



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104320719 A

(43) 申请公布日 2015. 01. 28

(21) 申请号 201410647192. 5

(22) 申请日 2014. 11. 14

(71) 申请人 武汉大学

地址 430072 湖北省武汉市武昌区珞珈山武汉大学

(72) 发明人 高戈 陈怡 吕亚平 张康

(74) 专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 42222

代理人 胡艳

(51) Int. Cl.

H04N 21/8358(2011. 01)

H04N 21/439(2011. 01)

H04N 21/81(2011. 01)

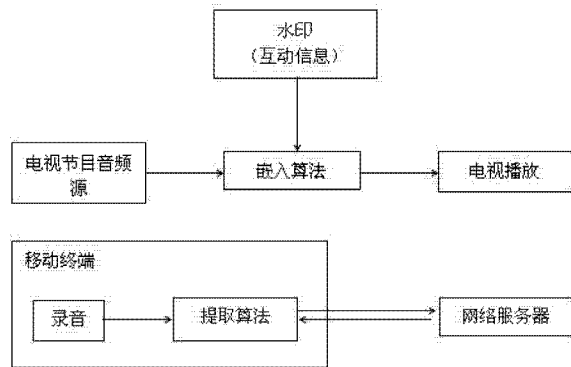
权利要求书3页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

基于音频水印的电视节目互动参与方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于音频水印的电视节目互动参与方法及系统,包括:(1)嵌入步骤,即向电视节目音频信号嵌入包含互动信息的水印信号;(2)播放步骤,即利用播放装置(电视机或播放器)播放嵌入水印信号的电视节目;(3)录音步骤,即使用移动终端设备录下播放的嵌入水印信号的电视节目音频信号;(4)提取步骤,即利用移动终端设备从嵌入水印信号的电视节目音频信号中提取水印信号,只要采用移动终端打开网络即可立即参与电视节目互动。本发明方便快捷,并且不影响观众对电视节目的欣赏和观看。



1. 基于音频水印的电视节目互动参与方法,其特征在于,包括步骤:
 - 步骤 1,向电视节目音频信号嵌入含互动信息的水印信号;
 - 步骤 2,采用播放装置播放嵌入水印信号的电视节目音频信号;
 - 步骤 3,利用移动终端设备录下播放的嵌入水印信号的电视节目音频信号;
 - 步骤 4,从移动终端设备录下的嵌入水印信号的电视节目音频信号中提取水印信号,采用移动终端设备连接水印信号中的互动网址即可参与电视节目互动。
2. 如权利要求 1 所述的基于音频水印的电视节目互动参与方法,其特征在于:
 - 步骤 1 进一步包括子步骤:
 - 步骤 1.1,对电视节目音频信号进行 gammatone 分析滤波获得 N 个子带信号,并从 N 个子带信号中选取中频子带信号,即 N 个子带信号中第 m 到 n 个子带信号;
 - 步骤 1.2,将水印信号的偶数位符号存储到 CCI,奇数位符号存储到 LOAD,并采用二进制表示 CCI 和 LOAD 中符号;
 - 步骤 1.3,根据水印信号生成大小为 $N \times M$ 的矩阵 chip,矩阵 chip 中元素初始值均设为 0,M 等于水印信号中符号的二进制位数和 lines 的乘积:
 - 1.3a,定义大小 rows \times lines 的扩频序列矩阵 lookup,其由 0 和 1 构成,每一行和每一列中 0 和 1 的数目相等,rows 和 lines 均为偶数;
 - 1.3b,令 zidai 初始值为 m,frame 初始值为 1;
 - 1.3c,对当前 frame,若 (frame-1) 能被 lines 整除,生成 [1, rows] 内的随机整数,采用该随机整数更新扩频序列矩阵 lookup 当前行号 p_lut;若 (frame-1) 不能被 lines 整除,保持扩频序列矩阵 lookup 当前 p_lut 不变;
 - 1.3d,将扩频序列矩阵 lookup 中第 p_lut 行第 (frame-1) % lines+1 列的元素值与 LOAD 中第 [(frame-1)/lines+1] 位的二进制数相异或,并将异或结果赋予矩阵 chip 的第 zidai 行第 frame 列, [·] 表示取整;
 - 1.3e,令 frame = frame+1,循环执行步骤 1.3c ~ 1.3d,直至 frame 大于 M;
 - 1.3f,令 zidai = zidai+1,令 frame = 1,循环执行步骤 1.3c ~ 1.3e,直至 zidai > n;
 - 步骤 1.4,采用矩阵 chip 对中频子带信号幅度进行调制,获得嵌入水印信号的 N 个子带信号,经 gammatone 合成获得含互动信息的时域音频信号。
3. 如权利要求 2 所述的基于音频水印的电视节目互动参与方法,其特征在于:
 - 子步骤 1.3c 中 [1, rows] 内的随机整数的生成通过调用 matlab 中随机数生成器实现,具体为:

根据当前窗序号和 CCI 中当前符号调用 RandStream 函数初始化随机数生成器种子。
4. 如权利要求 1 所述的基于音频水印的电视节目互动参与方法,其特征在于:
 - 步骤 4 所述的从移动终端设备录下的嵌入水印信号的电视节目音频信号中提取水印信号,进一步包括子步骤:
 - 步骤 4.1,构建包含所有可能的水印信号组合的三维矩阵 watermark,具体为:
 - 4.1a,定义大小 rows \times lines 的扩频序列矩阵 lookup,其由 0 和 1 构成,每一行和每一列中 0 和 1 的数目相等,rows 和 lines 均为偶数;
 - 4.1b,令 i 初始值为 0,bit 初始值为 1,frame 初始值为 1;

4. 1c, 对当前 frame, 若 (frame-1) 能被 lines 整除, 生成 [1, rows] 内的随机整数, 采用该随机整数更新扩谱序列矩阵 lookup 当前行号 p_lut; 若 (frame-1) 不能被 lines 整除, 保持扩谱序列矩阵 lookup 当前 p_lut 不变; 将扩频序列矩阵 lookup 第 p_lut 行第 (frame-1) % lines+1 列的元素值赋给 watermark(bit, frame, i);

4. 1d, 令 frame = frame+1, 循环执行步骤 4. 1c, 直至 frame 大于 M, M 为水印信号中符号的二进制位数和 lines 的乘积, 然后执行步骤 4. 1e;

4. 1e, 令 bit = bit+1, frame = 1, 循环执行步骤 4. 1c ~ 4. 1d, 直到 bit 大于 (n-m+1), 然后, 执行步骤 4. 1f;

4. 1f, 令 i = i+1, bit = 1, frame = 1, 循环执行步骤 4. 1c ~ 4. 1e, 直到 i 等于 2^a , a 为二进制位数;

步骤 4. 2, 定义用于控制频域范围的频域索引矩阵 decoder, 频域索引矩阵 decoder 中各列代表一种频域索引范围, 频域索引范围的开始频率和结束频率根据中频子带编号设定;

步骤 4. 3, 定义用于控制时域范围的时间索引矩阵 pointer, 时间索引矩阵 pointer 中各列代表一种时间缩放尺度对应的时间索引值;

步骤 4. 4, 根据协方差原理, 获得每一种频域索引范围和时间缩放尺度下矩阵 watermark 对应列中元素的相关值, 取最大相关值对应的 i、时间索引指针 timeindex、频率索引指针 freqindex 以最大相关值, 并归一化最大相关值;

步骤 4. 5, 根据最大相关值对应的 i、时间索引指针 timeindex、频率索引指针 freqindex, 运用协方差公式计算待选水印值 usage, 当连续三个归一化的最大相关值之和大于阈值, 且当连续三次最大相关值对应的 i 值相等时, 则认为检测出水印; 否则, 重新执行步骤 4. 4。

5. 如权利要求 4 所述的基于音频水印的电视节目互动参与方法, 其特征在于:

步骤 4. 1c 中 [1, rows] 内的随机整数 p_lu 的生成通过调用 matlab 中随机数生成器实现, 具体为:

根据当前 i 和当前窗序号数 window 调用 RandStream 函数初始化随机数生成器种子。

6. 如权利要求 4 所述的基于音频水印的电视节目互动参与方法, 其特征在于:

步骤 4. 2 具体为:

根据中频子带信号首编号 m 和末编号 n 设置最大频域索引范围 [startfre, endfreq], startfre = m-b, 为频域索引开始频率; endfreq = n+c, 为频域索引结束频率; b、c 为根据经验设置的自然数; 频域索引矩阵 decoder 中各列代表的频域索引范围不大于最大频域索引范围。

7. 如权利要求 4 所述的基于音频水印的电视节目互动参与方法, 其特征在于:

步骤 4. 3 具体为:

定义时间缩放因子 scalefactor, 根据时间缩放因子和当前样本点序号数计算时间索引矩阵 pointer 元素值, 其中第 frame 行、第 timeindex 列元素值 pointer(frame, timeindex) 为: pointer(frame, timeindex) =

$$((1+(0.2+frame)*scalefactor*blockspwindow/FRAMESPERWINDOW)/searchstep$$

其中, blockspwindow、FRAMESPERWINDOW 为常量, blockspwindow 为缩放尺度数

量、扩谱序列矩阵 lookup 列数和连续样本点数的乘积, FRAMESPERWINDOW 为缩放尺度数量和扩谱序列矩阵 lookup 列数的乘积。

8. 基于音频水印的电视节目互动参与系统, 其特征在于, 包括:

水印信号嵌入模块, 用来向电视节目音频信号嵌入含互动信息的水印信号;

播放模块, 用来采用播放装置播放嵌入水印信号的电视节目音频信号;

录音模块, 用来利用移动终端设备录下播放的嵌入水印信号的电视节目音频信号;

水印信号提取模块, 用来从移动终端设备录下的嵌入水印信号的电视节目音频信号中提取水印信号, 采用移动终端设备连接水印信号中的互动网址即可参与电视节目互动。

基于音频水印的电视节目互动参与方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及信息隐藏技术领域,更具体的说,涉及一种基于音频水印的电视节目互动参与方法及系统。

背景技术

[0002] 随着现代科技技术不断发展以及通信技术不断完善,电视传媒行业中出现了一种全新的以互动方式吸引观众、提高节目收视率的方法,观众也愿意通过各种方式参与电视节目互动。在当今移动终端设备普及的时代,观众追求的是更方便快捷的操作方法,希望能更直接快速地参与节目互动。这里所使用的术语“移动终端设备”是指手机、笔记本、平板电脑等。

[0003] 湖南卫视的元宵喜乐会,主持人何炅的台词是这样的:由正宗凉茶王老吉冠名播出的湖南卫视元宵喜乐会,您可以通过发送新年心愿/新年祝福到短信平台,请记住我们的通关密语:快乐到家闹元宵,吉祥如意王老吉。同时智能手机用户可以通过360手机下载湖南卫视的首款社交软件——呼啦,扫描二维码进入湖南卫视元宵喜乐会在呼啦当中开辟的非常有趣的猜灯谜游戏。

[0004] 上述台词的一个关键方面就是参与猜灯谜游戏,即节目互动。与传统模式相比,参与互动既能增强节目的趣味性,也能提高观众的积极性。目前,观众可通过以下几种方法参与节目互动:a)通过短信方式参与。此类方法交互性差,节目与观众无法做到即时互动,并且会产生费用。b)通过交互式电视的遥控器参与互动。通过电视遥控器参与节目互动无疑是非常方便地,但是普通电视的机顶盒因其技术手段制约,无法采用该方法参与到电视节目互动环节,只有交互式数字电视或将普通电视机顶盒升级为交互式数字电视才能参与电视节目互动。目前使用交互式数字电视的用户量不多,交互式数字电视还未普及,同时使用该方式无法参与评论,打开网页的同时会造成页面跳转,影响观看效果。c)通过扫描二维码进入网站。该方法需要二维码扫描软件,并且扫描不方便。因此,以上几种电视节目互动参与方法都不能直接快速地参与电视节目互动。

发明内容

[0005] 针对现有技术存在的不足,本发明提供了一种方便、快捷、可靠的基于音频水印的电视节目互动参与方法及系统。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明采用如下的技术方案:

[0007] 一种基于音频水印的电视节目互动参与方法,包括步骤:

[0008] 步骤1,向电视节目音频信号嵌入含互动信息的水印信号;

[0009] 步骤2,采用播放装置播放嵌入水印信号的电视节目音频信号;

[0010] 步骤3,利用移动终端设备录下播放的嵌入水印信号的电视节目音频信号;

[0011] 步骤4,从移动终端设备录下的嵌入水印信号的电视节目音频信号中提取水印信号,采用移动终端设备连接水印信号中的互动网址即可参与电视节目互动。

[0012] 步骤 1 进一步包括子步骤：

[0013] 步骤 1.1, 对电视节目音频信号进行 gammatone 分析滤波获得 N 个子带信号, 并从 N 个子带信号中选取中频子带信号, 即 N 个子带信号中第 m 到 n 个子带信号；

[0014] 步骤 1.2, 将水印信号的偶数位符号存储到 CCI, 奇数位符号存储到 LOAD, 并采用二进制表示 CCI 和 LOAD 中符号；

[0015] 步骤 1.3, 根据水印信号生成大小为 $N \times M$ 的矩阵 chip, 矩阵 chip 中元素初始值均设为 0, M 等于水印信号中符号的二进制位数和 lines 的乘积；

[0016] 1.3a, 定义大小 $rows \times lines$ 的扩频序列矩阵 lookup, 其由 0 和 1 构成, 每一行和每一列中 0 和 1 的数目相等, rows 和 lines 均为偶数；

[0017] 1.3b, 令 zidai 初始值为 m , frame 初始值为 1；

[0018] 1.3c, 对当前 frame, 若 $(frame-1)$ 能被 lines 整除, 生成 $[1, rows]$ 内的随机整数, 采用该随机整数更新扩频序列矩阵 lookup 当前行号 p_lut; 若 $(frame-1)$ 不能被 lines 整除, 保持扩频序列矩阵 lookup 当前 p_lut 不变；

[0019] 1.3d, 将扩频序列矩阵 lookup 中第 p_lut 行第 $(frame-1) \% lines + 1$ 列的元素值与 LOAD 中第 $[(frame-1)/lines + 1]$ 位的二进制数相异或, 并将异或结果赋予矩阵 chip 的第 zidai 行第 frame 列, $[\cdot]$ 表示取整；

[0020] 1.3e, 令 $frame = frame + 1$, 循环执行步骤 1.3c ~ 1.3d, 直至 frame 大于 M ；

[0021] 1.3f, 令 $zidai = zidai + 1$, 令 $frame = 1$, 循环执行步骤 1.3c ~ 1.3e, 直至 $zidai > n$ ；

[0022] 步骤 1.4, 采用矩阵 chip 对中频子带信号幅度进行调制, 获得嵌入水印信号的 N 个子带信号, 经 gammatone 合成获得含互动信息的时域音频信号。

[0023] 子步骤 1.3c 中 $[1, rows]$ 内的随机整数的生成通过调用 matlab 中随机数生成器实现, 具体为：

[0024] 根据当前窗序号和 CCI 中当前符号调用 RandStream 函数初始化随机数生成器种子。

[0025] 步骤 4 所述的从移动终端设备录下的嵌入水印信号的电视节目音频信号中提取水印信号, 进一步包括子步骤：

[0026] 步骤 4.1, 构建包含所有可能的水印信号组合的三维矩阵 watermark, 具体为：

[0027] 4.1a, 定义大小 $rows \times lines$ 的扩频序列矩阵 lookup, 其由 0 和 1 构成, 每一行和每一列中 0 和 1 的数目相等, rows 和 lines 均为偶数；

[0028] 4.1b, 令 i 初始值为 0, bit 初始值为 1, frame 初始值为 1；

[0029] 4.1c, 对当前 frame, 若 $(frame-1)$ 能被 lines 整除, 生成 $[1, rows]$ 内的随机整数, 采用该随机整数更新扩频序列矩阵 lookup 当前行号 p_lut; 若 $(frame-1)$ 不能被 lines 整除, 保持扩频序列矩阵 lookup 当前 p_lut 不变; 将扩频序列矩阵 lookup 第 p_lut 行第 $(frame-1) \% lines + 1$ 列的元素值赋给 $watermark(bit, frame, i)$ ；

[0030] 4.1d, 令 $frame = frame + 1$, 循环执行步骤 4.1c, 直至 frame 大于 M , M 为水印信号中符号的二进制位数和 lines 的乘积, 然后执行步骤 4.1e；

[0031] 4.1e, 令 $bit = bit + 1$, $frame = 1$, 循环执行步骤 4.1c ~ 4.1d, 直到 bit 大于 $(n-m+1)$, 然后, 执行步骤 4.1f；

[0032] 4.1f, 令 $i = i+1$, $bit = 1$, $frame = 1$, 循环执行步骤 4.1c ~ 4.1e, 直到 i 等于 2^a , a 为二进制位数;

[0033] 步骤 4.2, 定义用于控制频域范围的频域索引矩阵 decoder, 频域索引矩阵 decoder 中各列代表一种频域索引范围, 频域索引范围的开始频率和结束频率根据中频子带编号设定;

[0034] 步骤 4.3, 定义用于控制时域范围的时间索引矩阵 pointer, 时间索引矩阵 pointer 中各列代表一种时间缩放尺度对应的时间索引值;

[0035] 步骤 4.4, 根据协方差原理, 获得每一种频域索引范围和时间缩放尺度下矩阵 watermark 对应列中元素的相关值, 取最大相关值对应的 i 、时间索引指针 timeindex、频率索引指针 freqindex 以最大相关值, 并归一化最大相关值;

[0036] 步骤 4.5, 根据最大相关值对应的 i 、时间索引指针 timeindex、频率索引指针 freqindex, 运用协方差公式计算待选水印值 usage, 当连续三个归一化的最大相关值之和大于阈值, 且当连续三次最大相关值对应的 i 值相等时, 则认为检测出水印; 否则, 重新执行步骤 4.4。

[0037] 步骤 4.1c 中 $[1, rows]$ 内的随机整数 p_lu 的生成通过调用 matlab 中随机数生成器实现, 具体为:

[0038] 根据当前 i 和当前窗序号数 window 调用 RandStream 函数初始化随机数生成器种子。

[0039] 步骤 4.2 具体为:

[0040] 根据中频子带信号首编号 m 和末编号 n 设置最大频域索引范围 $[startfre, endfreq]$, $startfre = m-b$, 为频域索引开始频率; $endfreq = n+c$, 为频域索引结束频率; b, c 为根据经验设置的自然数; 频域索引矩阵 decoder 中各列代表的频域索引范围不大于最大频域索引范围。

[0041] 步骤 4.3 具体为:

[0042] 定义时间缩放因子 scalefactor, 根据时间缩放因子和当前样本点序号数计算时间索引矩阵 pointer 元素值, 其中第 $frame$ 行、第 $timeindex$ 列元素值 $pointer(frame, timeindex)$ 为: $pointer(frame, timeindex) = ((1+(0.2+frame)*scalefactor*blockspwindow/FRAMESPERWINDOW)/searchstep$

[0043] 其中, $blockspwindow$ 、 $FRAMESPERWINDOW$ 为常量, $blockspwindow$ 为缩放尺度数量、扩谱序列矩阵 lookup 列数和连续样本点数的乘积, $FRAMESPERWINDOW$ 为缩放尺度数量和扩谱序列矩阵 lookup 列数的乘积。

[0044] 上述基于音频水印的电视节目互动参与方法对应的系统, 包括:

[0045] 水印信号嵌入模块, 用来向电视节目音频信号嵌入含互动信息的水印信号;

[0046] 播放模块, 用来采用播放装置播放嵌入水印信号的电视节目音频信号;

[0047] 录音模块, 用来利用移动终端设备录下播放的嵌入水印信号的电视节目音频信号;

[0048] 水印信号提取模块, 用来从移动终端设备录下的嵌入水印信号的电视节目音频信号中提取水印信号, 采用移动终端设备连接水印信号中的互动网址即可参与电视节目互动。

[0049] 本发明的目的是提供一种基于音频水印参与电视节目互动的方法,使其能够方便快捷地获得相关互动信息,而且包含的信息量可以很大,即可以大大提高水印信息嵌入量并且具有很高的可靠性。

[0050] 因此,需要一种基于音频水印的参与电视节目互动的方法,此方法既不影响观众对电视节目的观赏,又能自动的参与互动,无需耗时又繁琐的输入网址,既方便又快捷。

附图说明

[0051] 图 1 是本发明方法的具体流程图;

[0052] 图 2 是嵌入步骤流程图;

[0053] 图 3 是提取步骤流程图。

具体实施方式

[0054] 本发明方法包括四个步骤:(1) 嵌入步骤,即向电视节目音频信号嵌入包含互动信息的水印信号,本发明采用基于幅度调制的嵌入算法将水印信号嵌入电视节目音频信号;所述的互动信息指与电视节目相关的互动信息,一般为一个符号,例如网址,将各符号转换为与之对应的 ASCII 码,即包含互动信息的水印信号。(2) 播放步骤,即利用播放装置(电视机或播放器)播放嵌入水印信号的电视节目;(3) 录音步骤,即使用移动终端设备录下播放的嵌入水印信号的电视节目音频信号,由于包含水印信号的电视节目音频信号仅需几分钟甚至几秒钟,因此,仅需要随意录取电视节目音频信号的一部分即可;(4) 提取步骤,即利用移动终端设备从嵌入水印信号的电视节目音频信号中提取水印信号,只要采用移动终端打开网络即可立即参与电视节目互动。

[0055] 上述嵌入步骤的详细过程如下:

[0056] 1.1 对电视节目音频信号进行 gammatone 分析滤波,将电视节目音频信号分解成 N 个子带信号。

[0057] 1.2 根据人耳听觉的 bark 带从子步骤 1.1 获得的 N 个子带信号中选取中频子带信号,以避免人耳较为敏感的低频部分。一般可选取 13 ~ 20 的 bark 带所对应的频率。

[0058] 1.3 将含有互动信息的水印信号进行预处理,以使水印信号能适合后续运算。

[0059] 1.4 生成 chip 矩阵,用于将预处理的水印信号进行随机分配,以便不被破坏者检测出来。

[0060] 1.5 根据 chip 矩阵中元素值对选取的中频子带信号幅度进行调制。

[0061] 1.6 采用 gammatone 合成滤波将嵌入水印信号的 N 个中频子带信号合成含互动信息的时域音频信号,即嵌入水印信号的电视节目音频信号。

[0062] 上述提取步骤的详细过程如下:

[0063] 4.1 根据嵌入水印信号的电视节目音频信号生成由 0 和 1 为元素的 watermark(bit, frame, i) 矩阵,用于包含所有可能的互动信息情况。其中, bit 取值范围 $1 \sim n-m+1$, frame 取值范围 $1 \sim 42$, 42 表示扩频序列位数和水印信号中符号的二进制位数的乘积, i 取值范围 $0 \sim 2^7$, 具体实施中,取 $m = 13$ 、 $n = 22$ 。

[0064] 4.2 生成 decoder 矩阵,用于频域范围的控制。decoder 矩阵中元素最大值 endfreq 为 $n+3$, 最小值 startfre 为 $m-3$, 具体实施中获得的 decoder 矩阵为 10 行 7 列的矩阵,每列

对应一种频率索引,如下:

[0065] 10 11 12 13 14 15 16

[0066] 11 12 13 14 15 16 17

[0067] 12 13 14 15 16 17 18

[0068] 13 14 15 16 17 18 19

[0069] 14 15 16 17 18 19 20

[0070] 15 16 17 18 19 20 21

[0071] 16 17 18 19 20 21 22

[0072] 17 18 19 20 21 22 23

[0073] 18 19 20 21 22 23 24

[0074] 19 20 21 22 23 24 25

[0075] 4.3 生成 pointer 矩阵,用于时域范围的控制。

[0076] 4.4 装载循环缓冲区,用于存储待处理参数。

[0077] 4.5 求取待处理参数的归一化相关最大值。

[0078] 4.6 根据最大的归一化相关值,利用检测公式,检测出水印数据 CCI 和 LOAD,此发明所用的相关函数在原始相关函数的基础上做了改正,极大程度上提高了准确率。

[0079] 下面将结合附图和具体实施方式进一步说明本发明技术方案。

[0080] 见图 1,首先,采用嵌入算法将包含互动信息的水印信号嵌入电视节目音频信号,得到嵌入水印信号的电视节目音频信号,采用电视机或播放器等播放装置播放嵌入水印信号的电视节目音频信号,播放同时采用移动终端设备录取嵌入水印信号的电视节目音频信号;录音完毕,立马通过移动终端设备从录取的电视节目音频信号中提取水印信号,如互动网址等;最后,采用移动终端设备打开网址即可参与电视节目互动。

[0081] 图 2 示出了本实施例中向电视节目音频信号嵌入含互动信息的水印信号的流程图,详细过程如下:

[0082] 步骤 1.1,采用 gammatone 分析滤波器组将电视节目音频信号分解成 N 个子带信号。

[0083] gammatone 分析滤波器组能很好地模拟人耳基底膜的分频特性,本发明利用 gammatone 分析滤波器模拟人耳听觉频率响应,其时域表达形式如下:

$$[0084] \quad g_i(t) = At^{N-1} \exp(-2\pi b_i t) \cos(2\pi f_i t + \phi_i) \quad (1)$$

[0085] 式(1)中:

[0086] $g_i(t)$ 表示第 i 个子带信号在 t 时刻的幅值;t 表示时间, $t \geq 0$;A 为滤波器增益;N 为滤波器阶数,i 为滤波器阶数编号, $1 \leq i \leq N$;f 是中心频率, ϕ_i 是相位; b_i 是衰减因子,该因子决定响应滤波器的带宽; $b_i = 1.019\text{ERB}(f_i)$,其中, $\text{ERB}(f_i)$ 为等效矩形带宽, $\text{ERB}(f_i) = 24.7(4.37f_i/1000+1)$ 。

[0087] 步骤 1.2,选取步骤 1.1 获得的 N 个子带信号中的中频子带信号,如第 m 到 n 个子带信号, $m < n$,选择中频子带信号是为了避开人耳敏感的低频信号。

[0088] 步骤 1.3,水印信号的预处理。

[0089] 将水印信号中偶数位符号存储到 CCI 中,将奇数位符号存储到 LOAD 中,并采用二进制表示 CCI 和 LOAD 中符号。假设水印信号为“1234567890ABCDEF”,则 CCI =

{1, 3, 5, 7, 9, A, C, E}, LOAD = {2, 4, 6, 8, 0, B, D, F}, 位数从 0 开始记。为了能将 ASCII 码表中所有符号都表示出来, 将 CCI 和 LOAD 中各符号均用 7 位二进制数表示, 例如, 符号“h”对应的 ASCII 码为 104, 则采用 1101000 表示“h”。

[0090] 步骤 1.4, 生成矩阵 chip。

[0091] 构建大小为 $N \times 42$ 的矩阵 chip, 其中, N 为步骤 1.1 获得的子带信号数, 第 m 行到第 n 行所有元素均为二进制数, 其余元素均为 0。

[0092] 本步骤具体如下:

[0093] (1) 构建大小为 12×6 的扩谱序列矩阵 lookup, 其元素均为二进制数, 其每行均为一个 6 位二进制数构成的扩谱序列。

[0094] 自定义扩谱序列矩阵 lookup 中元素, 元素为 0 或 1, 保证扩谱序列矩阵 lookup 每一行和每一列中 0 和 1 数目相等。扩谱序列矩阵 lookup 大小并不限于 12×6 , 其大小可根据实际情况自行设定。

[0095] 本具体实施中, 采用 7 位二进制数表示水印信号符号, 每一位二进制数采用扩谱序列矩阵 lookup 进行扩谱, 由于扩谱序列矩阵 lookup 有 6 列, 则矩阵 chip 列数应设为 $7 \times 6 = 42$ 列。

[0096] (2) 已知当前窗序号 window 以及当前窗所对应的 CCI 和 LOAD 的值, 当前窗序号 window 初始值为 1, 使用当前窗序号和当前窗对应的 CCI 值调用 RandStream 函数初始化随机数生成器种子, 具体可采用 matlab 实现。嵌入一个水印符号所需要的样本点数即为一个窗。水印嵌入时会对应时间计数器, 当时间计数器计数达到一个窗大小时, 则将当前窗序号加 1。

[0097] 假设水印信号为“12345678”, 将水印信号偶数位符号存储于 CCI, 奇数位符号存储于 LOAD, 那么窗序号 window 和 CCI、LOAD 值的对应关系见表 1。

[0098] 表 1 窗序号 window 和 CCI、LOAD 值的对应关系

[0099]

| | | | | |
|--------|---|---|---|---|
| window | 1 | 2 | 3 | 4 |
| CCI | 1 | 3 | 5 | 7 |
| LOAD | 2 | 4 | 6 | 8 |

[0100] (3) 令 zidai 初始值为 m , m 为选取的中频子带信号编号最小值; frame 表示矩阵 chip 列编号, 令 frame 初始值为 1。

[0101] (4) 对当前 frame, 如果 $(frame-1)$ 能被 6 整除, 则调用随机数生成器函数生成 $[1, rows]$ 范围内的一个随机整数, rows 为扩谱序列矩阵 lookup 行数, 本具体实施中, rows = 12。以该随机数为扩谱序列矩阵 lookup 当前行号 p_lut; 否则, 保持当前行号 p_lut 不变。

[0102] (5) 将扩谱序列矩阵 lookup 中第 p_lut 行、第 $(frame-1) \% 6 + 1$ 列的元素值与 LOAD 中第 $(frame-1) / 6 + 1$ 位的二进制数值相异或, 以实现水印信号的扩频, 将异或结果赋给矩阵 chip 的第 zidai 行、第 frame 列。

[0103] (6) 令 frame = frame+1, 循环执行步骤 (4) ~ (5), 直至 frame 大于 $7 * 6 = 42$ 时, 结束循环, 执行步骤 (7), 7 为本具体实施中水印信号中符号的二进制位数, 6 表示扩频序列

位数。

[0104] (7) 令 $zidai = zidai + 1$, 令 $frame = 1$, 循环执行步骤 (4) ~ (6), 直至 $zidai > n$, 结束循环, 获得矩阵 $chip$, 其中有效行数为 $n - m + 1$, 即矩阵 $chip$ 的第 $m \sim n$ 行, 列数为 $7 * 6$, 其余行元素值为 0。

[0105] 步骤 1.5, 根据矩阵 $chip$ 中元素值对选取的 $(n - m + 1)$ 个中频子带信号幅度进行调制, 获得嵌入水印信号的 N 个子带信号。

[0106] 为抵抗去同步攻击, 本具体实施中采用重复编码思想进行信号幅度调制。当矩阵 $chip$ 中元素值为 1 时, 将连续 10 个样本点信号的幅度乘以同一个增益控制因子 $mu1$, 当矩阵 $chip$ 中元素值为 0 时, 将连续 10 个样本点信号的幅度乘以 $1/mu1$, 这样就得到嵌入了水印信号且经过调制的 N 个子带信号。增益控制因子 $mu1$ 通过对提取正确率以及不可感知性进行权衡进行取值, 一般为 $0.5 \sim 2.5$ 。

[0107] 步骤 1.6, 采用 $gammatone$ 合成滤波器合成嵌入水印信号的 N 个子带信号, 获得嵌入水印信号的时域音频信号。

[0108] 图 3 示出了本实施例中从时域音频信号中提取水印信号的流程图, 详细过程如下:

[0109] 步骤 4.1, 生成三维矩阵 $watermark(bit, frame, i)$ 。

[0110] $watermark$ 矩阵用来包含所有可能的水印信号组合, 具体实施步骤如下:

[0111] (1) 生成扩谱序列矩阵 $lookup$, 其大小为 $12 * 6$, 其元素均为二进制数 0 或 1。这里的扩谱序列矩阵 $lookup$ 完全同步骤 1.4 中定义的扩谱序列矩阵 $lookup$ 。

[0112] (2) 根据 i 和当前窗序号数 $window$ 调用 $RandStream$ 函数初始化随机数生成器种子, i 的初始值为 0, $window$ 初始值为 1; 水印嵌入时会对应时间计数器, 当时间计数器计数达到一个窗大小时, 则将当前窗序号加 1。

[0113] (3) 令 bit 初始值为 1, $frame$ 初始值为 1, bit 对应选取的中频子带信号编号;

[0114] (4) 对当前 $frame$, 如果 $(frame - 1)$ 能被 6 整除, 则调用随机数生成函数生成随机整数 p_lut , 将扩谱序列矩阵 $lookup$ 矩阵第 p_lut 行、第 $(frame - 1) \% 6 + 1$ 列的元素值赋给矩阵 $watermark(bit, frame, i)$ 。

[0115] (5) 令 $frame = frame + 1$, 循环执行步骤 (4), 直至 $frame$ 大于 $7 * 6$, 结束循环, 执行步骤 (6)。

[0116] (6) 令 $bit = bit + 1$, $frame = 1$, 循环执行步骤 (4) ~ (5), 直到 bit 大于 $(n - m + 1)$, 结束循环, 执行步骤 (7)。

[0117] (7) 令 $i = i + 1$, $bit = 1$, $frame = 1$, 循环执行步骤 (4) ~ (6), 直到 i 等于 2^7 , 从而获得三维矩阵 $watermark$ 。

[0118] 步骤 4.2, 生成频域索引矩阵 $decoder$ 。

[0119] 索引矩阵 $decoder$ 中各列分别代表一种子带信号频域索引范围, 即子带信号频域索引的开始频率和结束频率。本具体实施中索引矩阵 $decoder$ 为 $(endfreq - startfre + 1)$ 行、7 列的矩阵。

[0120] 矩阵 $decoder$ 可用于控制水印信号检测的频域索引范围。为提高水印信号提取准确率, 根据中频子带信号编号 $m \sim n$ 设置最大频域索引范围 $[startfre, endfreq]$, $startfre = m - 3$, 为频域索引开始频率, $endfreq = n + 3$, 为频域索引结束频率。每次水印信号检测

的子带信号数目仍保持为 $n-m+1$, 即使得矩阵 decoder 为 $\text{decoder}(:,1) = [m-3 \ n-3]^T$, $\text{decoder}(:,2) = [m-2 \ n-2]^T$, $\text{decoder}(:,3) = [m-1 \ n-1]^T$, $\text{decoder}(:,4) = [m \ n]^T$, $\text{decoder}(:,5) = [m+1 \ n+1]^T$, $\text{decoder}(:,6) = [m+2 \ n+2]^T$, $\text{decoder}(:,7) = [m+3 \ n+3]^T$, 因此水印信号检测的子带信号总数为 $(n+3)-(m-3)+1 = n-m+7$ 。

[0121] startfre 和 endfreq 可以自行定义, 并不限于上述给出的设定值, 一般 startfre 要求小于 m , endfreq 要求大于 n , 这样可扩大频域搜索范围。

[0122] 步骤 4.3, 生成时间索引矩阵 pointe。

[0123] 本具体实施中, 时间索引矩阵 pointe 为 42 行、7 列的矩阵, 用于控制水印信号检测的时间索引范围。为提高音频信号的抗去同步攻击, 采用重复编码思想, 相当于将 10×6 个连续样本点嵌入一个二进制比特值, 那么嵌入一个水印符号需要 $(10 \times 6) \times 7$ 个样本点。因此, 提取水印信号时, 首先, 定义缩放因子 scalefactor, 其对应七种不同的缩放尺度, 以 1 为中心, 在 1 的左边和右边分别取三个值, 如 0.9、0.93、0.97 和 1.03、1.07、1.1, 0.9、0.93、0.97、1、1.03、1.07、1.1 则构成与 7 种缩放尺度对应的缩放因子; 然后, 根据缩放因子 scalefactor 和当前样本点序号数计算时间索引矩阵 pointer 元素值, 时间索引矩阵中每一列代表一种缩放尺度对应的索引值。缩放尺度数量自行设定, 一般缩放尺度数量设定的越多, 提取的正确率越高, 但同时会增加计算时间和复杂度, 具体实施时可根据实际需求设定合适的缩放尺度数量。

[0124] 时间索引矩阵 pointer 中第 frame 行、第 timeindex 列元素值 $\text{pointer}(\text{frame}, \text{timeindex})$ 为:

[0125] $\text{pointer}(\text{frame}, \text{timeindex}) = ((1+(0.2+\text{frame}) * \text{scalefactor} * \text{blockspwindow} / \text{FRAMESPERWINDOW}) / \text{searchstep})$

[0126] 其中, timeindex 在 $[1, 7]$ 范围内取值, 对应 7 种缩放因子 scalefactor; frame 在 $[1, 42]$ 范围内取值; blockspwindow、FRAMESPERWINDOW 为常量, blockspwindow 为缩放尺度数量、扩谱序列矩阵 lookup 列数和连续样本点数的乘积, 即 $7 \times 6 \times 10 = 420$; FRAMESPERWINDOW 为缩放尺度数量和扩谱序列矩阵 lookup 列数的乘积, 即 $7 \times 6 = 42$; searchstep 为搜索步长, 用来控制计算复杂度, 一般取 $1 \sim 4$ 内的整数。

[0127] 设置频率索引矩阵和时间索引矩阵, 一方面是为了抵抗去同步攻击, 另一方面是为了抵抗信号的拉伸压缩攻击。

[0128] 步骤 4.4, 装载循环缓冲区 load_buffer, 用于存放待处理的参数。

[0129] 上述待处理的参数指将嵌入水印信号的中频子带信号中每 6 个样本点的能量累加和, 例如, 将序号分别为 1、2、3、4、5、6 的样本点对应的中频子带信号的能量累加, 即待处理参数。

[0130] 步骤 4.5, 获得待处理参数归一化相关最大值。

[0131] 本步骤的具体实施方式如下:

[0132] (1) 计算相关值, 对每一种时间尺度、频域范围以及 watermark 的值采用协方差原理来计算每一种情况的相关值。

[0133] watermark 矩阵中元素为 1 或 0, 在每一种时间尺度和每一种频域范围下, 对 watermark 矩阵第 i 列的元素, 将其中元素 1 对应的能力值之和除以元素 1 的数量, 同时, 将 watermark 矩阵中元素 0 对应的能力值之和除以元素 0 的数量, 将两者相减, 即获得每种情

况下对应的相关值。

[0134] (2) 获得最大相关值对应的 i 、时间索引指针 $timeindex$ 、频率索引指针 $freqindex$ 以最大相关值 $maximum$ 。

[0135] (3) 对最大相关值进行归一化,即将最大相关值减去相关值平均值后除以归一化标准差。

[0136] 步骤 4.6, 根据最大相关值对应的 i 、时间索引指针 $timeindex$ 、频率索引指针 $freqindex$, 运用协方差公式计算待选水印值 $usage$, 当连续三个归一化的最大相关值的平均值大于阈值, 则判定此时有水印; 且当连续三次最大相关值对应的 i 值相等时, 则认为检测出水印, 此时, 将当前 i 赋给 CCI 、 $usage$ 赋给 $LOAD$ 。如果没有检测出水印, 就返回步骤 (4), 重新装载缓冲区。

[0137] 阈值是虚警率和漏检率的折衷, 阈值越大, 漏检率越大, 虚警率越小; 阈值越小, 漏检率越小, 虚警率越大; 因此需要根据实际情况和模拟实验设置合适的阈值, 使得虚警率和漏检率均较小。所谓虚警率就是, 无水印的情况下检测出水印的概率; 漏检率就是有水印的情况检测出没水印的概率。

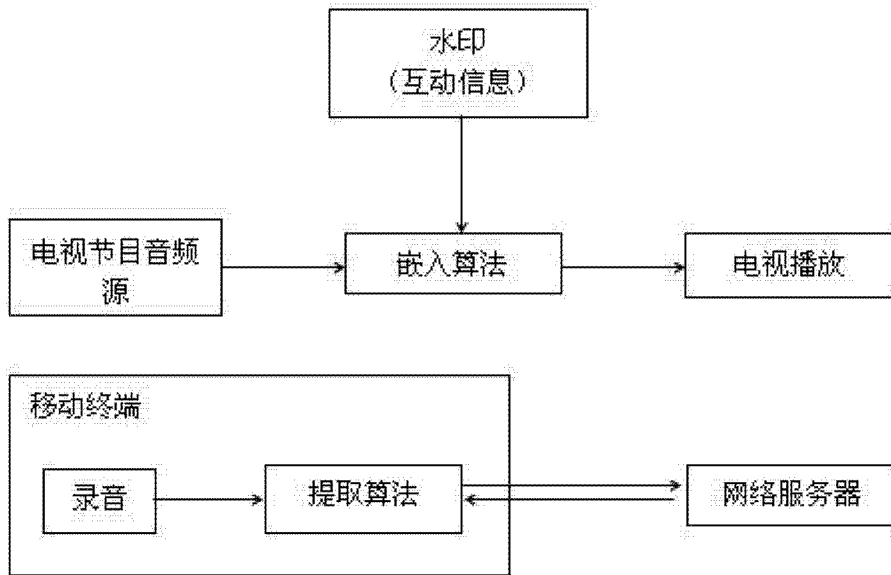


图 1

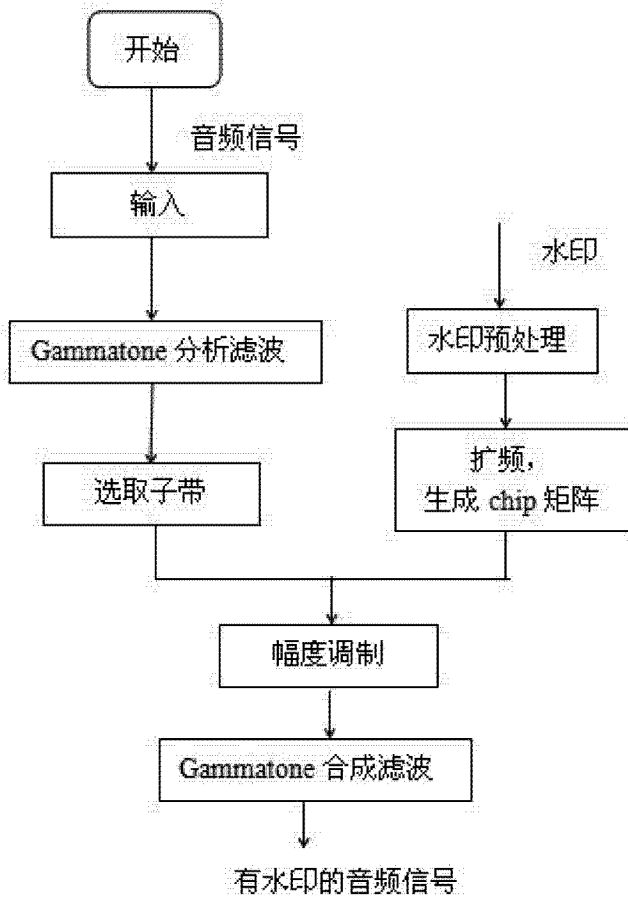


图 2

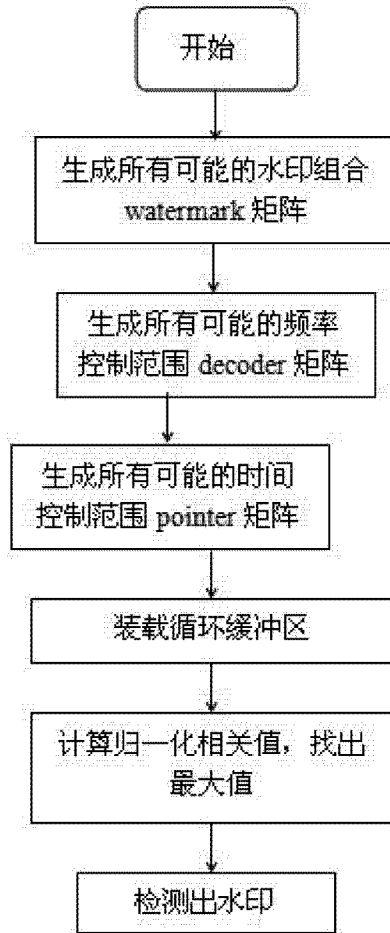


图 3