



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112232129 A

(43) 申请公布日 2021.01.15

(21) 申请号 202010981486.7

(22) 申请日 2020.09.17

(71) 申请人 厦门熙重电子科技有限公司
地址 361000 福建省厦门市火炬高新区火炬园火炬路56-58号火炬广场南楼621室

(72) 发明人 张建国 叶家艺 茅剑

(74) 专利代理机构 泉州市创标专利代理事务所
(特殊普通合伙) 35253
代理人 潘文林

(51) Int. Cl.
G06K 9/00 (2006.01)
G06K 9/62 (2006.01)
G06N 3/04 (2006.01)

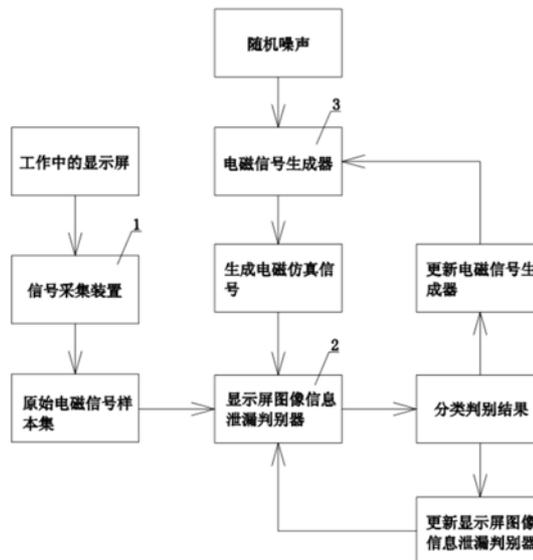
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真系统及方法

(57) 摘要

基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真系统,包括信号采集装置、显示屏图像信息泄漏判别器和电磁信号生成器;本发明从深度学习的角度出发,利用生成对抗网络方法学习模拟显示屏的电磁信号,并在与原始电磁信号进行特征拟合比较之后进一步改善优化,在完成迭代更新之后,不断完善模拟仿真信号数据,从而能够在较高程度实现电磁信号的模拟效果。本发明致力于能够在传统重构技术手段面临难度的同时,利用好人工智能的相关技术应用于解决电磁信息泄漏等问题,从而相互协作为电子信息设备提供最大程度上的安全防护作用。



1. 基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真系统,其特征在於:包括信号采集装置、显示屏图像信息泄漏判别器和电磁信号生成器;

信号采集装置,用于从显示屏的数据线上感知包含图像信息的电磁信号,并通过信号接收机将信号探头获取的电磁信号接收并保存成原始电磁信号样本;

显示屏图像信息泄漏判别器,用于从原始电磁信号样本中提取特性,作为显示屏图像信息泄漏判别器的判别依据,并最终形成电磁信息泄漏的分类判别,同时指导电磁信号生成器进行训练,通过对原始电磁信号样本以及来自电磁信号生成器的电磁仿真信号样本数据进行分析,评判其数据输入是真实信号还是生成的电磁仿真信号;

电磁信号生成器,用于将随机噪声生成包含图像信息的电磁仿真信号,并学习原始电磁信号样本数据中的特征分布,在学习过程中直接生成符合这种分布规律的仿真电磁信号,同时接收来自显示屏图像信息泄漏判别器在对生成样本进行评定后的损失函数反馈。

2. 如权利要求1所述的基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真系统,其特征在於:所述显示屏图像信息泄漏判别器包括四个卷积层和一个全连接层,电磁信号依次通过四个卷积层,并从全连接层输出判别结果。

3. 如权利要求2所述的基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真系统,其特征在於:所述卷积层包括电磁信号依次通过的一维卷积核、批标准化层Batch Norm及LReLU激活层。

4. 如权利要求1所述的基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真系统,其特征在於:所述电磁信号生成器包括特征映射层及四个反卷积层,随机噪声经过特征映射层升维映射为初始生成向量,初始生成向量依次通过四个反卷积层,并由最后一个反卷积层生成电磁仿真信号。

5. 如权利要求4所述的基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真系统,其特征在於:所述四个反卷积层中前三个反卷积层均包括生成向量依次通过的一维反卷积核、批标准化层Batch Norm及ReLU激活层,最后一个卷积层包括生成向量依次通过的一维反卷积核、批标准化层Batch Norm及tanh激活层。

6. 如权利要求1至5任一所述的基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真方法,其特征在於:包括以下步骤:

S1、基于卷积神经网络方法,根据电磁信息泄漏信号的特点分别构造显示屏图像信息泄漏判别器和电磁信号生成器;

S2、使用信号采集装置从显示屏的数据线上感知包含图像信息的电磁信号,通过信号接收机将信号采集装置获取的电磁信号接收并保存成原始电磁信号样本;

S3、所述显示屏图像信息泄漏判别器从原始电磁信号样本中提取特性,作为显示屏图像信息泄漏判别器的判别依据,并最终形成电磁信息泄漏的分类判别;

S4、将随机噪声输入电磁信号生成器,电磁信号生成器生成包含图像信息的电磁仿真信号;

S5、训练显示屏图像信息泄漏判别器,显示屏图像信息泄漏判别器指导电磁信号电磁信号生成器进行训练,通过对原始电磁信号样本以及来自电磁信号生成器的电磁仿真信号样本数据进行分析,评判其数据输入是真实信号还是生成的电磁仿真信号;

S6、训练电磁信号生成器,电磁信号生成器学习原始电磁信号样本数据存在的概率分布,并在学习过程中直接生成符合这种分布规律的仿真电磁信号,同时接收来自显示屏图

像信息泄漏判别器在对生成样本进行评定后的损失函数反馈,进一步更新完善电磁信号生成器,从而能够生成出更加贴近真实样本数据的电磁仿真信号;

S7、在训练过程中,显示屏图像信息泄漏判别器和电磁信号生成器不断地竞争,从而提高各自的判别能力和生成能力,通过显示屏图像信息泄漏判别器和电磁信号生成器之间的对抗竞争,持续迭代更新生成对抗网络,最终获得显示屏图像信息泄漏判别器无法识别的电磁仿真信号。

7.如权利要求6所述的基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真方法,其特征在于:所述步骤S2中的信号采集装置采用卡钳式电磁信号探头。

8.如权利要求6所述的基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真方法,其特征在于:所述电磁信号生成器的训练采用交替优化的方式,迭代过程分为两个阶段,第一阶段先保持显示屏图像信息泄漏判别器,优化电磁信号生成器,使其生成的电磁仿真信号被显示屏图像信息泄漏判别器评定为真实信号的概率尽可能高;第二阶段为保持电磁信号生成器,优化显示屏图像信息泄漏判别器的判别模型,提高显示屏图像信息泄漏判别器的分类准确率。

9.如权利要求6所述的基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真方法,其特征在于:在生成对抗网络进行训练的过程中,显示屏图像信息泄漏判别器部分的基本工作算法为:在多次的迭代训练过程中,每次循环中都从电磁信号生成器生成的样本内容选取一小批生成样本,同时,再从真实样本数据集中选取一小批真实样本,两者整合成为输入样本,通过不断提高随机梯度来更新判别器。

基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及仿真技术领域,具体的说是指基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真系统及方法。

背景技术

[0002] 如图1所示,电子信息设备的显示屏在工作时,会向外部环境发射电磁波,进而产生无意的、非主观通信的电磁辐射。这些电磁辐射信号称为电磁泄漏信号,其中常常含有显示屏上的图像信息,导致显示图像的信息泄漏,威胁设备的信息安全。

[0003] 在电磁信息泄漏问题的研究中,电磁信号的重构技术得到了发展。其机制主要包括了侦察分析、参数测量、信号重构等步骤,也就是说,在获取电磁泄漏信号之后,通过对信号进行参数测量和特征分析,进一步得到其中的关键信息,从而实现设备上原始信息的重构。一定程度上,这些重构信号与截获到的信号具有很高的相似度,起到欺骗性的电磁伪装防护效果。然而电磁信号环境复杂多变,传统的信号重构机制在复杂电磁环境下,难以获取各类信号关键信息并进行准确重构电磁信号。

发明内容

[0004] 本发明提供的是基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真系统及方法,其主要目的在于克服传统的信号重构机制在复杂电磁环境下,难以获取各类信号关键信息并进行准确重构电磁信号的问题。

[0005] 为了解决上述的技术问题,本发明采用如下的技术方案:

[0006] 基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真系统,包括信号采集装置、显示屏图像信息泄漏判别器和电磁信号生成器;

[0007] 信号采集装置,用于从显示屏的数据线上感知包含图像信息的电磁信号,并通过信号接收机将信号探头获取的电磁信号接收并保存成原始电磁信号样本;

[0008] 显示屏图像信息泄漏判别器,用于从原始电磁信号样本中提取特性,作为显示屏图像信息泄漏判别器的判别依据,并最终形成电磁信息泄漏的分类判别,同时指导电磁信号生成器进行训练,通过对原始电磁信号样本以及来自电磁信号生成器的电磁仿真信号样本数据进行分析,评判其数据输入是真实信号还是生成的电磁仿真信号;

[0009] 电磁信号生成器,用于将随机噪声生成包含图像信息的电磁仿真信号,并学习原始电磁信号样本数据中的特征分布,在学习过程中直接生成符合这种分布规律的仿真电磁信号,同时接收来自显示屏图像信息泄漏判别器在对生成样本进行评定后的损失函数反馈。

[0010] 进一步的,所述显示屏图像信息泄漏判别器包括四个卷积层和一个全连接层,电磁信号依次通过四个卷积层,并从全连接层输出判别结果。

[0011] 更进一步的,所述卷积层包括电磁信号依次通过的一维卷积核、批标准化层Batch Norm及LReLU激活层。

[0012] 进一步的,所述电磁信号生成器包括特征映射层及多个反卷积层,随机噪声经过特征映射层升维映射为初始生成向量,初始生成向量依次通过多个反卷积层,并由最后一个反卷积层生成电磁仿真信号。

[0013] 更进一步的,所述四个反卷积层中前三个反卷积层均包括生成向量依次通过的一维反卷积核、批标准化层Batch Norm及ReLU激活层,最后一个卷积层包括生成向量依次通过的一维反卷积核、批标准化层Batch Norm及tanh激活层。

[0014] 基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真方法,包括以下步骤:

[0015] S1、基于卷积神经网络方法,根据电磁信息泄漏信号的特点分别构造显示屏图像信息泄漏判别器和电磁信号生成器;

[0016] S2、使用信号采集装置从显示屏的数据线上感知包含图像信息的电磁信号,通过信号接收机将信号采集装置获取的电磁信号接收并保存成原始电磁信号样本;

[0017] S3、所述显示屏图像信息泄漏判别器从原始电磁信号样本中提取特性,作为显示屏图像信息泄漏判别器的判别依据,并最终形成电磁信息泄漏的分类判别;

[0018] S4、将随机噪声输入电磁信号生成器,电磁信号生成器生成包含图像信息的电磁仿真信号;

[0019] S5、训练显示屏图像信息泄漏判别器,显示屏图像信息泄漏判别器指导电磁信号生成器进行训练,通过对原始电磁信号样本以及来自电磁信号生成器的电磁仿真信号样本数据进行分析,评判其数据输入是真实信号还是生成的电磁仿真信号;

[0020] S6、训练电磁信号生成器,电磁信号生成器学习原始电磁信号样本数据中的特征分布,并在学习过程中直接生成符合这种分布规律的仿真电磁信号,同时接收来自显示屏图像信息泄漏判别器在对生成样本进行评定后的损失函数反馈,进一步更新完善电磁信号生成器,从而能够生成出更加贴近真实样本数据的电磁仿真信号;

[0021] S7、在训练过程中,显示屏图像信息泄漏判别器和电磁信号生成器不断地竞争,从而提高各自的判别能力和生成能力,通过显示屏图像信息泄漏判别器和电磁信号生成器之间的对抗竞争,持续迭代更新生成对抗网络,最终获得显示屏图像信息泄漏判别器无法识别的电磁仿真信号。

[0022] 进一步的,所述步骤S2中的信号采集装置采用卡钳式电磁信号探头。

[0023] 进一步的,所述电磁信号生成器的训练采用交替优化的方式,迭代过程分为两个阶段,第一阶段先保持显示屏图像信息泄漏判别器,优化电磁信号生成器,使其生成的电磁仿真信号被显示屏图像信息泄漏判别器评定为真实信号的概率尽可能高;第二阶段为保持电磁信号生成器,优化显示屏图像信息泄漏判别器的判别模型,提高显示屏图像信息泄漏判别器的分类准确率。

[0024] 进一步的,在生成对抗网络进行训练的过程中,显示屏图像信息泄漏判别器部分的基本工作算法为:在多次的迭代训练过程中,每次循环中都从电磁信号生成器生成的样本内容选取一小批生成样本,同时,再从真实样本数据集中选取一小批真实样本,两者整合成为输入样本,通过不断提高随机梯度来更新判别器。

[0025] 由上述对本发明的描述可知,和现有技术相比,本发明具有如下优点:本发明从深度学习的角度出发,利用生成对抗网络方法学习模拟显示屏的电磁信号,并在与原始电磁信号进行特征拟合比较之后进一步改善优化,在完成迭代更新之后,不断完善模拟仿真信

号数据,从而能够在较高程度实现电磁信号的模拟效果。本发明致力于能够在传统重构技术手段面临难度的同时,利用好人工智能的相关技术应用于解决电磁信息泄漏等问题,从而相互协作为电子信息设备提供最大程度上的安全防护作用。

附图说明

- [0026] 图1为显示屏图像电磁泄漏示意图。
- [0027] 图2为本发明的原理框图。
- [0028] 图3为本发明显示屏图像信息泄漏判别器的原理图。
- [0029] 图4为本发明卷积层的原理图。
- [0030] 图5为本发明电磁信号生成器的原理图。
- [0031] 图6为本发明电磁信号生成器中前三个反卷积层的原理图。
- [0032] 图7为本发明电磁信号生成器中最后一个反卷积层的原理图。

具体实施方式

- [0033] 参照图2,基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真系统,包括信号采集装置1、显示屏图像信息泄漏判别器3和电磁信号生成器3;
- [0034] 信号采集装置1,用于从显示屏的数据线上感知包含图像信息的电磁信号,并通过信号接收机将信号探头获取的电磁信号接收并保存成原始电磁信号样本;
- [0035] 显示屏图像信息泄漏判别器2,用于从原始电磁信号样本中提取特性,作为显示屏图像信息泄漏判别器2的判别依据,并最终形成电磁信息泄漏的分类判别,同时指导电磁信号生成器3进行训练,通过对原始电磁信号样本以及来自电磁信号生成器3的电磁仿真信号样本数据进行分析,评判其数据输入是真实信号还是生成的电磁仿真信号;
- [0036] 电磁信号生成器3,用于将随机噪声生成包含图像信息的电磁仿真信号,并学习原始电磁信号样本数据中的特征分布,在学习过程中直接生成符合这种分布规律的仿真电磁信号,同时接收来自显示屏图像信息泄漏判别器2在对生成样本进行评定后的损失函数反馈。
- [0037] 参照图2、图3和图4,所述显示屏图像信息泄漏判别器2包括四个卷积层21和一个全连接层22,电磁信号依次通过四个卷积层21,并从全连接层22输出判别结果。所述卷积层21包括电磁信号依次通过的一维卷积核211、批标准化层Batch Norm212及LReLU激活层213。在显示屏图像信息泄漏判别器2的网络结构设计上,使用一维卷积层构造神经网络,各层的参数设置如表1
- [0038] 表1显示屏图像信息泄漏判别器网络参数

		卷积层 1	卷积层 2	卷积层 3	卷积层 4	全连接层
[0039] 输入	长度	9216	2304	576	144	18432
	通道数	1	64	128	256	-
输出	长度	2304	576	144	36	1
	通道数	64	128	256	512	-
卷积核		64	64	64	64	-
滑动步长		4	4	4	4	-
激活函数		LReLU	LReLU	LReLU	LReLU	-

[0040] 本发明在显示屏图像信息泄漏判别器2的四个卷积层21中均采用了相同尺寸的一维卷积核211,卷积核的长度为64,卷积计算过程中的滑动步长为4。一维卷积核211的作用是从原始电磁信号中提取特性,作为显示屏图像信息泄漏判别器2的判别依据,通过四个卷积层21的逐层提取特征,最终形成电磁信息泄漏的分类判别。

[0041] 卷积计算如下:

$$[0042] \quad X^{(L+1)} = X^{(L)} \otimes W^{(L)} + B^{(L)}$$

[0043] 其中L是神经网络中各层的索引号, $X^{(L)}$ 和 $X^{(L+1)}$ 分别为计算过程中第L层的输入和输出特征向量, $W^{(L)}$ 是第L层神经网络的卷积核向量, $B^{(L)}$ 是第L层的偏置向量。

[0044] 本发明在一维卷积核211之后加入了批标准化层Batch Norm212,将一维卷积核211提取出的电磁信号特征数据进行偏移和尺度缩放调整,可以使用更高的学习率,从而提升网络训练速度,并在一定程度上增加了泛化能力,提高显示屏图像信息泄漏判别器2的精度。

[0045] 批标准化层Batch Norm212计算如下:

[0046] 首先计算批样本的均值 μ_B

$$[0047] \quad \mu_B = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

[0048] 其中,N为神经网络训练时一批输入的样本数量, X_i 为其中第i个电磁信号样本。

[0049] 然后计算批样本的方差 σ_B^2

$$[0050] \quad \sigma_B^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \mu_B)^2$$

[0051] 归一化计算

$$[0052] \quad X'_i = \frac{X_i - \mu_B}{\sqrt{\sigma_B^2 + \varepsilon}}$$

[0053] 其中 ε 是一个常量,用来弥补 σ_B^2 过小而带来的影响。

[0054] 尺度缩放和偏移

$$[0055] \quad Y_i = \gamma X'_i + \beta \quad (5)$$

[0056] 其中 γ 是缩放尺度, β 是偏移量, Y_i 为批标准化层Batch Norm212的输出。

[0057] LReLU激活层213是卷积层21的激活函数, 对于 Y_i 中的每一个元素 y_{ij} , 计算如下:

$$[0058] \quad LReLU(y_{ij}) = \begin{cases} y_{ij}, & \text{if } y_{ij} > 0 \\ 0.01 \times y_{ij}, & \text{if } y_{ij} \leq 0 \end{cases} \quad (6)$$

[0059] LReLU是ReLU的变种, 在显示屏图像信息泄漏判别器2中一定程度减轻了ReLU的稀疏性, 缓解ReLU导致神经元死亡的问题, 提升判别准确率。

[0060] 参照图2、图5、图6和图7, 所述电磁信号生成器3包括特征映射层31及多个反卷积层32, 随机噪声经过特征映射层31升维映射为初始生成向量, 初始生成向量依次通过多个反卷积层32, 并由最后一个反卷积层32生成电磁仿真信号。所述四个反卷积层32中前三个反卷积层32均包括生成向量依次通过的一维反卷积核321、批标准化层Batch Norm322及ReLU激活层323, 最后一个卷积层32包括生成向量依次通过的一维反卷积核321、批标准化层Batch Norm322及tanh激活层324。

[0061] 对于电磁信号生成器的网络结构设计, 采取的是使用一维反卷积构建神经网络, 此外, 针对电磁信号具有的特征相关性, 选取合适电磁信号作为输入数据的激活函数, 生成模拟仿真的电磁信号。随机噪声作为电磁信号生成器3的输入, 特征映射层31将随机噪声升维映射为初始生成向量, 开始逐层生成电磁仿真信号。所述电磁信号生成器各层的参数设置如表2

[0062] 表2电磁信号生成器网络参数

		特征映射层	反卷积层 1	反卷积层 2	反卷积层 3	反卷积层 4
输入	长度	1	36	144	576	2304
	通道数	100	512	256	128	64
输出	长度	36	144	576	2304	9216
	通道数	512	256	128	64	1
卷积核		64	64	64	64	64
滑动步长		-	4	4	4	4
激活函数		ReLU	ReLU	ReLU	ReLU	tanh

[0064] 本发明采用的一维反卷积核321中, 一维反卷积核尺寸为64, 步长为4。计算时, 先根据步长将输入信号按照1:4的比例填充放大, 以0值填充。例: 输入 $[1, 2, 3, 4, \dots, N]$, 填充放大后, 输出 $[1, 0, 0, 0, 2, 0, 0, 0, 3, 0, 0, 0, 4, 0, 0, 0, \dots, 0, 0, 0, N]$, 然后, 根据一维反卷积核321, 对填充放大后的信号进行卷积计算, 得到生成向量。

[0065] 批标准化层Batch Norm322的计算与所述卷积层的批标准化层Batch Norm212的计算方法一致。

[0066] 所述前三个反卷积层32的激活函数选用ReLU,对于生成向量 Z_i 中的每一个元素 z_{ij} ,计算如下:

$$[0067] \quad LReLU(z_{ij}) = \begin{cases} z_{ij}, & \text{if } z_{ij} > 0 \\ 0, & \text{if } z_{ij} \leq 0 \end{cases}$$

[0068] 参照图2,基于生成对抗网络的电磁信息泄漏信号仿真方法,包括以下步骤:

[0069] S1、基于卷积神经网络方法,根据电磁信息泄漏信号的特点分别构造显示屏图像信息泄漏判别器和电磁信号生成器;

[0070] S2、使用信号采集装置从显示屏的数据线上感知包含图像信息的电磁信号,通过信号接收机将信号采集装置获取的电磁信号接收并保存成原始电磁信号样本;所述信号采集装置采用卡钳式电磁信号探头。

[0071] S3、所述显示屏图像信息泄漏判别器从原始电磁信号样本中提取特性,作为显示屏图像信息泄漏判别器的判别依据,并最终形成电磁信息泄漏的分类判别;

[0072] S4、将随机噪声输入电磁信号生成器,电磁信号生成器生成包含图像信息的电磁仿真信号;

[0073] S5、训练显示屏图像信息泄漏判别器,显示屏图像信息泄漏判别器指导电磁信号生成器进行训练,通过对原始电磁信号样本以及来自电磁信号生成器的电磁仿真信号样本数据进行分析,评判其数据输入是真实信号还是生成的电磁仿真信号;

[0074] S6、训练电磁信号生成器,电磁信号生成器学习原始电磁信号样本数据中的特征分布,并在学习过程中直接生成符合这种分布规律的仿真电磁信号,同时接收来自显示屏图像信息泄漏判别器在对生成样本进行评定后的损失函数反馈,进一步更新完善电磁信号生成器,从而能够生成出更加贴近真实样本数据的电磁仿真信号;

[0075] S7、在训练过程中,显示屏图像信息泄漏判别器和电磁信号生成器不断地竞争,从而提高各自的判别能力和生成能力,通过显示屏图像信息泄漏判别器和电磁信号生成器之间的对抗竞争,持续迭代更新生成对抗网络,最终获得显示屏图像信息泄漏判别器无法识别的电磁仿真信号。

[0076] 所述电磁信号生成器的训练采用交替优化的方式,迭代过程分为两个阶段,第一阶段先保持显示屏图像信息泄漏判别器,优化电磁信号生成器,使其生成的电磁仿真信号被显示屏图像信息泄漏判别器评定为真实信号的概率尽可能高;第二阶段为保持电磁信号生成器,优化显示屏图像信息泄漏判别器的判别模型,提高显示屏图像信息泄漏判别器的分类准确率。

[0077] 在生成对抗网络进行训练的过程中,显示屏图像信息泄漏判别器部分的基本工作算法为:在多次的迭代训练过程中,每次循环中都从电磁信号生成器生成的样本内容选取一小批生成样本,同时,再从真实样本数据集中选取一小批真实样本,两者整合成为输入样本,通过不断提高随机梯度来更新判别器,定义式如下

$$[0078] \quad \nabla_{\theta_d} \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left[\log D(x^{(i)}) + \log \left(1 - D(G(z^{(i)})) \right) \right]$$

[0079] 上述的加和式子前半部分是指真实数据 x 输入显示屏图像信息泄漏判别器模型 $D()$ 后输出的计算值,此处训练时候是希望尽可能大;后半部分则是使用电磁信号生成器

G()生成的数据 z 放到显示屏图像信息泄漏判别器中输出的计算值,此处训练的时候相反是希望越小越好,从而能够使后半部分的整体因式尽可能大。

[0080] 本发明基于卷积神经网络方法,根据电磁泄漏信号的特点,分别构造显示屏图像信息泄漏判别器和电磁信号生成器。利用原始的显示屏电磁泄漏信号样本训练显示屏图像信息泄漏判别器;通过电磁信号生成器,将随机噪声生成仿真电磁信号;在显示屏图像信息泄漏判别器和电磁信号生成器的持续对抗中,使得二者不断迭代更新,最终获取符合电磁信息泄漏信号特征的模拟仿真信号。采用本发明生成的电磁信号是全新的,不同于已有的电磁泄漏信号;生成信号中的图像信息也是全新的,不同于已有的原始图像。

[0081] 上述仅为本发明的具体实施方式,但本发明的设计构思并不局限于此,凡利用此构思对本发明进行非实质性的改动,均应属于侵犯本发明保护范围的行为。

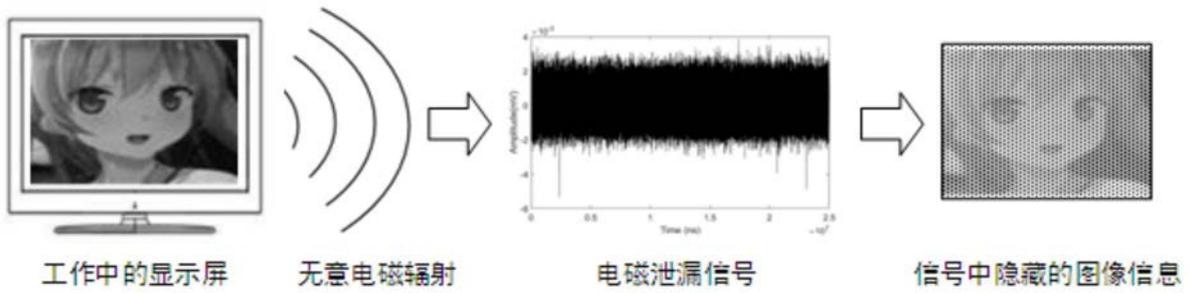


图1

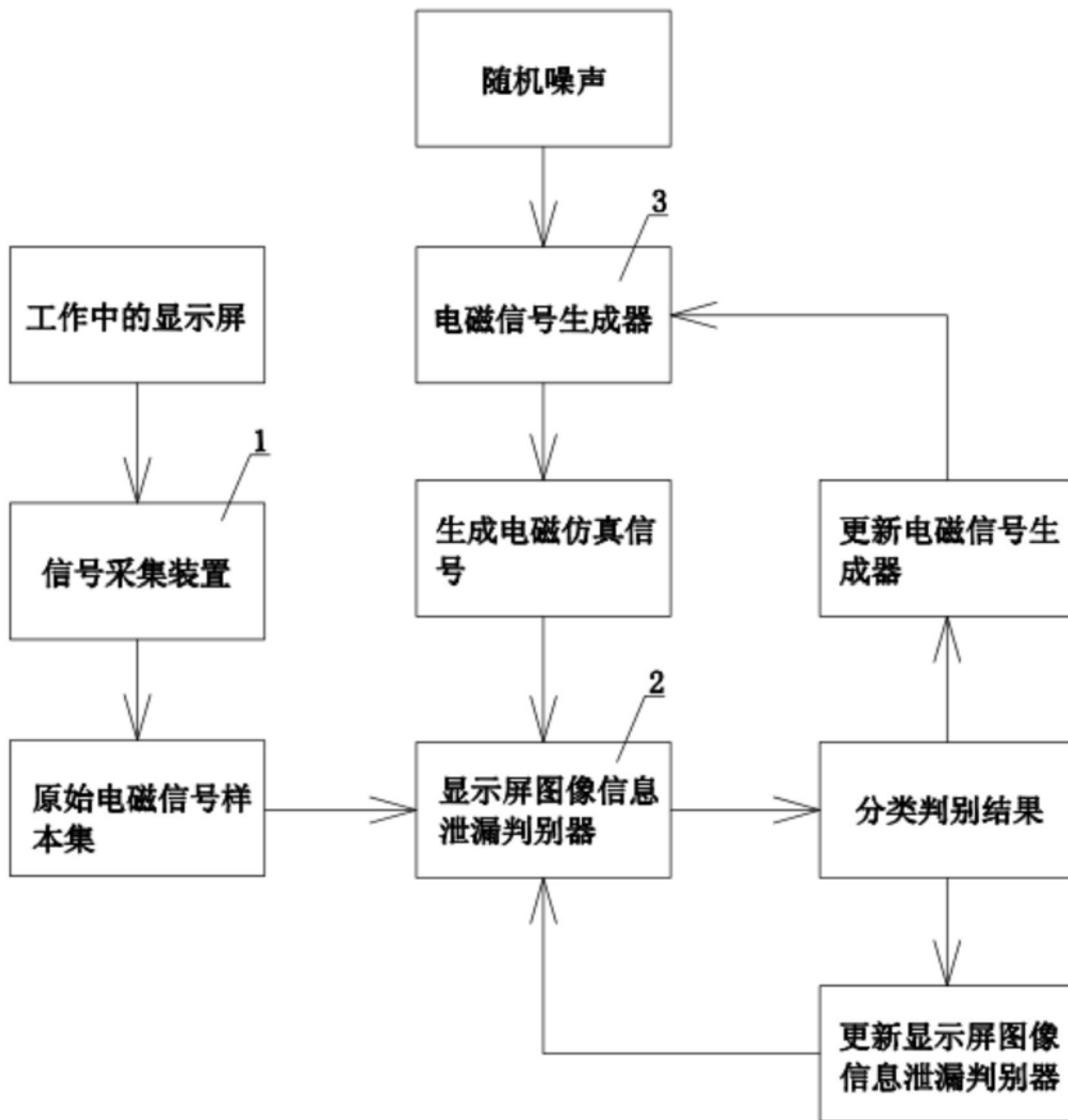


图2

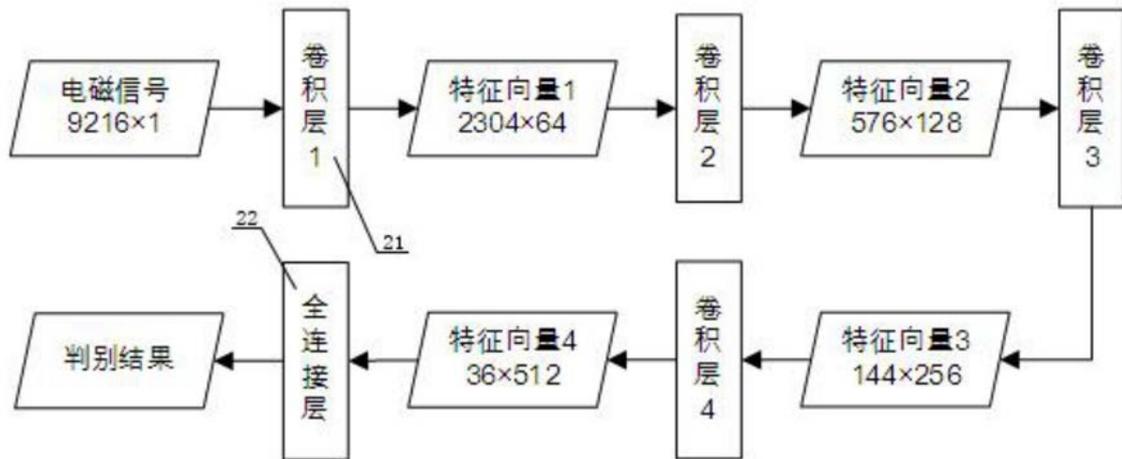


图3

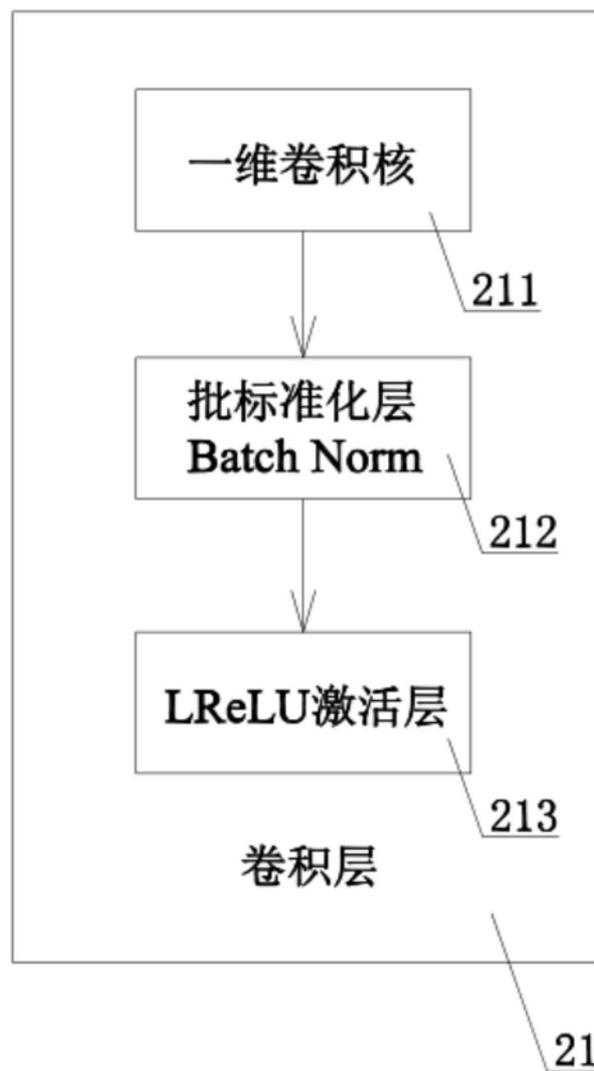


图4

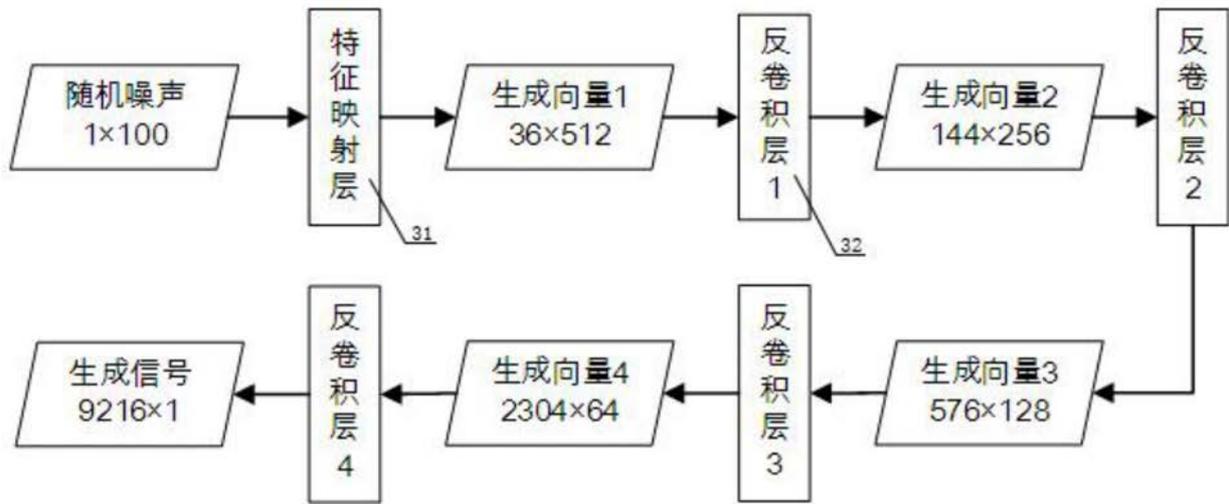


图5

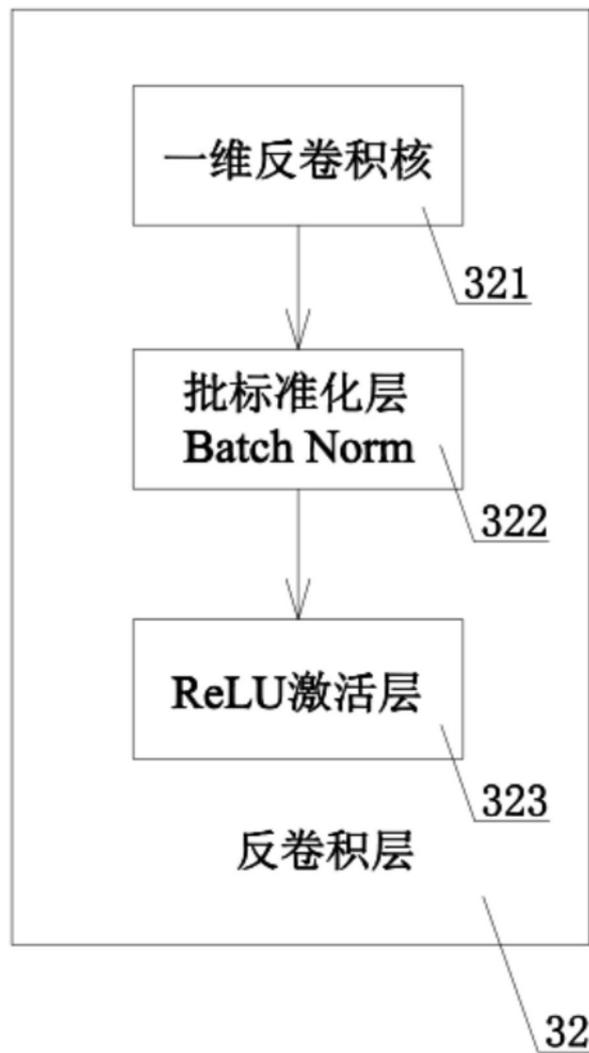


图6

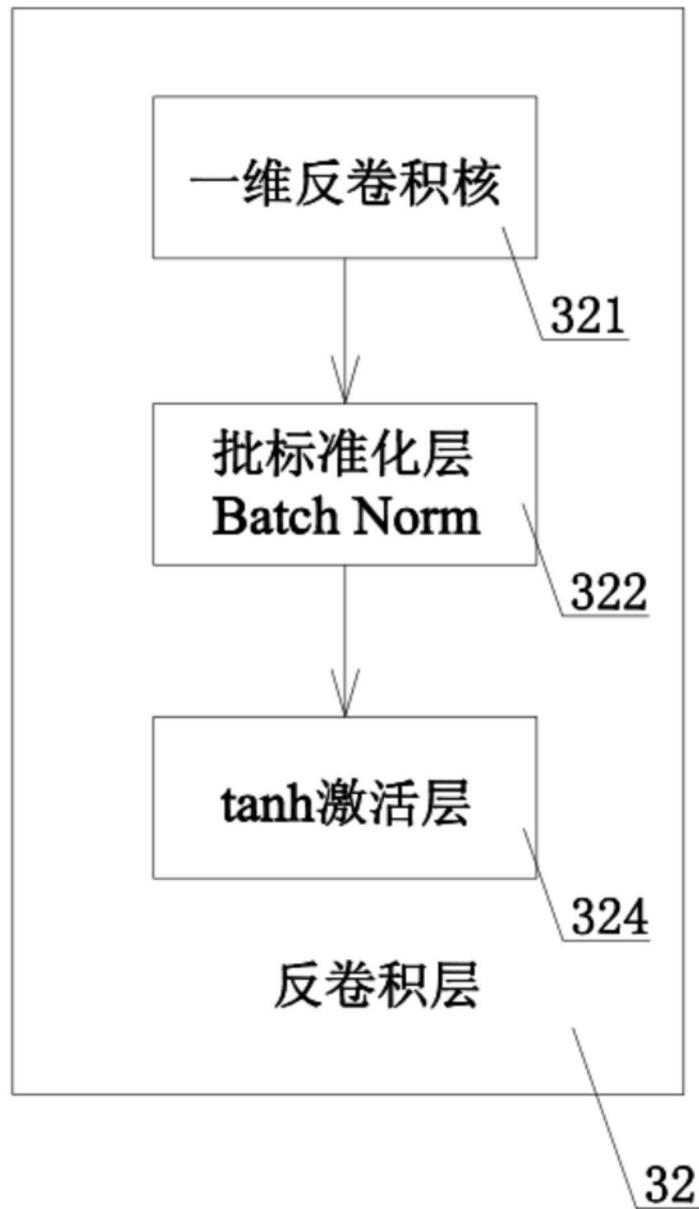


图7