

抗干扰攻击的多信道无线网络功率控制方法

张 伟

(中国劳动关系学院 计算机应用教研室, 北京 100048)

摘 要: 对无线网络的功率进行控制可以减少能量在网络模块中的消耗, 延长无线网络的生命周期. 采用当前网络功率控制方法进行控制时, 存在功耗高、抗干扰攻击性能差的问题. 提出一种抗干扰攻击的多信道无线网络功率控制方法, 采用网络流模型和信道模型完成无线网络模型的构建. 在无线网络模型的基础上, 采用小波阈值去噪方法去除无线网络干扰信号, 提高抗干扰攻击性能. 对无线网络中链路的功率分配和速率控制进行联合建模, 完成多信道无线网络功率的控制. 实验结果表明, 所提方法的抗干扰攻击性能强、功耗小.

关键词: 抗干扰攻击; 无线网络; 功率控制

中图分类号: TN929. 3

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2018)06-0128-04

Multi-channel Wireless Network Power Control Method Against Interference Attacks

ZHANG Wei

(Computer Application Teaching and Research Section, China University of Labor Relations, Beijing 100048, China)

Abstract: Control of the power of the wireless network can reduce the consumption of energy in the network module and prolong the life cycle of the wireless network. When the current network power control method is used to control, there is a problem of high power consumption and poor anti-jamming performance. A multi channel wireless network power control method for anti-jamming attack is proposed. The network flow model and channel model are used to construct the wireless network model. On the basis of the wireless network model, the wavelet threshold denoising method is used to remove the interference signal of the wireless network and improve the performance of anti-jamming attack. The power allocation and rate control of the link in the wireless network are jointly modeled to complete the power control of the multi-channel wireless network. The experimental results show that the anti-jamming performance of the proposed method is strong and the power consumption is small.

Key words: anti-jamming attack; wireless network; power control

1 引言

无线网络是当前国际上知识高度集成、涉及多门学科高度交叉、备受关注的研究热点^[1-2]. 技术的不断发展, 使无线网络技术的应用领域越来越广, 针对性也逐渐加强^[3]. 通过无线网络衍生出多媒体传感器网络、执行器网络/无线传感器网络等新型的传感器网络体系^[4]. 无线网络中通信模块消耗的能量较多, 无线网络功率控制技术可以减少能量在通信

模块中的消耗^[5]. 采用功率控制方法对无线网络的功率进行控制时, 存在抗干扰攻击性能差、功耗高的问题^[6]. 因此需要对无线网络功率控制方法进行研究.

文献[7]提出了一种基于信道预测的网络功率控制算法, 完成无线网络功率的控制, 该方法的抗干扰攻击性能较差. 文献[8]提出了一种基于自适应模糊控制器的无线网络功率控制方法, 该方法对无线网络功率进行控制时的功耗较高. 为解决以上方法

中存在的问题,提出一种抗干扰攻击的多信道无线网络功率控制方法。

2 无线网络模型

将存在 L 条无线通信链路、 N 个网络通信节点的多信道无线网络抽象为存在 L 条边、 N 个点的有向图,设 set_N 代表的是无线网络中的节点, set_L 代表的是无线网络中的链路集合,在无线网络中的每个节点既是中继节点、目的节点又是源节点,在无线网络的各个节点中都存在多个接口^[9]。在无线网络中每个节点只能存在一个接口。无线网络中不同节点接口使用一个信道时,会产生网络通信接口之间的同频干扰^[10]。设 set_M 代表的是无线网络中信道的集合, M 代表的是无线网络中正交信道的总数, $l \in set_M(k)$ 代表的是无线网络链路 l 的发送端采用了第 k 个网络正交信道。

设无线网络中的路由模型采用的是网络流模型,用于网络优化和路由分析领域。每个无线网络节点可向不同的目的节点中发送不同的数据流,也可以接收不同网络源节点的多个数据。记号 (s, d) 代表的是无线网络目的节点为 d , 源节点为 s 的数据流, $x_{s,d}$ 为数据流的速率,数据流速率满足下式:

$$x_{\min} \leq x_{s,d} \leq x_{\max} \quad (1)$$

式中, $x_{\min}$ 代表的是传输速率的下限; $x_{\max}$ 代表的是传输速率的上限。 $R(l)$ 表示无线网络中数据流经过链路 l 的集合, $L(s, d)$ 代表的是无线网络目的节点 d 与源节点 s 之间的路径与相邻节点之间构成的链路组成,为确定集合。在无线网络中路由经过某条链路产生的数据流速率总和小于其容量,满足下式:

$$\sum_{(s,d) \in R(l)} x_{s,d} \leq C_l^{(k,u)}, \forall l \in set_L \quad (2)$$

式中, $C_l^{(k,u)}$ 代表的是无线网络链路 l 的容量; u 表示链路 l 发送端的接口; k 为链路 l 使用的信道; 信号调制方式、接口发送功率、带宽、干扰链路发送功率等通信参数决定了无线网络中链路的参数。采用功率向量 P_k 描述无线网络中各个链路使用第 k 个正交信道的发送功率。

设 σ_l 代表的是链路 l 在无线网络中的噪声功率, G_{lj} 代表的是链路 l 接收端与发送端之间的增益, 当 $l \neq j$ 时, G_{lj} 代表的是链路 l 接收端受发送端的通信干扰, 当 $l = j$ 时, G_{lj} 代表链路 l 接收端和发送端的增益。设 p_l 代表的是链路 l 发送端的功率, p_j 代表的是链路 j 发送端的功率, 链路 l 信干比的计算公式为:

$$\gamma_l(P_k) = \frac{G_u p_l}{\sigma_l + \sum_{j \neq l} G_{lj} p_j} \quad (3)$$

设 W_l 代表的是链路 l 在无线网络中的带宽, 链路 l 的发送端为无线接口 u , 链路 l 的容量计算公式为:

$$C_l^{(k,u)}(P_k) = W_l \log[1 + \gamma_l(P_k)] \quad (4)$$

设 $Tr(l) = u$ 表示链路 l 发送端为无线网络中的接口 u , $p_u^{\max}$ 代表的是无线接口 u 在网络中传输功率的上限, 无线网络中的每条链路都满足下式:

$$p_l \leq p_u^{\max} [Tr(l) = u], \forall l \in set_L \quad (5)$$

在无线网络中存在的通信节点含有多个接口, 可以建立多条同时发送的链路, 链路的总发送功率满足下式:

$$\sum_{l \in O(s)} p_l \leq p_{(s)}^{\max}, \forall s \quad (6)$$

式中, $p_{(s)}^{\max}$ 代表的是节点 s 在无线网络中的最大功率。

3 多信道无线网络功率控制方法

3.1 信号去噪

设无线网络中存在如下观测信号:

$$x(t) = s(t) + n(t) \quad (7)$$

式中, $x(t)$ 代表的是无线网络中含有噪声的信号; $s(t)$ 代表的是无线网络中的原始信号; $n(t)$ 代表的是无线网络中的高斯白噪声, 服从 $N(0, \sigma^2)$ 分布。

对无线网络中含有噪声的信号 $x(t)$ 进行离散小波变换, 得到下式:

$$w_x(j, k) = w_s(j, k) + w_n(j, k) \quad (8)$$

$$j = 0, 1, 2, \dots, J \quad (9)$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, N \quad (10)$$

式中, $w_x(j, k)$ 代表的是含有噪声的信号在 j 层上的小波系数; $s(j, k)$ 代表的是原始信号在 j 层上的小波系数; $w_n(j, k)$ 代表的是噪声在 j 层上的小波系数; J 代表的是小波变换在无线网络中最大的分解层数; N 代表的是信号在无线网络中的长度。

小波变换在无线网络中为线性变换, 对无线网络中含有噪声的信号 $x(t)$ 进行离散小波变换, 处理后得到小波系数 $w_x(j, k)$, 记 $w_{j,k}$, $w_{j,k}$ 由两部分构成, 一是无线网络中噪声 $n(t)$ 相对应的小波系数 $w_n(j, k)$, 记 $v_{j,k}$, 二是无线网络中原始信号 $s(t)$ 相应的小波系数 $w_s(j, k)$, 记 $u_{j,k}$ 。

采用软、硬阈值函数对无线网络中存在的噪声进行阈值处理, 计算公式为:

$$\hat{w}_{j,k} = \begin{cases} \text{sgn}(w_{j,k})(|w_{j,k}| - \lambda), & |w_{j,k}| \geq \lambda \\ 0, & |w_{j,k}| < \lambda \end{cases} \quad (11)$$

$$\hat{w}_{j,k} = \begin{cases} w_{j,k}, & |w_{j,k}| \geq \lambda \\ 0, & |w_{j,k}| < \lambda \end{cases} \quad (12)$$

式中, $\hat{w}_{j,k}$ 代表的是经过阈值处理后的小波系数, 完成小波重构得到无线网络中去噪后的信号 $\hat{s}(t)$ 。

3.2 功率控制方法

设 $U_{s,d}(x_s, d)$ 代表的是无线网络源节点 s 到无线网络目的节点 d 的数据流效用函数, $\sum_{s \in S} \sum_{d \in D} U_{s,d}(x_s, d)$ 代表的是整个无线网络的效用, 无线网络中需要解决的优化问题为: $\max \sum_{s \in S} \sum_{d \in D} U_{s,d}(x_s, d)$, 设 $\sum_{i \in N} \sum_{l \in O(i)} p_l$ 代表的是整个无线网络中链路的总功耗, $\min \sum_{i \in N} \sum_{l \in O(i)} p_l$ 代表的是无线网络中的最小功耗。

采用加权组合方法对无线网络的最小功耗进行求解, 设 w_1, w_2 代表加权因子, 其中 $w_1 \in [0, 1]$ 对无线网络中各项设计指标的相对重要性进行反映, 为本征权; w_2 在数量级上对两个目标之间的差别影响进行调整, 为校正权. 可将无线网络功率控制问题转化为单目标的优化问题, 通过求解优化问题, 完成无线网络功率的控制。

$$p = \max_{|x_s, d, p_l|} w_1 \sum_{s \in S} \sum_{d \in D} U_{s,d}(x_s, d) - (1 - w_1) w_2 \sum_{i \in N} \sum_{l \in O(i)} p_l \quad (13)$$

4 实验证明

为了验证抗干扰攻击的多信道无线网络功率控制方法的整体有效性, 需要进行测试, 本次测试的实验平台为 Matlab. 对无线网络中的功率进行控制时, 会受到干扰信号的攻击, 对无线网络功率的控制造成影响. 分别采用本文提出的抗干扰攻击的多信道无线网络功率控制方法、基于信道预测的网络功率控制算法、基于自适应模糊控制器的无线网络功率控制方法进行测试, 在原始信号中加入干扰攻击信号, 对比三种不同方法的抗干扰性能, 测试结果如图 1 所示。

对比图 1(a) 和图 1(b) 可知, 采用抗干扰攻击的多信道无线网络功率控制方法抗干扰攻击性能较强. 图 1(c) 为采用基于信道预测的网络功率控制算法对干扰信号进行去噪后的信号频率, 图 1(d) 为采用基于自适应模糊控制器的无线网络功率控制方法

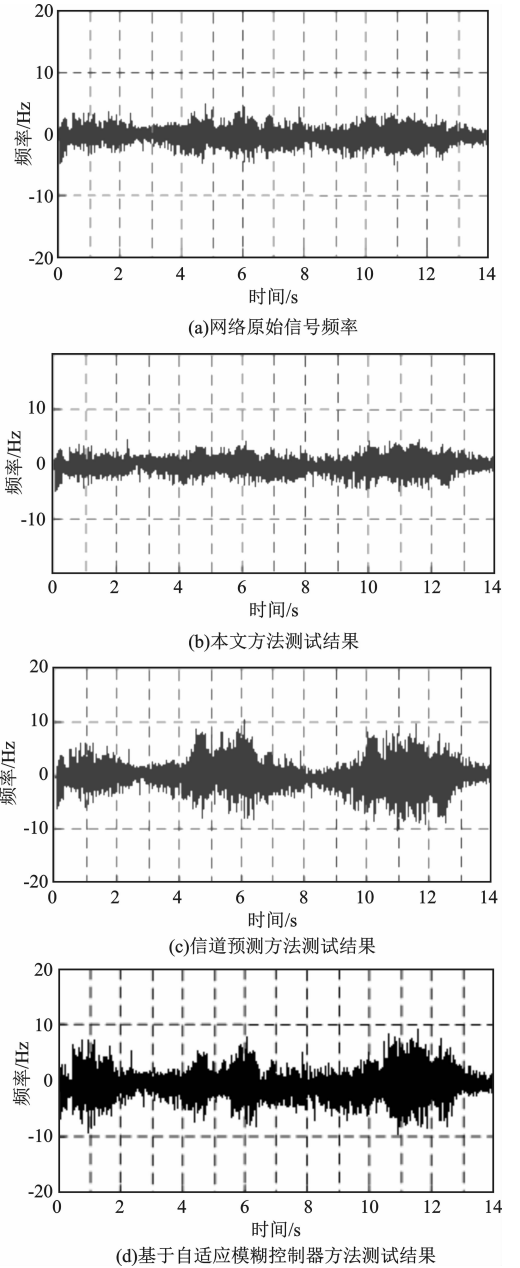


图 1 三种不同方法的测试结果

对于干扰信号进行去噪后的信号频率, 将图 1(a) 与图 1(c)、图 1(d) 进行对比可知, 基于信道预测的网络功率控制算法和基于自适应模糊控制器的无线网络功率控制方法的抗干扰攻击性能较差。

功耗是衡量多信道无线网络功率控制效果的重要指标, 功耗越小, 代表无线网络功率控制的效果越好, 方法越有效. 分别采用本文提出的抗干扰攻击的多信道无线网络功率控制方法与基于信道预测的网络功率控制算法进行测试, 对比两种不同方法在单位时间内的功耗, 测试结果如图 2 所示。

对比图 2 的测试结果可知, 抗干扰攻击的多信

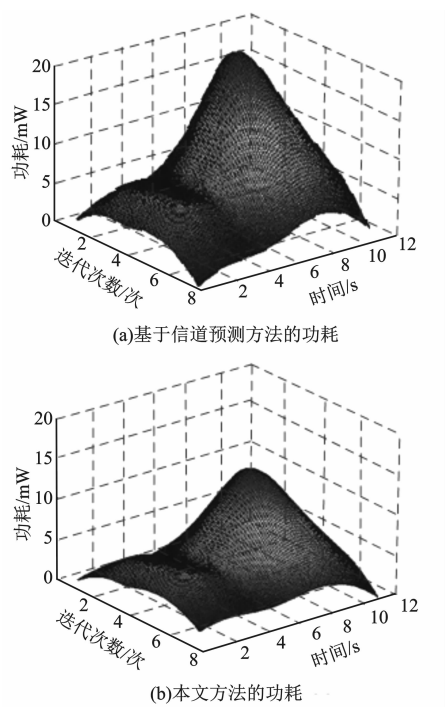


图 2 两种不同方法的功耗

道无线网络功率控制方法功耗较低.

5 结束语

对无线网络的功耗进行控制是延长无线网络生命周期的主要手段. 采用当前功率控制方法对多信道无线网络的功率进行控制时,存在抗干扰攻击性能差、功耗高的问题,提出一种抗干扰攻击的多信道无线网络功率控制方法,可有效的去除无线网络中存在的干扰信号,且功耗较低,为无线通信网络的发展奠定了基础.

参考文献:

[1] 刘迎澍,王翠敏. 卸荷器和储能的微电网并网功率协调控制策略[J]. 计算机仿真, 2017, 34(7):105-108.

[2] 门良知,李响,席隆,等. 基于 OpenVPX 的高可靠多通道直流固态功率控制器[J]. 电子设计工程, 2017, 25(11):149-152.

[3] 姜岩蕾,史增芳. 小型直流电动机的双路功率控制方法研究[J]. 科技通报, 2017, 33(6):113-116.

[4] 李志敏,徐翠琴,刘桂涛. 不同用电量时大型光伏电站自动功率控制算法研究[J]. 科学技术与工程, 2017, 17(11):267-271.

[5] 肖俊明,韦学辉,李燕斌. 基于 BP 神经网络和遗传算法的光伏功率预测的研究[J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(2):392-393.

[6] 罗德荣,姬小豪,褚衍超. 向无源网络供电的 VSC-HVDC 预测直接功率控制[J]. 电力系统及其自动化学报, 2015, 27(9):58-63.

[7] 李云,金志刚,苏毅珊,等. 基于信道预测的水下传感器网络功率控制算法[J]. 计算机应用研究, 2015, 32(8):2454-2457.

[8] 胡黄水,沈玮娜,王出航,等. 基于自适应模糊控制器的无线传感器网络功率控制[J]. 计算机应用, 2017, 37(9):2470-2473.

[9] 赵景,韩圣千. 协作异构网络中的用户接入与功率控制联合优化[J]. 信号处理, 2015, 31(10):1279-1286.

[10] 王钺,陈融冰,袁坚. 可控公平约束的企业无线网络功率控制[J]. 北京邮电大学学报, 2015, 38(4):48-52.

作者简介:

张伟 男,(1982-),男,硕士,讲师. 研究方向为信息安全.
E-mail:zhangwciir@163. com.