



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105678273 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 15

(21) 申请号 201610023522. 2

(22) 申请日 2016. 01. 14

(71) 申请人 上海大学

地址 200444 上海市宝山区上大路 99 号

(72) 发明人 刘燕平 田金鹏 刘小娟 郑国莘

薛莹

(74) 专利代理机构 上海上大专利事务所(普通合伙) 31205

代理人 何文欣

(51) Int. Cl.

G06K 9/00(2006. 01)

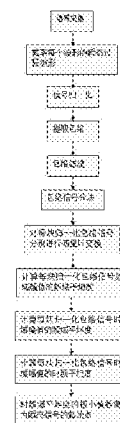
权利要求书1页 说明书4页 附图8页

(54) 发明名称

射频指纹识别技术瞬态信号的起始点检测算法

(57) 摘要

本发明公开了一种射频指纹识别技术射频信号瞬态部分的起始点检测算法,包括信号采集、截取每个波形的瞬态过程波形、信号归一化、提取包络、包络滤波、包络分块、对每块归一化包络信号分别进行傅里叶变换、计算每块归一化包络信号频域幅值的频域平坦度、时域平坦度和时频平坦度、时频域平坦度的极小值检测为瞬态信号的起始点步骤。本发明结合时域和频域特点检测出发射机射频信号的瞬态起始点,从而更有效地提取指纹特征,再用分类器对无线设备进行分类,使射频指纹识别技术更好地应用于无线网络安全领域。本发明具有较高的识别准确率和较短的分类时间。



1. 一种射频指纹识别技术瞬态信号的起始点检测方法,其特征在於:包括以下步骤:

步骤1:信号采集:示波器采集第1至第N无线网卡发送的信号;

步骤2:截取每个波形的瞬态过程波形;

步骤3:信号归一化:对第1至第N无线网卡接收的信号分别滤除噪声,并减去信号均值,得到第1至第N归一化信号;

步骤4:提取包络:用希尔伯特变换获得第1至第N归一化信号的包络;

步骤5:包络滤波:对第1至第N归一化信号的包络进行滤波处理;

步骤6:将归一化包络信号进行分成M块处理,M大于1;

步骤7:对每块归一化包络信号分别进行傅里叶变换;

步骤8:计算每块归一化包络信号频域幅值的频域平坦度:

$$FM_f = \sqrt{\sum_{i=1}^N |x_{fi}|^2} / \left(\sum_{i=1}^N |x_{fi}| + A_f \right) \quad (1)$$

其中N是样值总数, A_f 是一个很小的正数, f_i 是样值编号, $0 \leq FM_f \leq 1$, x_{fi} 代表频域幅值, FM_f 代表频域平坦度;

步骤9:计算每块归一化包络信号幅值的时域平坦度:

$$FM_t = \sqrt{\sum_{i=1}^{N'} |x_{ti}|^2} / \left(\sum_{i=1}^{N'} |x_{ti}| + A_t \right) \quad (2),$$

其中 N' 是样值总数, A_t 是一个很小的正数, t_i 是样值编号, $0 \leq FM_t \leq 1$, x_{ti} 代表时域幅值, FM_t 代表时域平坦度;

步骤10:计算每块归一化包络信号的时频域平坦度:

$$FM = \frac{FM_t}{FM_f} \quad (3)$$

步骤11:时频域平坦度的极小值检测为瞬态信号的起始点:将归一化包络信号幅值在0.1-0.3范围内的时频域平坦度的最小值点作为瞬态信号的起始点。

2. 根据权利要求书1所述的射频指纹识别技术瞬态信号的起始点检测方法,其特征在於:

所述步骤1中示波器采集的信号来源于第1至第7无线网卡,所述第1至第7无线网卡为不同类型的7个笔记本无线网卡,示波器采集到的是IEEE802.11n帧帧头射频信号,共获取470个波形。

3. 根据权利要求书1所述的射频指纹识别技术瞬态信号的起始点检测方法,其特征在於:所述步骤5中对第1至第N归一化包络信号用低通滤波器进行滤波处理。

4. 根据权利要求书1所述的射频指纹识别技术瞬态信号的起始点检测方法,其特征在於:所述步骤2中各波形的瞬态过程波形为十分之一微秒到四十毫秒之间的波形。

5. 根据权利要求书4所述的射频指纹识别技术瞬态信号的起始点检测方法,其特征在於:所述步骤2中各波形的瞬态过程波形为前2048个抽样点;所述步骤6中将归一化包络信号分为256块,每块包含8个抽样点。

射频指纹识别技术瞬态信号的起始点检测算法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种射频指纹识别技术射频信号瞬态部分的起始点检测算法,属于无线网络安全领域。

背景技术

[0002] 在传统的通信信号侦查过程中,研究的重点往往围绕通信信号传递的通信信息的获取或分析进行,来着硬件差异的个体特征往往被作为噪声而被忽略或被滤除。目前,随着无线网络的普及,无线网络面临的各种安全威胁正在增加,工作于无线网络链路层之上的安全协议常常被发现存在安全缺陷。如RFID读写器与标签的相互认证协议存在安全缺陷,无法对抗标签的克隆攻击。

[0003] 为了增强无线网络的安全性,工作于无线网络物理层的射频指纹识别技术被用于无线网络的安全服务中。射频指纹识别技术,是在接收方不具有发射信号的任何信息或少量信息的情况下进行的,需要在设备的细微差异中找出个体特征,通信信号本身所传递的信息则不重要。自20世纪90年代起,射频指纹识别已被应用于认知无线电频谱感知中的用户检测、通信流量分析及射频干扰源定位、防止移动电话的欺骗与克隆、无线传感网络的安全认证、RFID防伪等领域中。

[0004] 无线发射机发送信息时射频信号分为瞬态部分和稳态部分,瞬态信号的起始点检测对于瞬态信号的正确提取起到至关重要的作用,因为不精确的检测结果会影响特征提取,进而降低分类准确率。之前提出的幅度阈值检测是将信号每一连续段的振幅方差与设定的阈值比较,其特点是计算复杂度低,但阈值选择难。相位检测源于相位方差在噪声阶段恒定,发射机开启相位方差上升,其特点是相位方差波动小,趋于线性,阈值易设,但起始点不能明显检测。由此可知,瞬态信号的起始点检测不仅是重点,还是难点。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种射频指纹识别技术瞬态信号的起始点检测算法。

[0006] 为了准确的检测到瞬态信号的起始点,本发明的构思是:

[0007] 定义信号的平坦度 $FM = \sqrt{\sum_{i=1}^N |x_i|^2} / \sum_{i=1}^N |x_i| + A$,其中N是样值总数,A是一个很小的

正数,i是样值编号, $0 \leq FM \leq 1$,若x代表时域幅值,则FM代表时域平坦度,若x代表频域幅值,则FM代表频域平坦度。由时域-频域对偶性可知,若信号时域平坦,则频域陡峭,若信号时域陡峭,则频域平坦,瞬态信号在时域是从较低幅值上升到较高幅值,所以时域越不平坦或频域越平坦,越接近瞬态信号。信号的时域平坦度和频域平坦度变化方向相反,则可以定义信号的时频域平坦度为频域平坦度与时域平坦度的比值,时频域平坦度越高,说明此信号越接近瞬态信号。

[0008] 一种射频指纹识别技术瞬态信号的起始点检测方法,包括以下步骤:

[0009] 步骤1:信号采集:示波器采集第1至第N无线网卡发送的信号;

[0010] 步骤2:截取每个波形的瞬态过程波形;

[0011] 步骤3:信号归一化:对第1至第N无线网卡接收的信号分别滤除噪声,并减去信号均值,得到第1至第N归一化信号;

[0012] 步骤4:提取包络:用希尔伯特变换获得第1至第N归一化信号的包络;

[0013] 步骤5:包络滤波:对第1至第N归一化信号的包络进行滤波处理;

[0014] 步骤6:将归一化包络信号进行分成M块处理,M大于1;

[0015] 步骤7:对每块归一化包络信号分别进行傅里叶变换;

[0016] 步骤8:计算每块归一化包络信号频域幅值的频域平坦度:

$$[0017] \quad FM_f = \sqrt{\sum_{fi=1}^N |x_{fi}|^2} / \sum_{fi=1}^N |x_{fi}| + A_f \quad (1)$$

[0018] 其中N是样值总数, A_f 是一个很小的正数, fi 是样值编号, $0 \leq FM_f \leq 1$, x_{fi} 代表频域幅值, FM_f 代表频域平坦度;

[0019] 步骤9:计算每块归一化包络信号幅值的时域平坦度:

$$[0020] \quad FM_t = \sqrt{\sum_{ti=1}^{N'} |x_{ti}|^2} / \sum_{ti=1}^{N'} |x_{ti}| + A_t \quad (2),$$

[0021] 其中 N' 是样值总数, A_t 是一个很小的正数, ti 是样值编号, $0 \leq FM_t \leq 1$, x_{ti} 代表时域幅值, FM_t 代表时域平坦度;

[0022] 步骤10:计算每块归一化包络信号的时频域平坦度:

$$[0023] \quad FM = \frac{FM_t}{FM_f} \quad (3)$$

[0024] 步骤11:时频域平坦度的极小值检测为瞬态信号的起始点:将归一化包络信号幅值在0.1-0.3范围内的时频域平坦度的最小值点作为瞬态信号的起始点。

[0025] 所述步骤1中示波器采集的信号来源于第1至第7无线网卡,所述第1至第7无线网卡为不同类型的7个笔记本无线网卡,示波器采集到的是IEEE802.11n帧帧头射频信号,共获取470个波形。

[0026] 所述步骤5中对第1至第N归一化包络信号用低通滤波器进行滤波处理。

[0027] 所述步骤2中各波形的瞬态过程波形为十分之一微秒到四十毫秒之间的波形。

[0028] 所述步骤2中各波形的瞬态过程波形为前2048个抽样点;所述步骤6中将归一化包络信号分为256块,每块包含8个抽样。

[0029] 本发明的有益效果在于:

[0030] 本发明可在示波器波形在被读取完成后,结合时域和频域特点提出的时频域平坦度算法,检测出发射机射频信号的瞬态起始点,从而更有效地提取指纹特征,再用分类器对无线设备进行分类,使射频指纹识别技术更好地应用于无线网络安全领域。

附图说明

[0031] 图1是本发明的流程图;

[0032] 图2是笔记本无线网卡射频信号的数据采集系统;

[0033] 图3为射频信号的归一化波形;

- [0034] 图4为射频信号滤波前的归一化包络；
 [0035] 图5为射频信号滤波后的归一化包络；
 [0036] 图6为检测到的射频信号瞬态部分；
 [0037] 图7为射频信号瞬态部分的功率谱密度幅值；
 [0038] 图8为径向基概率神经网络分类器的训练过程及训练误差；
 [0039] 图9为径向基概率神经网络分类器的测试误差率。

具体实施方式

[0040] 为了更好地理解本发明的技术方案,结合附图,以下将对本发明作进一步的详细描述:

[0041] 如图1所示,一种射频指纹识别技术瞬态信号的起始点检测方法,包括以下步骤:

[0042] 步骤1:信号采集:示波器采集第1至第N无线网卡发送的信号;

[0043] 步骤2:截取每个波形的瞬态过程波形;

[0044] 步骤3:信号归一化:对第1至第N无线网卡接收的信号分别滤除噪声,并减去信号均值,得到第1至第N归一化信号;

[0045] 步骤4:提取包络:用希尔伯特变换获得第1至第N归一化信号的包络;

[0046] 步骤5:包络滤波:对第1至第N归一化信号的包络进行滤波处理;

[0047] 步骤6:将归一化包络信号进行分成M块处理,M大于1;

[0048] 步骤7:对每块归一化包络信号分别进行傅里叶变换;

[0049] 步骤8:计算每块归一化包络信号频域幅值的频域平坦度:

$$[0050] \quad FM_f = \sqrt{\sum_{j=1}^N |x_{fj}|^2} / \sum_{i=1}^N |x_{fi}| + A_f \quad (1)$$

[0051] 其中N是样值总数, A_f 是一个很小的正数, f_i 是样值编号, $0 \leq FM_f \leq 1$, x_{fi} 代表频域幅值, FM_f 代表频域平坦度;

[0052] 步骤9:计算每块归一化包络信号幅值的时域平坦度:

$$[0053] \quad FM_t = \sqrt{\sum_{i=1}^{N'} |x_{ti}|^2} / \sum_{i=1}^{N'} |x_{ti}| + A_t \quad (2),$$

[0054] 其中 N' 是样值总数, A_t 是一个很小的正数, t_i 是样值编号, $0 \leq FM_t \leq 1$, x_{ti} 代表时域幅值, FM_t 代表时域平坦度;

[0055] 步骤10:计算每块归一化包络信号的时频域平坦度:

$$[0056] \quad FM = \frac{FM_t}{FM_f} \quad (3)$$

[0057] 步骤11:时频域平坦度的极小值检测为瞬态信号的起始点:将归一化包络信号幅值在0.1-0.3范围内的时频域平坦度的最小值点作为瞬态信号的起始点。

[0058] 所述步骤1中示波器采集的信号来源于第1至第7无线网卡,所述第1至第7无线网卡为不同类型的7个笔记本无线网卡,示波器采集到的是IEEE802.11n帧帧头射频信号,共获取470个波形。

[0059] 所述步骤5中对第1至第N归一化包络信号用低通滤波器进行滤波处理。

[0060] 所述步骤2中各波形的瞬态过程波形为十分之一微秒到四十毫秒之间的波形。

[0061] 所述步骤2中各波形的瞬态过程波形为前2048个抽样点;所述步骤6中将归一化包络信号分为256块,每块包含8个抽样。

[0062] 射频指纹识别技术主要包括以下阶段:

[0063] 1、信号预处理阶段:如图2所示,笔记本无线网卡通过路由器接入网络,通过设置IxChariot软件中Console参数使笔记本无线网卡发送数据包,用示波器采集工作于2.4GHz频段的无线网卡信号波形,其中射频示波器的型号为Agilent DS080604B,示波器采样率设置为10GSa/s,路由器(Router)型号为TL-WR842N,笔记本无线网卡则来自于不同的类型,也是采用IEEE802.11n协议,实验采集了470个波形,其中70个波形用于训练,400个波形用于分类测试;

[0064] 首先将采集的信号去除噪声均值部分后进行归一化处理,如图3所示;再将归一化信号进行希尔伯特变换,得到信号包络,如图4所示;最后用低通滤波器对包络进行平滑,如图5所示。

[0065] 2、瞬态信号起始点检测阶段:把2048点的归一化包络信号分为256块,每块8个抽样点,即把 x 分为 x_1, x_2, \dots, x_{256} ,每个 $x_i, i=1, 2, \dots, 256$ 又包含8个抽样点,对每块信号 $x_i, i=1, 2, \dots, 256$ 分别进行傅里叶变换,计算每块信号频域幅值的频域平坦度、时域平坦度、时频域平坦度,将时频域平坦度的极小值检测为瞬态信号的起始点。检测到的瞬态信号包络如图6所示,,对比图5的起始点检测前的归一化包络,再结合瞬态起始点的时域幅度由较低幅值上升到较高幅值的特点,可知瞬态信号的起始点检测较为准确。

[0066] 3、特征提取阶段:无线通信设备的瞬态过程一般在十分之一微秒到几十毫秒之间,用MATLAB和其工具箱进行仿真,通过多次测试可知,取用1024点时,其运算时间较短,识别效果也较好。截取瞬态信号的前1024点,求出瞬态信号频域的功率谱密度幅值,并将其作为指纹特征,得到的瞬态信号功率谱密度幅值如图7所示,由于无线网卡工作于2.4GHz频段,所以在此频段信号的功率谱密度有较大幅值。

[0067] 4、分类器分类阶段:径向基概率神经网络分类器结合了径向基函数网络与概率神经网络的优点,减少了网络连接权值的训练时间与网络隐单元的数目。本发明用径向基概率神经网络分类器对指纹特征进行分类。如图8-9所示,分类器的训练误差为0,测试分类误差为0.0025,即分类准确率为99.75%,能较精确的识别出接收波形的发射机来源。由于对信号包络进行了分块处理,使此算法的时间复杂度也得以降低,共用时59s。

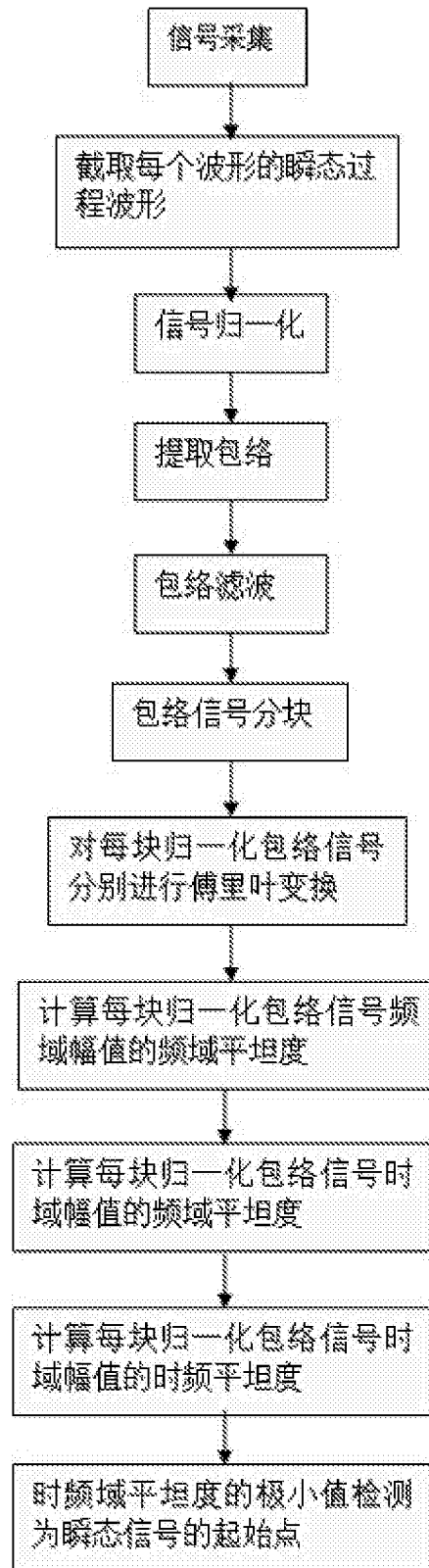


图1

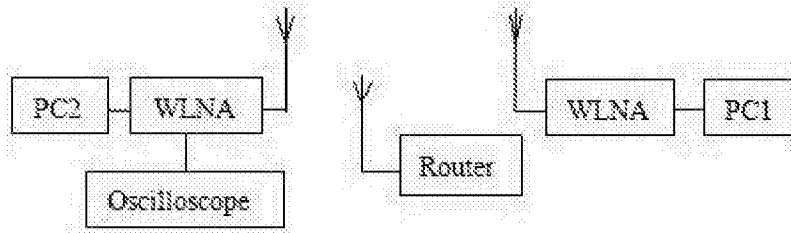


图2

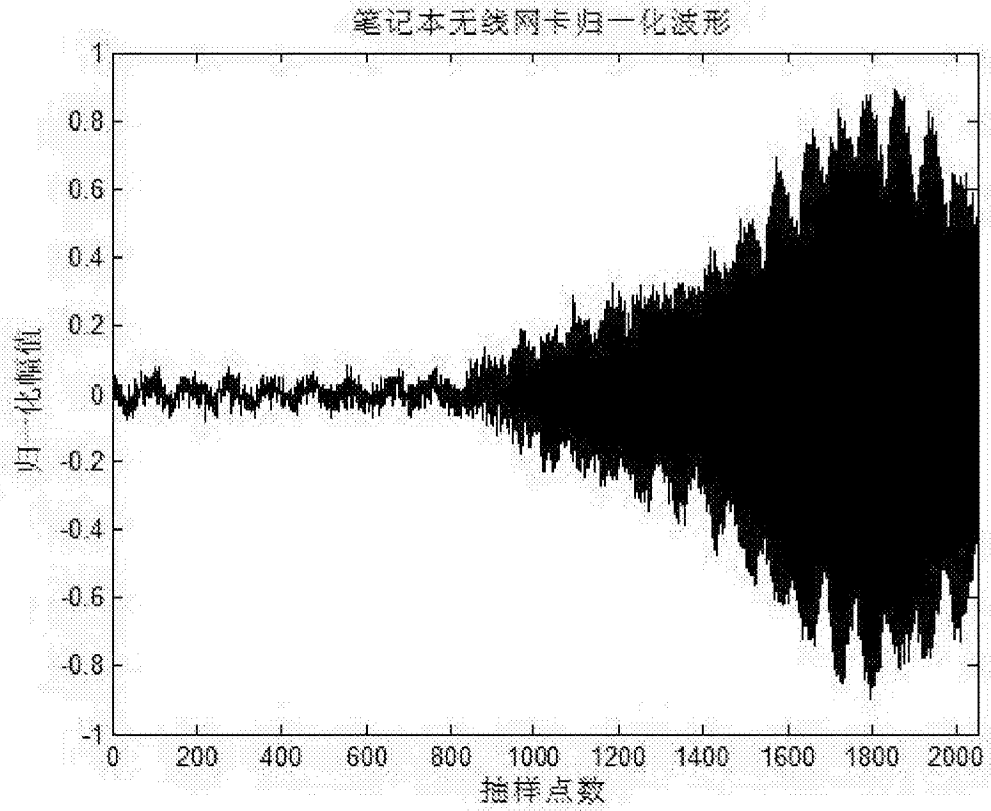


图3

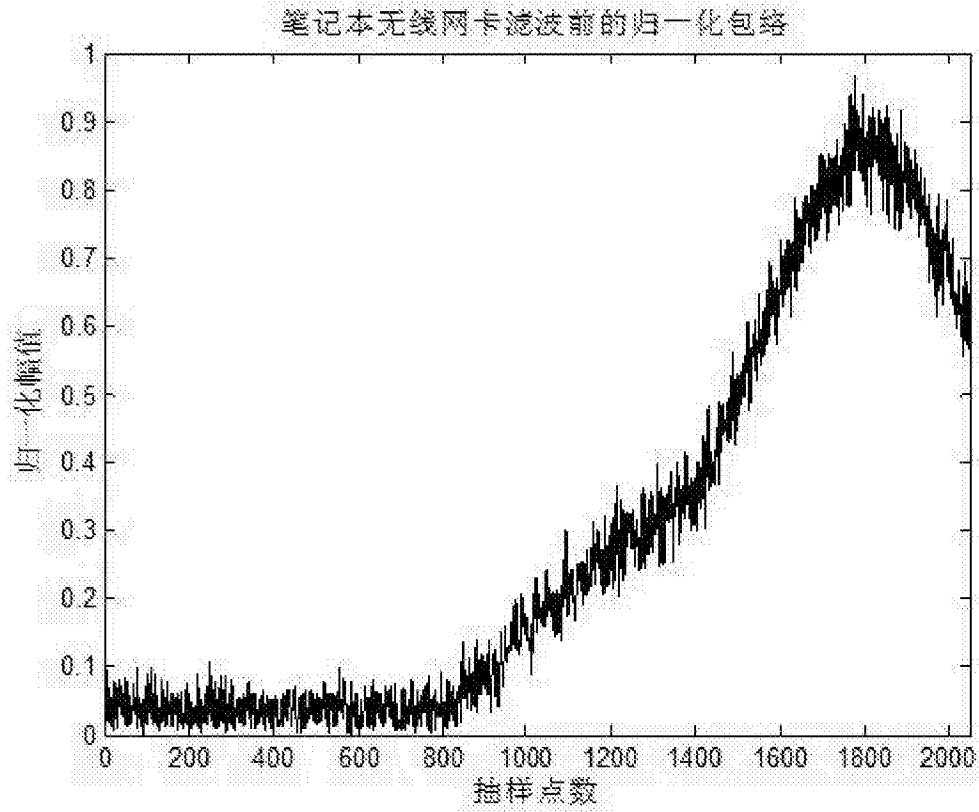


图4

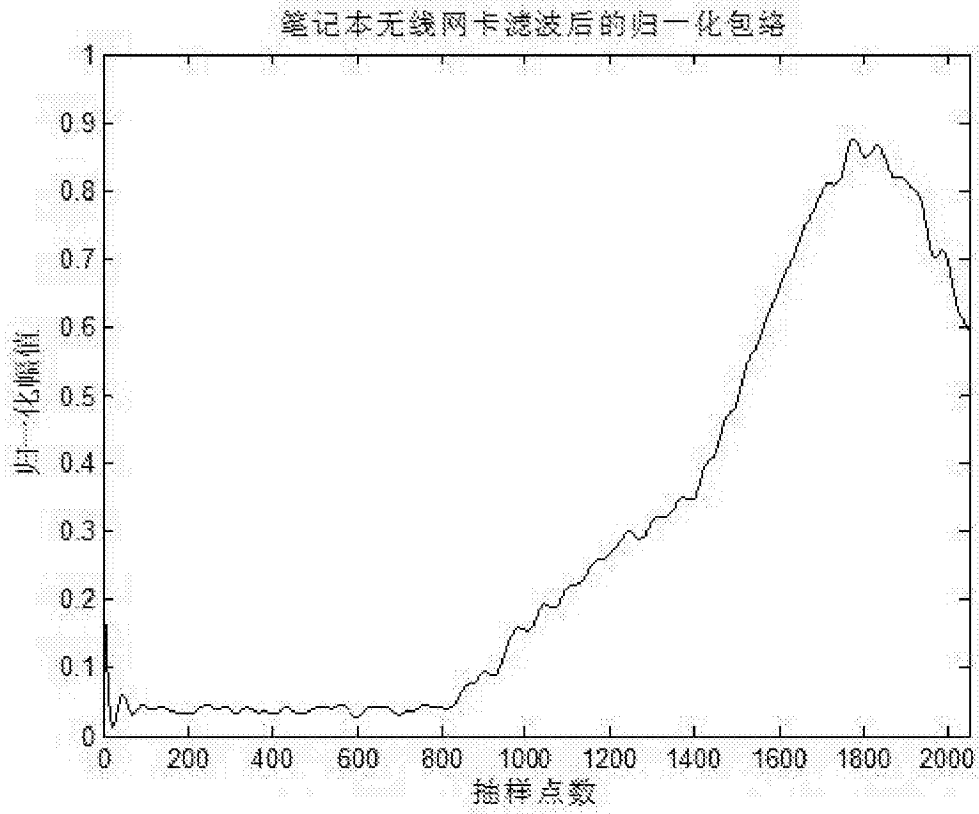


图5

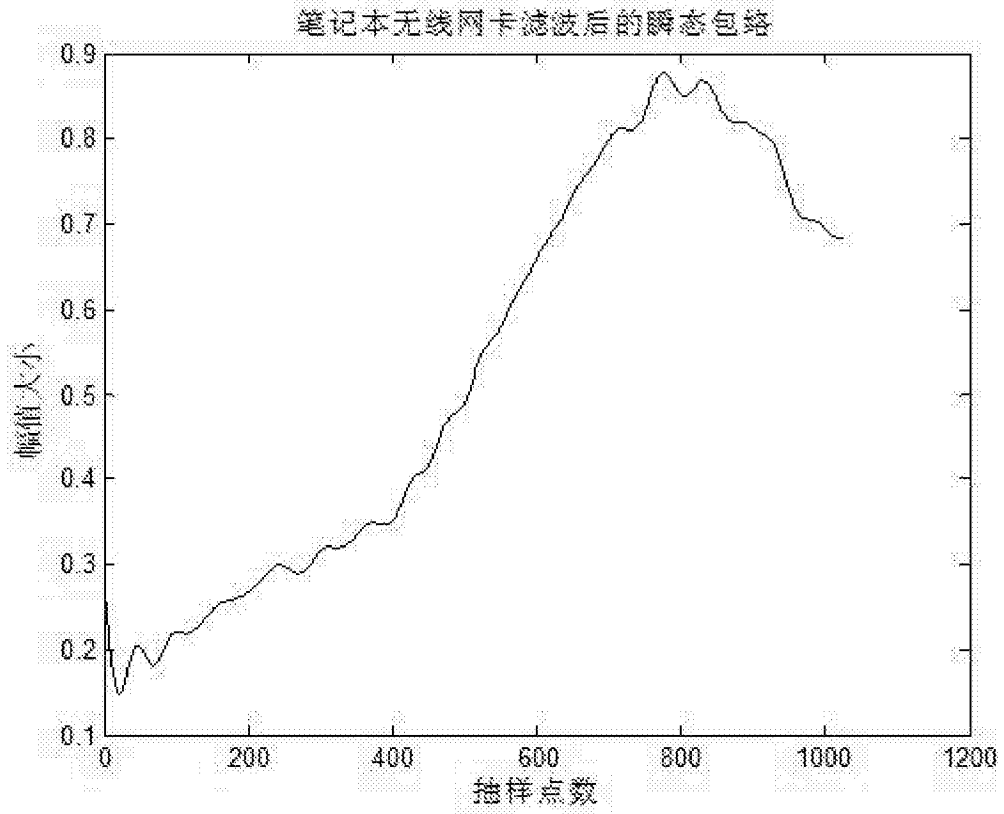


图6

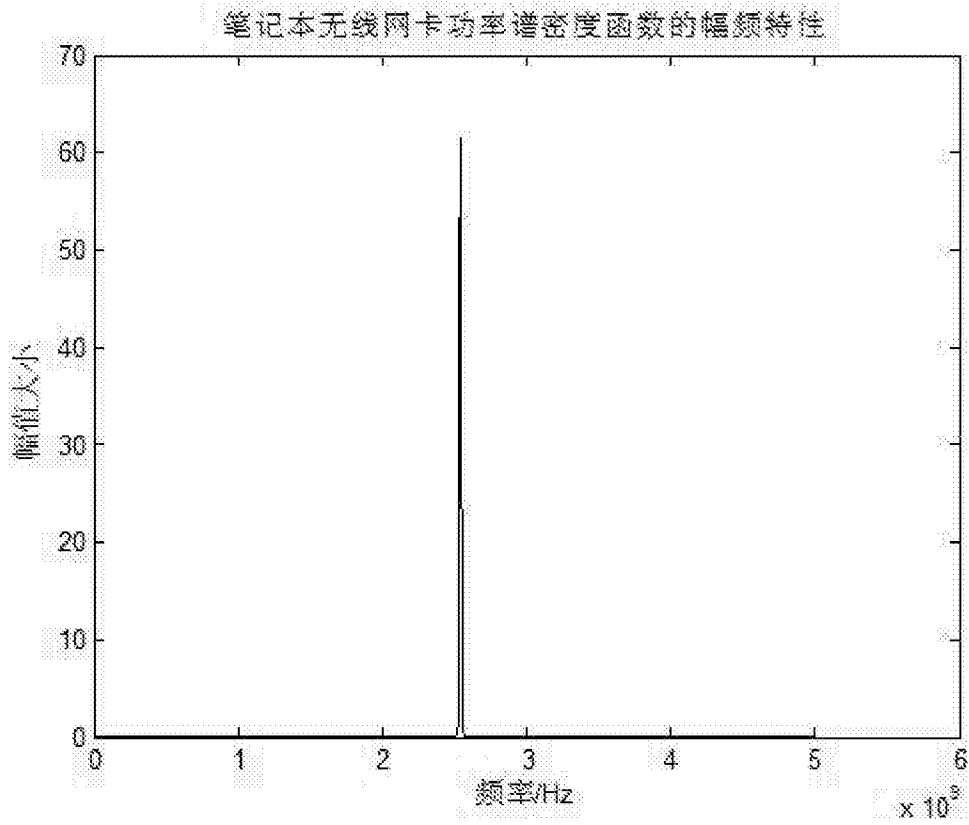


图7

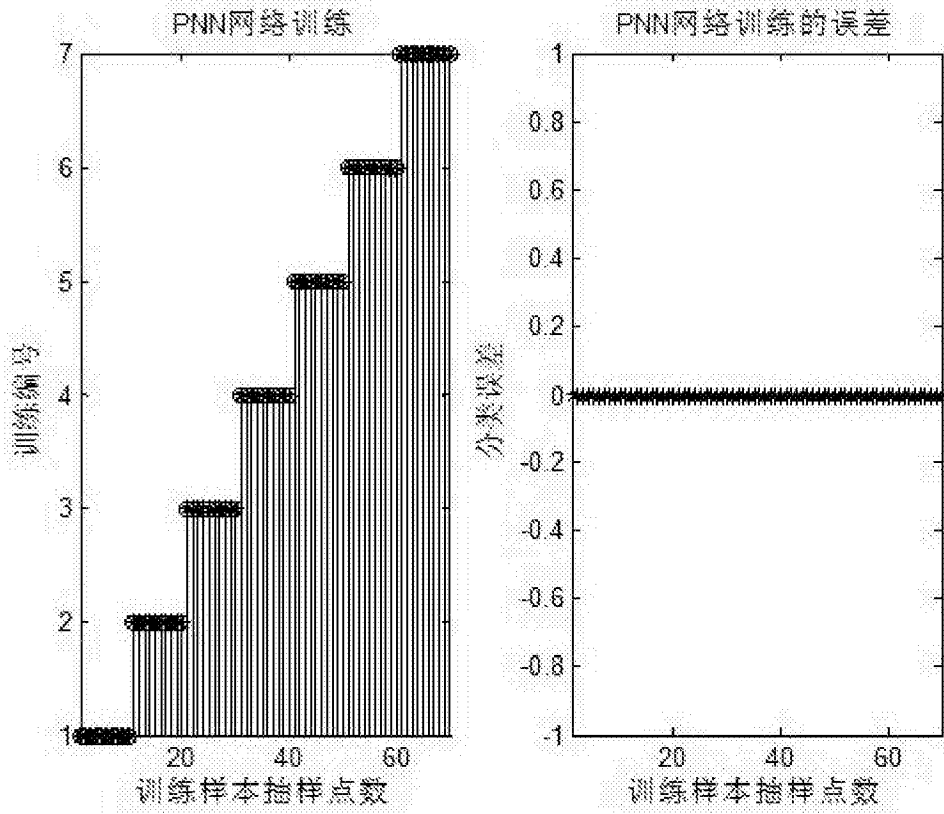


图8

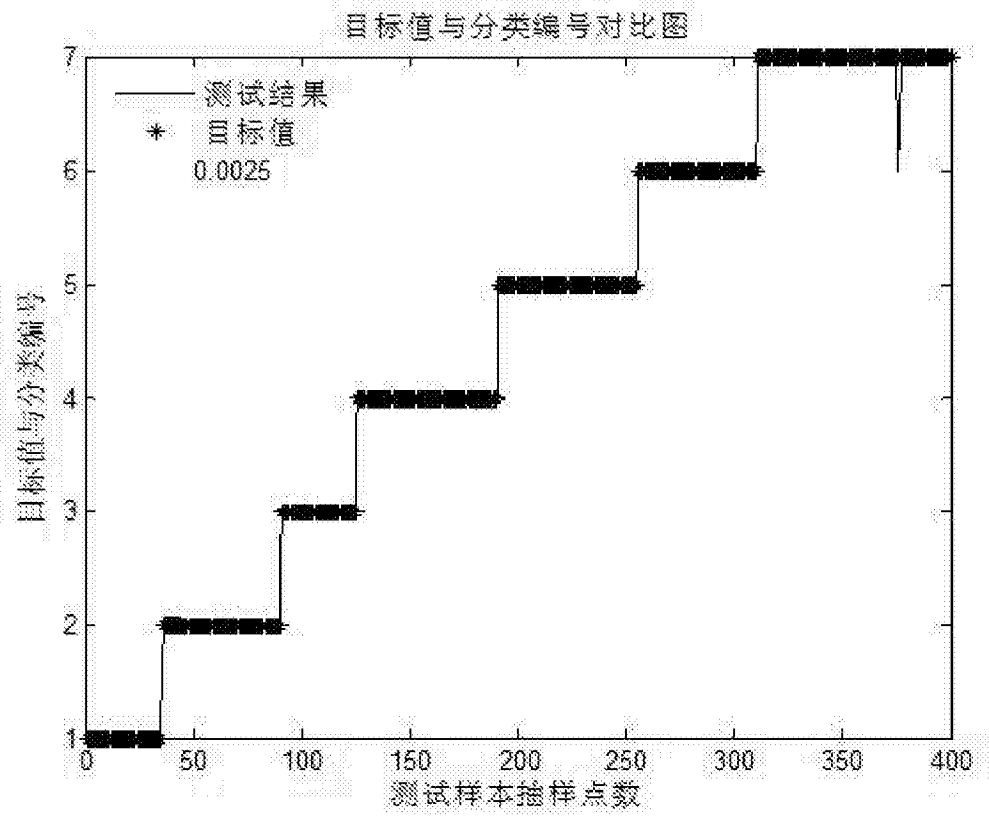


图9