文,刘炜,韩学军. 皮肤对于声音信号响应的研究[J]. 声学技术,2006,25(3):253—257.

[5] 汉泽西,甘志强. 噪声背景下莫尔斯码滤波的研究与实践[J]. 仪表技术,2008(8):5—10.

[6] 李建文,张晋平. 基于改进语音特征提取方法的语音识别[J]. 微电子学与计算机,2009,26(7):230—233.

作者简介:

李建文 男,(1959—),教授.研究方向为计算机及其应用软件.

赵小羽 女,(1982—),硕士研究生.研究方向为网络通信.

(上接第 133 页)

[3] Bahl P, Chandra R, Dunagan J SSCH. Slotted seeded channel hopping for capacity improvement in IEEE 802. 11 Ad—Hoc wireless networks[C]// ACM Mobicom. USA: Las Vegas, 2004:216—230.

[4] Wu S L, Lin C Y, Tseng Y C, et al. A new multichannel mac protocol with on—demand channel assignment for multihop mobile ad hoc networks[C]// Proceedings of the 2000 International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms and Networks (ISPAN' 00). Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2000:232—237.

[5] Kyasanur P, Vaidya N H. Routing and interface assignment in multi—channel multi—interface wireless networks[C]// proceedings of IEEE WCNC'05. New Orle-

ans,LA,USA:IEEE Press, 2005:2051—2056.

[6] Chandra R, Bahl P, Bahl P. MultiNet: connecting to multiple IEEE 802. 11 networks using a single wireless card[C]// IEEE Infocom. Hong Kong, 2004:882—893

[7] 毕坤. 无线网络中的信道分配和路由算法研究[D]. 合肥:中国科学技术大学,2008:44—61.

作者简介:

谢桂芳 女,(1973—),硕士,副教授.研究方向为无线网络、信息处理.

段 盛 男,(1964—),硕士,教授.研究方向为嵌入式系统、信息处理.

曹菊英 女,(1975—),硕士,副教授.研究方向为信息安全、计算机网络技术.