



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116208380 B

(45) 授权公告日 2025. 07. 04

(21) 申请号 202310008703.8

(22) 申请日 2023.01.04

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 116208380 A

(43) 申请公布日 2023.06.02

(73) 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72) 发明人 薛广涛 金星宇 陈奕超 杨岚青

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限

公司 31225

专利代理师 蔡彭君

(51) Int. Cl.

H04L 9/40 (2022.01)

(56) 对比文件

CN 115336230 A, 2022.11.11

WO 2009075656 A1, 2009.06.18

审查员 樊星

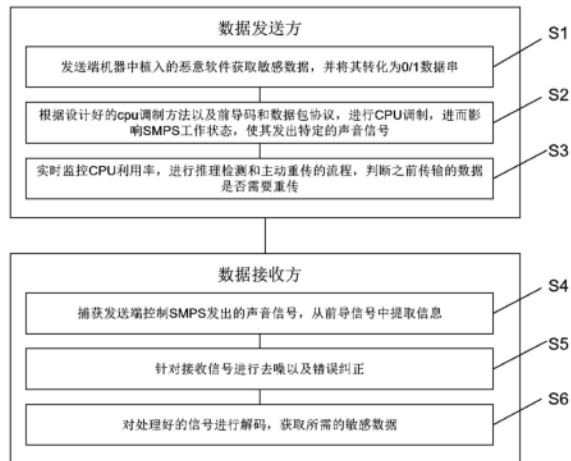
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种针对气隙系统的安全性优化方法

(57) 摘要

本发明涉及一种针对气隙系统的安全性优化方法,包括以下步骤:S1、获取敏感数据,将敏感数据转化为可发送的字符串;S2、基于前导信号和负载确定当前需要传输的数据包信息,控制开关电源传输数据;S3、若需要重传,则进行数据重传流程,重传S2中传输的信息,若不需要重传,则更新当前需要传输的敏感数据,返回S2,直至所有数据包信息传输完成,执行S4;S4、捕获声音信号,提取所需信息;S5、对开关电源发出的声音信号进行滤波和纠正;S6、对第二频谱信号进行解码,敏感数据,优化气隙系统。与现有技术相比,本发明通过模拟恶意软件处理计算机开关电源工作时的声音信号,获取敏感信息的数据泄露过程优化气隙系统。



1. 一种针对气隙系统的安全性优化方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、获取敏感数据,将敏感数据转化为可发送的0/1字符串;

S2、确定前导信号对应的切换频率,将当前需要传输的敏感数据作为负载,基于前导信号和负载确定当前需要传输的数据包信息,并通过调制CPU的方式,控制开关电源SMPS将当前需要传输的数据包信息以声音信号的方式传输出去,所述调制CPU的工作状态具体为调整CPU切换频率和调整CPU的占空比;

S3、基于推理检测流程判断S2中传输的信息是否需要重传,若需要重传,则进行数据重传流程,重传S2中传输的信息,若不需要重传,则更新当前需要传输的敏感数据,返回S2,直至所有数据包信息传输完成,执行S4;

S4、捕获开关电源SMPS发出的声音信号,并从获取的声音信号中的前导信号中提取所需信息;

S5、基于所需信息中的第一噪声谱,对开关电源SMPS发出的声音信号进行滤波和纠正,所述滤波和纠正过程中,基于滤波后的高低频信号进行纠正;

S6、对滤波和纠正后的第二频谱信号进行解码,获取所需的敏感数据,基于所需的敏感数据优化气隙系统。

2. 根据权利要求1所述的一种针对气隙系统的安全性优化方法,其特征在于,S1的步骤具体为:

S11、设计软件,基于软件获取敏感数据;

S12、将敏感数据转化为可发送的0/1字符串,转化过程中的编解码方式按需求方设计。

3. 根据权利要求1所述的一种针对气隙系统的安全性优化方法,其特征在于,S2的具体步骤为:

S21、根据当前的CPU,判断CPU切换频率的下限a和上限b,将切换频率划分为n个区间,基于划分后的切换频率确定前导信号对应的切换频率,所述前导信号对应的切换频率依次为: $a, a+(b-a)/n, a+(b-a)/(n-1), \dots, b$;

S22、将当前需要传输的敏感数据作为负载,所述当前需要传输的敏感数据为敏感数据的一部分,将负载和前导信号一起构成当前需要传输的数据包信息;

S23、根据当前需要传输的数据包信息,调制CPU的工作状态,引动开关电源SMPS的工作状态发生变化,产生特定频率和特定强度的声音信号,承载当前需要传输的数据包信息,将数据传输出去。

4. 根据权利要求3所述的一种针对气隙系统的安全性优化方法,其特征在于,S3的具体步骤为:

S31、传输完成一个数据包信息后,基于推理检测流程判断S2中传输的数据包信息是否包含有干扰信号,所述推理检测流程包括监控CPU利用率和检测CPU利用信息的历史记录;

S32、若包含有干扰信号,则进行数据重传流程,重传S2中传输的信息,若不需要重传,则更新当前需要传输的敏感数据,返回S2,直至所有数据包信息传输完成,执行S4。

5. 根据权利要求3所述的一种针对气隙系统的安全性优化方法,其特征在于,S4的具体步骤为:

S41、基于两个麦克风获取开关电源SMPS发出的声音信号,两个麦克风获取两个不同的前导信号;

S42、针对两个不同的前导信号进行短时傅里叶变换获得两个第一频谱信号,对两个第一频谱信号进行滤波,得到两个滤波后的第一频谱信号;

S43、将滤波前的第一频谱信号划分为不重叠的N个第一频段,针对每一个第一频段分别做谱减法,基于滤波前的第一频谱信号和滤波后的第一频谱信号得到各个第一频段的第一噪声谱;

S44、基于第一噪声谱得到两个频谱信号分别的第一噪声,基于第一噪声定义第一噪声相关性。

6. 根据权利要求5所述的一种针对气隙系统的安全性优化方法,其特征在于,S5的具体步骤为:

S51、对两个麦克风获取的开关电源SMPS发出的声音信号中的两个不同的负载的信号进行短时傅里叶变换,得到两个第二频谱信号,将第二频谱信号划分为不重叠的N个第二频段,针对每一个第二频段分别做谱减法,基于第一噪声谱和第二频谱信号得到滤波后的第二频谱信号;

S52、基于第一噪声相关性和滤波后的第二频谱信号定义第二噪声相关性,基于第二噪声相关性判断滤波后的第二频谱信号是否为噪声,若是,则更新第一噪声相关性的参数,若否,执行S53;

S53、获取滤波后的第二频谱信号的低频声信号振幅和高频声信号振幅;

S54、基于低频声信号振幅和高频声信号振幅建立高低频信号振幅之间的关联性,得到映射关系,判断滤波后的第二频谱信号的低频声信号振幅是否满足条件,若不满足,则基于映射关系得到低频声信号振幅对应的高频声信号振幅,基于该高频声信号振幅对滤波后的第二频谱信号进行纠正。

7. 根据权利要求1所述的一种针对气隙系统的安全性优化方法,其特征在于,S6的具体步骤为:

S61、对滤波和纠正后的第二频谱信号进行解码,获取所需的敏感数据;

S62、基于S1-S6的获取所需的敏感数据的过程,优化气隙系统。

8. 根据权利要求5所述的一种针对气隙系统的安全性优化方法,其特征在于,S42的具体步骤为:

针对两个不同的前导信号进行短时傅里叶变换获得两个第一频谱信号,获得第一频谱信号后,扫描第一频谱信号的全频段,在每一个预配置长度的时间帧中找出所有振幅大于第一阈值的代表性频率,从代表性频率中找出两个第一频谱信号分别对应的代表性频率的子集A1和A2,基于子集A1和A2实现对两个第一频谱信号的滤波,得到两个滤波后的第一频谱信号。

9. 根据权利要求1所述的一种针对气隙系统的安全性优化方法,其特征在于,执行S2的过程中,在linux平台上调制多个CPU核心。

10. 根据权利要求1所述的一种针对气隙系统的安全性优化方法,其特征在于,所述高低频信号振幅之间的关联性的表达式为:

$$U=H(f',Rf,F'(f',Q))$$

其中,U为高频声信号振幅,H为高低频信号振幅的映射关系,f'为低频声信号的强度,Rf为频率分辨率,F'为CPU占空比和对应幅值之间的映射关系的反函数,Q为低频声信号振幅。

一种针对气隙系统的安全性优化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及移动智能感知计算以及数据安全领域,尤其是涉及一种针对气隙系统的安全性优化方法。

背景技术

[0002] 近年来,人们对计算机恶意软件的关注日趋提高。据报道,去年注册的恶意软件样本总数增长了36%,达到了历史最高的6.9亿。这些恶意软件持续不断的威胁着群众、企业乃至政府的信息安全,给计算机安全技术带来了很大的挑战。

[0003] 为了应对这些恶意软件的威胁,保障重要数据的安全不泄露,最常用的手段是直接将重要的设备和数据从互联网上物理隔离。因此提出了气隙系统(air-gapped system)的概念,在气隙系统中的设备,始终与互联网和连接了互联网的设备进行隔离,避免来自互联网的攻击。军事网络,如联合全球情报通信系统(JWICS),以及金融组织、关键基础设施和商业行业的网络,都属于已知的气隙系统。

[0004] 而针对气隙系统的攻击方式的研究,可以从各个方面进一步考验气隙系统的安全性,知道可能的攻击方法,才能有效地做出预防,将可能的数据泄露防范于未然。针对气隙系统的攻击已经提出了许多研究。这些工作根据计算机执行不同命令时信号的不同特性,采用热、振动、光或电磁等作为侧通道进行数据的提取。例如,BitWhisper和HOSTPOT使用热传感器来测量温度变化;Air-ViBeR使用附近手机的加速计来测量风扇引起的振动;GSMem, USBee和PowerHammer使用磁传感器测量来自母线或电源线的电磁辐射等。

[0005] 以上模拟的针对气隙系统的隐性数据泄露方法都是依靠高采样率的传感器作为接收端来窃取数据,而移动设备上的传感器都是低采样率的(≤ 300 赫兹)。由于传输速度较低(均 ≤ 120 bps)且引入了附加设备,增加了数据导出的难度,这些方法不适合实际使用,难以对气隙系统的安全性进行优化。

发明内容

[0006] 本发明的目的就是为了解决上述现有技术存在的缺陷而提供的一种针对气隙系统的安全性优化方法,通过模拟恶意软件处理计算机开关电源工作时的声音信号,获取敏感信息的数据泄露过程优化气隙系统。

[0007] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0008] 一种针对气隙系统的安全性优化方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0009] S1、获取敏感数据,将敏感数据转化为可发送的0/1字符串;

[0010] S2、确定前导信号对应的切换频率,将当前需要传输的敏感数据作为负载,基于前导信号和负载确定当前需要传输的数据包信息,并通过调制CPU的方式,控制开关电源SMPS将当前需要传输的数据包信息以声音信号的方式传输出去,所述调制CPU的工作状态具体为调整CPU切换频率和调整CPU的占空比;

[0011] S3、基于推理检测流程判断S2中传输的信息是否需要重传,若需要重传,则进行数

据重传流程,重传S2中传输的信息,若不需要重传,则更新当前需要传输的敏感数据,返回S2,直至所有数据包信息传输完成,执行S4;

[0012] S4、捕获开关电源SMPS发出的声音信号,并从获取的声音信号中的前导信号中提取所需信息;

[0013] S5、基于所需信息中的第一噪声谱,对开关电源SMPS发出的声音信号进行滤波和纠正,所述滤波和纠正过程中,基于滤波后的高低频信号进行纠正;

[0014] S6、对滤波和纠正后的第二频谱信号进行解码,获取所需的敏感数据,基于所需的敏感数据优化气隙系统。

[0015] 进一步地,S1的步骤具体为:

[0016] S11、设计软件,基于软件获取敏感数据;

[0017] S12、将敏感数据转化为可发送的0/1字符串,转化过程中的编解码方式按需求方设计。

[0018] 进一步地,S2的具体步骤为:

[0019] S21、根据当前的CPU,判断CPU切换频率的下限a和上限b,将切换频率划分为n个区间,基于划分后的切换频率确定前导信号对应的切换频率,所述前导信号对应的切换频率依次为: $a, a+(b-a)/n, a+(b-a)/(n-1), \dots, b$;

[0020] S22、将当前需要传输的敏感数据作为负载,所述当前需要传输的敏感数据为敏感数据的一部分,将负载和前导信号一起构成当前需要传输的数据包信息;

[0021] S23、根据当前需要传输的数据包信息,调制CPU的工作状态,引动开关电源SMPS的工作状态发生变化,产生特定频率和特定强度的声音信号,承载当前需要传输的数据包信息,将数据传输出去。

[0022] 进一步地,S3的具体步骤为:

[0023] S31、传输完成一个数据包信息后,基于推理检测流程判断S2中传输的数据包信息是否包含有干扰信号,所述推理检测流程包括监控CPU利用率和检测CPU利用信息的历史记录;

[0024] S32、若包含有干扰信号,则进行数据重传流程,重传S2中传输的信息,若不需要重传,则更新当前需要传输的敏感数据,返回S2,直至所有数据包信息传输完成,执行S4。

[0025] 进一步地,S4的具体步骤为:

[0026] S41、基于两个麦克风获取开关电源SMPS发出的声音信号,两个麦克风获取两个不同的前导信号;

[0027] S42、针对两个不同的前导信号进行短时傅里叶变换获得两个第一频谱信号,对两个第一频谱信号进行滤波,得到两个滤波后的第一频谱信号;

[0028] S43、将滤波前的第一频谱信号划分为不重叠的N个第一频段,针对每一个第一频段分别做谱减法,基于滤波前的第一频谱信号和滤波后的第一频谱信号得到各个第一频段的第一噪声谱;

[0029] S44、基于第一噪声谱得到两个频谱信号分别的第一噪声,基于第一噪声定义第一噪声相关性。

[0030] 进一步地,S5的具体步骤为:

[0031] S51、对两个麦克风获取的开关电源SMPS发出的声音信号中的两个不同的负载的

信号进行短时傅里叶变换,得到两个第二频谱信号,将第二频谱信号划分为不重叠的N个第二频段,针对每一个第二频段分别做谱减法,基于第一噪声谱和第二频谱信号得到滤波后的第二频谱信号;

[0032] S52、基于第一噪声相关性和滤波后的第二频谱信号定义第二噪声相关性,基于第二噪声相关性判断滤波后的第二频谱信号是否为噪声,若是,则更新第一噪声相关性的参数,若否,执行S53;

[0033] S53、获取滤波后的第二频谱信号的低频声信号振幅和高频声信号振幅;

[0034] S54、基于低频声信号振幅和高频声信号振幅建立高低频信号振幅之间的关联性,得到映射关系,判断滤波后的第二频谱信号的低频声信号振幅是否满足条件,若不满足,则基于映射关系得到低频声信号振幅对应的高频声信号振幅,基于该高频声信号振幅对滤波后的第二频谱信号进行纠正。

[0035] 进一步地,S6的具体步骤为:

[0036] S61、对滤波和纠正后的第二频谱信号进行解码,获取所需的敏感数据;

[0037] S62、基于S1-S6的获取所需的敏感数据的过程,优化气隙系统。

[0038] 进一步地,S42的具体步骤为:

[0039] 针对两个不同的前导信号进行短时傅里叶变换获得两个第一频谱信号,获得第一频谱信号后,扫描第一频谱信号的全频段,在每一个预配置长度的时间帧中找出所有振幅大于第一阈值的代表性频率,从代表性频率中找出两个第一频谱信号分别对应的代表性频率的子集A1和A2,基于子集A1和A2实现对两个第一频谱信号的滤波,得到两个滤波后的第一频谱信号。

[0040] 进一步地,执行S2的过程中,在linux平台上调制多个CPU核心。

[0041] 进一步地,所述高低频信号振幅之间的关联性的表达式为:

[0042] $U=H(f',Rf,F'(f',Q))$

[0043] 其中,U为高频声信号振幅,H为高低频信号振幅的映射关系, f' 为低频声信号的强度, Rf 为频率分辨率, F' 为CPU占空比和对应幅值之间的映射关系的反函数,Q为低频声信号振幅。

[0044] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0045] (1) 本发明通过调制CPU的工作状态,使得SMPS工作时能同时产生高频和低频的信号,实现对开关电源SMPS发出的声音信号进行滤波和纠正,更好的模拟数据泄露时的数据的纠正过程,有利于对气隙系统进行优化。

[0046] (2) 本发明结合多种CPU调制方法,包括切换频率和占空比,模拟数据泄露时加快数据传输的手段,更加贴合实际,有利于对气隙系统进行优化。

附图说明

[0047] 图1为本发明的流程图;

[0048] 图2为本发明的数据传输图;

[0049] 图3为本发明的CPU调制方法的算法流程示意图。

具体实施方式

[0050] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0051] 本发明提供一种针对气隙系统的安全性优化方法,方法的流程图如图1所示。本发明的数据传输图如图2所示。数据传输图方法包括以下步骤:

[0052] S1、获取敏感数据,将敏感数据转化为可发送的0/1字符串。

[0053] S2、确定前导信号对应的切换频率,将当前需要传输的敏感数据作为负载,基于前导信号和负载确定当前需要传输的数据包信息,并通过调制CPU的方式,控制开关电源SMPS将当前需要传输的数据包信息以声音信号的方式传输出去。

[0054] S3、基于推理检测流程判断S2中传输的信息是否需要重传,若需要重传,则进行数据重传流程,重传S2中传输的信息,若不需要重传,则更新当前需要传输的敏感数据,返回S2,直至所有数据包信息传输完成,执行S4。

[0055] S4、捕获开关电源SMPS发出的声音信号,并从获取的声音信号中的前导信号中提取所需信息。

[0056] S5、基于所需信息中的第一噪声谱,对开关电源SMPS发出的声音信号进行滤波和纠正。

[0057] S6、对滤波和纠正后的第二频谱信号进行解码,获取所需的敏感数据,基于所需的敏感数据优化气隙系统。

[0058] S1的步骤具体为:

[0059] S11、针对具体目标,设计软件,基于软件获取敏感数据。

[0060] 敏感数据例如用户密码,用户财产信息等,软件安装在发送端机器中。获取敏感数据的手段包括截取输入流等技术手段,不同的场景进行不同的设计。

[0061] S12、将敏感数据转化为可发送的0/1字符串,转化过程中的编解码方式按需求方设计。

[0062] S2的具体步骤为:

[0063] S21、根据当前的CPU,判断CPU切换频率的下限a和上限b,将切换频率划分为n个区间,基于划分后的切换频率确定前导信号对应的切换频率,前导信号对应的切换频率依次为: $a, a+(b-a)/n, a+(b-a)/(n-1), \dots, b$ 。

[0064] S22、将当前需要传输的敏感数据作为负载,当前需要传输的敏感数据为敏感数据的一部分,将负载和前导信号一起构成当前需要传输的数据包信息。

[0065] 负载可以为100bit。

[0066] S23、根据当前需要传输的数据包信息,调制CPU的工作状态,引动开关电源SMPS的工作状态发生变化,产生特定频率和特定强度的声音信号,承载当前需要传输的数据包信息,将数据传输出去。详细的传输流程如图3所示。

[0067] 调制CPU的工作状态具体为调整CPU切换频率和调整CPU的占空比。调整CPU切换频率可以使得SMPS发出特定频率的声音信号。具体的,CPU的切换频率 f_c 会影响到电流的变化频率,从而影响到SMPS发出的低频声音信号 f_s ,且经试验可知, $f_c = f_s$ 。为了能够将CPU的切换频率调整到 f_c ,我们可以将特定线程绑定到特定CPU,使得CPU在 $1/f_c$ 的时间内完成一次满负荷

到睡眠状态的切换。具体的,以linux平台为例,每一个线程可以通过sched_setaffinity()函数来绑定到特定的CPU核心上,在每一个切换周期内,transmitter将会控制它的worker利用pthread_barrier_wait()函数来完成CPU满负载和sleep状态之间的切换。

[0068] 调整CPU的占空比时,对每一个单独的CPU核心来说,在一个切换周期($1/f_c$)中,有两种状态,即满负荷工作状态和sleep状态,假设满负荷工作时长为 t_H ,sleep时长为 t_L ,则可知, $t_H+t_L=1/f_c$;令 θ 满足 $\theta = \frac{t_H}{t_H+t_L}$,称其为占空比,显然占空比应该处于0和1之间。可知,改变占空比并不会改变切换周期的大小,所以不会改变SMPS产生的声音频率,但是,实验表明,占空比会影响到对应频率的声音强度,因此可以参与至信息传输中。

[0069] 执行S2的过程中,可以在linux平台上调制多个CPU核心,针对不同的核心绑定特定线程,从而产生多种频率强度的复合声音信号,同时进行信息传输。具体的,linux平台上,可以通过createAnotherTransmitter()来同时进行多个核心的调制,这样可以获得更高的数据传输率。

[0070] S3的具体步骤为:

[0071] S31、传输完成一个数据包信息后,基于推理检测流程判断S2中传输的数据包信息是否包含有干扰信号,推理检测流程包括监控CPU利用率和检测CPU利用信息的历史记录;

[0072] S32、若包含有干扰信号,则进行数据重传流程,重传S2中传输的信息,若不需要重传,则更新当前需要传输的敏感数据,返回S2,直至所有数据包信息传输完成,执行S4。

[0073] S4的具体步骤为:

[0074] S41、基于两个麦克风获取开关电源SMPS发出的声音信号,两个麦克风获取两个不同的前导信号。前导信号的长度为 $n+1$ 的频率序列应当为 $[a, a+c, a+2c, \dots, b]$ 。其中 a 为CPU切换频率的下限, b 为CPU切换频率的上限, c 代表频率的间隔,理论值为 $c = (b-a)/n$, n 为频率划分个数。两个不同的麦克风接受到的前导信号分别用 $X1_p$ 和 $X2_p$ 来表示。

[0075] S42、针对两个不同的前导信号进行短时傅里叶变换获得两个第一频谱信号,对两个第一频谱信号进行滤波,得到两个滤波后的第一频谱信号。

[0076] S42的具体步骤为:

[0077] 针对两个不同的前导信号进行短时傅里叶变换获得两个第一频谱信号,获得第一频谱信号后,扫描第一频谱信号的全频段,在每一个预配置长度的时间帧中找出所有振幅大于第一阈值的代表性频率,从代表性频率中找出两个第一频谱信号分别对应的代表性频率的子集A1和A2,基于子集A1和A2实现对两个第一频谱信号的滤波,得到两个滤波后的第一频谱信号。

[0078] 针对 $X1_p$ 和 $X2_p$ 进行短时傅里叶变换获得第一频谱信号 $X1_p'$ 和 $X2_p'$,然后扫描全频段,在每一个 d ms的时间帧中,找出所有振幅大于 e dB的代表性频率, e 与接收器相关。然后找出一个频率的子集A,满足 $A = [f_1, f_2, \dots, f_1]$,其中 f_i 满足 $||f_i - f_{i-1}| - c| < R_f$, R_f 代表频率分辨率且 $1 = (b-a)/c$ 。可知,此步骤后我们分别获取了两个麦克风收取的信号中计算的A1和A2,也就是说,我们对 $X1_p'$ 和 $X2_p'$ 进行了滤波,从而获取了两个干净的信号 D_1 和 D_2 ,作为之后的参照。

[0079] S43、将滤波前的第一频谱信号划分为不重叠的N个第一频段,针对每一个第一频段分别做谱减法,基于滤波前的第一频谱信号和滤波后的第一频谱信号得到各个第一频段

的第一噪声谱。

[0080] 将 $X1_p$ 和 $X2_p$ 划分为不重叠的N个频段,针对每一个频段分别做谱减法,因此,第i个频段的第一噪声谱可以被表示为 $|\hat{N}_i|^2 = |\hat{x}_{P_i}|^k - \alpha_i \sigma_i |\hat{D}_k|^2$ $b_i < k < e_i$,其中 $|\hat{N}_i|^2$ 为估计的噪声, b_i 和 e_i 为第i个频段的开始和结束频率, α_i 是第i个频带的过减因子, σ_i 为调整因子,可以为每个频带单独设置,以定制噪声的去除性能。

[0081] S44、基于第一噪声谱得到两个频谱信号分别的第一噪声,基于第一噪声定义第一噪声相关性。

[0082] 假设步骤S43中,分别从 $X1_p$ 和 $X2_p$ 获取的噪声估计为 $\hat{N}1$ 和 $\hat{N}2$,则定义 $\lambda = 10\log(\hat{N}1/\hat{N}2)$ 作为第一噪声相关性,它包含了噪声的特性,并将用于之后的去噪过程中。前导信号的每一次发送, λ 都会更新,保证噪声特性的实时性。

[0083] S5的具体步骤为:

[0084] S51、对两个麦克风获取的开关电源SMPS发出的声音信号中的两个不同的负载的信号进行短时傅里叶变换,得到两个第二频谱信号,将第二频谱信号划分为不重叠的N个第二频段,针对每一个第二频段分别做谱减法,基于第一噪声谱和第二频谱信号得到滤波后的第二频谱信号。

[0085] 本步开始处理真正的通信信号,假设两个麦克风接收到的包含有数据信息的负载的信号为 $X1_c$ 和 $X2_c$ 。对其进行短时傅里叶变换得到 $X1_c$ 和 $X2_c$,将其划分为N个不重合的第二频段,对每一个第二频段独立的进行谱减法,依照公式

$|\hat{D}_i|^2 = |\hat{x}_{P_i}|^k - \alpha_i \sigma_i |\hat{N}_i|^2$ $b_i < k < e_i$,则可以得出, \hat{D} 为估计出来的干净的信号, b_i 、 e_i 、 α_i 、 σ_i 的设置与S43的定义中相同。经过此步骤,得到了干净的信号 $\hat{D}1$ 和 $\hat{D}2$,即滤波后的第二频谱信号。

[0086] S52、基于第一噪声相关性和滤波后的第二频谱信号定义第二噪声相关性,基于第二噪声相关性判断滤波后的第二频谱信号是否为噪声,若是,则更新第一噪声相关性的参数,若否,执行S53。

[0087] 定义第二噪声相关性 $\delta_i = |\lambda_i - \lambda_{1_i}|$,其中 $\lambda_{1_i} = 10\log(\hat{D}1_i - \hat{D}2_i)$,如果 $\delta_i > p$,就可以认为当前收到的其实是噪声,例如人的交谈或是运动,随后依照 $\alpha_i = \alpha_i + q$ 对 α_i 进行更新。这里提及到的p和q会根据不同的接收器进行调整。

[0088] S53、获取滤波后的第二频谱信号的低频声信号振幅和高频声信号振幅。

[0089] 假设现在有n个CPU核心,CPU占空比满足 $[\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_n]$,每个核心对应的切换频率为 $[f_1, f_2, \dots, f_n]$,发出的低频声信号的强度对应为 $[f'_1, f'_2, \dots, f'_n]$,其幅值分别为 Q_i ,Rf为频率分辨率,则可以得出低频声信号强度满足 $f'_i = f_i \pm RfQ_i = F(f_i, \Theta_i)$,F表示的是学习到的CPU占空比和对应幅值之间的映射关系。同理,针对产生的高频信号的部分,其对应频率的振幅 U_j 满足 $U_j = G(f_1, f_2, \dots, f_n, \Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_n)$ 。依次低频声信号振幅为 Q_i ,高频声信号振幅为 U_j 。

[0090] S54、基于低频声信号振幅和高频声信号振幅建立高低频信号振幅之间的关联性,得到映射关系,判断滤波后的第二频谱信号的低频声信号振幅是否满足条件,若不满足,则基于映射关系得到低频声信号振幅对应的高频声信号振幅,基于该高频声信号振幅对滤波

后的第二频谱信号进行纠正。

[0091] 综合S53中低频声信号强度的公式和对应频率的振幅的公式,建立高低频信号振幅之间的关联性,关联性的表达式为:

[0092] $U=H(f',Rf,F'(f',Q))$

[0093] 其中,U为高频声信号振幅,H为高低频信号振幅的映射关系, f' 为低频声信号的强度, Rf 为频率分辨率, F' 为CPU占空比和对应幅值之间的映射关系的反函数, Q 为低频声信号振幅。

[0094] 综合S53和S54的操作,只需要通过前导信号,建立起映射关系H,随后的带有信息的负载的通信信号,只需要检查它的低频强度是否满足条件,就能知道信息是否出错,如果出错了,就利用高频信号来纠正。

[0095] S6的具体步骤为:

[0096] S61、对滤波和纠正后的第二频谱信号进行解码,获取所需的敏感数据;

[0097] S62、基于S1-S6的获取所需的敏感数据的过程,优化气隙系统。

[0098] 本发明具有非侵入性、对用户透明、使用商用现货麦克风接受数据等优点,更好的模拟数据泄露,本发明还实现了一个移动设备上的系统,它可以在一米内做到2400bps的数据传输率,并且只有0.01的比特误码率。与现有的基于移动设备的气隙系统相比,本发明有20倍的性能优势。

[0099] 以上详细描述了本发明的较佳具体实施例。应当理解,本领域的普通技术人员无需创造性劳动就可以根据本发明的构思作出诸多修改和变化。因此,凡本技术领域中技术人员依本发明的构思在现有技术的基础上通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案,皆应在由权利要求书所确定的保护范围内。

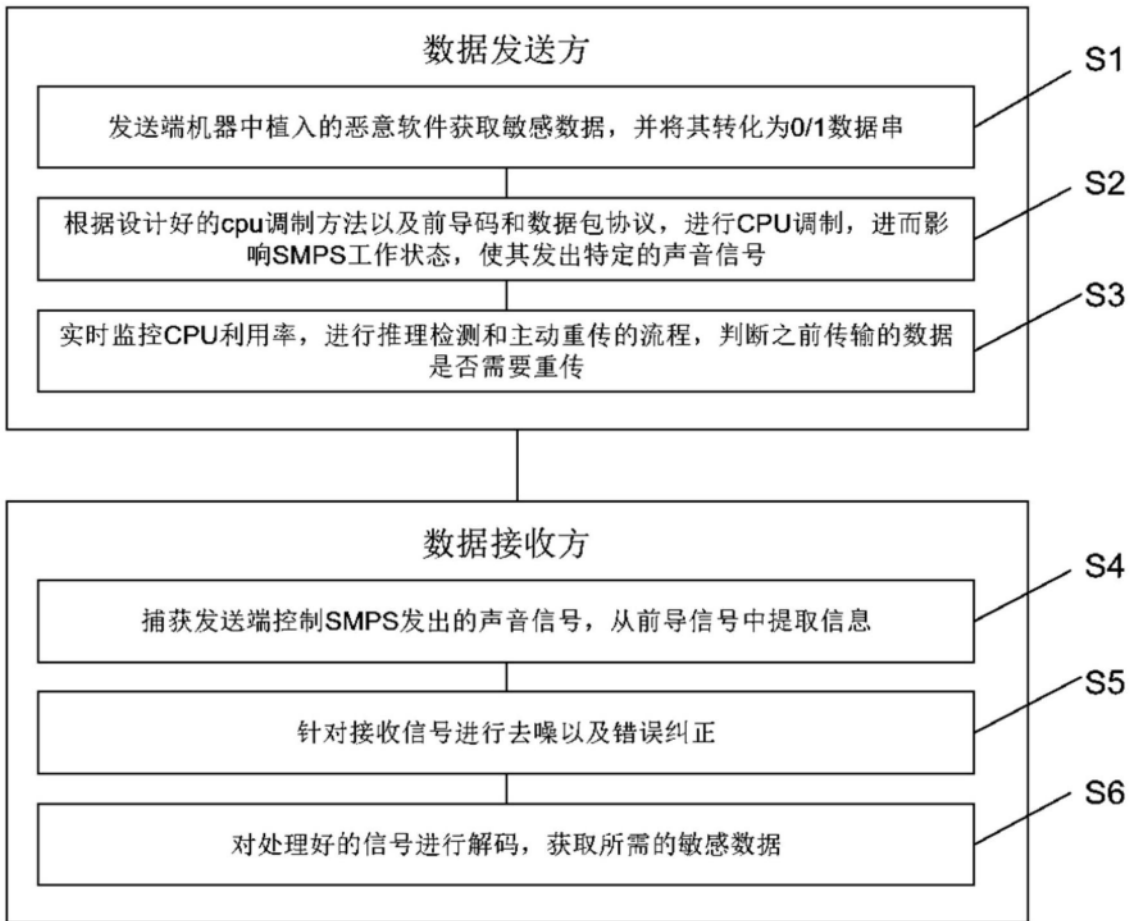


图1

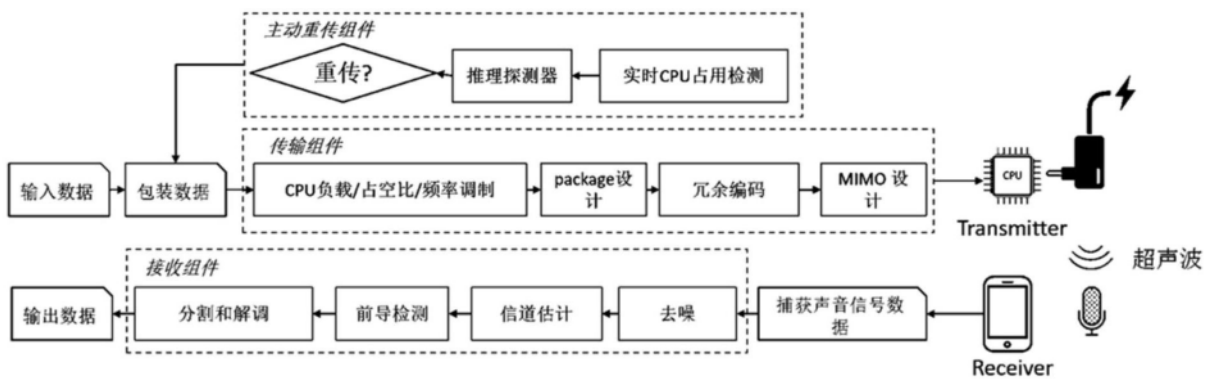


图2

Algorithm 1 Transmitter

```

Require: input data , transmit period  $T_c$ 
sched_setaffinity()
if need more cores to transmit input data then
  createAnotherTransmitter()
end if
createWorker()
pthread_barrier_init(&barrierFirst,NULL,2);
pthread_barrier_init(&barrierSecond,NULL,2);
while input data is not over do
  freq  $f$ , duty cycle  $\theta \leftarrow$  input data
  switchPeriod  $\leftarrow 1e6/f$ 
  cpuFullLoad  $\leftarrow \theta \cdot$ switchPeriod
  endTime  $\leftarrow$  getTime() +  $T_c$ 
  while getTime() < endTime do
    Mark  $\leftarrow 1$ 
    pthread_barrier_wait(&barrierFirst)
    while getTime()%switchPeriod < cpuFullLoad do
      do while
    end while
    Mark  $\leftarrow 0$ 
    pthread_barrier_wait(&barrierSecond)
    while getTime()%switchPeriod  $\geq$  cpuFullLoad do
      do while
    end while
  end while
end while

```

Algorithm 2 Worker

```

sched_setaffinity()
while true do
  pthread_barrier_wait(&barrierFirst)
  while Mark do
    do while
  end while
  pthread_barrier_wait(&barrierSecond)
end while

```

图3