

Возможные варианты алгоритмов нанесения водяные знаков для аудио информации

М. М. Фадеев, email: fadeev_mix@bk.ru
М. В. Зеленова, email: businkakatilas@mail.ru
Н. Е. Балакирев, email: balakirev1949@yandex.ru

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

***Аннотация.** В данной работе рассматриваются возможные варианты алгоритмов нанесения водяные знаков для аудио информации. Особо рассматривается вариант алгоритма, основанного на структуризации звукового потока, который имеет существенные преимущества перед другими алгоритмами. Необходимым условием такого алгоритма является предварительная обработка звукового потока для получения структур и обратное восстановление с последующим внесением водных знаков по выбранному варианту алгоритма.*

***Ключевые слова:** водяной знак, характерные точки, структуризация входного потока, координата водяного знака, частота появления водяного знака.*

Введение

Необходимо изменить содержание звукового потока амплитуд так, чтобы стало возможным обнаружить несанкционированное копирование звуковой записи при её перезаписи с помощью внешних записывающих устройств и даже при ручном изменении значения амплитуд.

Безусловно, должно предполагаться сравнения исходной звуковой записи или части этой записи с записью, на которую нанесён водяной знак. Обнаружение водяного знака можно реализовать и без привлечения эталонной записи (файла сравнения) при наличии согласованных параметров и алгоритма проявления водяных знаков.

Само нанесение водяных знаков не должно влиять на качество воспроизведения звука и быть «неузнаваемым» на фоне окружения других значений амплитуд.

Безусловно, алгоритм обработки не должен требовать больших временных затрат.

1. Возможные способы реализации водяных знаков

– Алгоритм 1 – самый простой способ реализации это, нанесение константного значения через равные промежутки времени (определенное количество отсчетов). Определяющими параметрами здесь будут:

1. Частота нанесения водяного знака с учетом длины промежутка;
2. Значение константы, которое определяет амплитуду.

Оба параметра могут быть неизменными или варьироваться для различных звуковых записей и быть может с учетом совокупности зафиксированных амплитуд.

Поясним, какие характеристики могут быть у такого алгоритма, в таблице.

– Алгоритм 2 – в данном алгоритме можно предусмотреть анализ значения окружающих амплитуд и использовать более «мягкий» водяной знак. То есть, с учетом близлежащих амплитуд к изменяемой амплитуде добавляется дельта с учетом их значений так, чтобы не выделять амплитуду с водяным знаком. В этом случае потребуется список добавляемых дельт и дельт между предыдущей и последующей амплитуд около водяного знака. Незаметность водяного знака может быть нарушена на участках «тишины», когда значение амплитуды не меняется на большом промежутке. Кроме этого, возникают сложности при добавлении дельты, так как изменение может нарушить структуру следования амплитуд. Таким образом может потребоваться более глубокий анализ.

– Алгоритм 3 – это тот же алгоритм 2, но с добавлением эталонной записи, по которой определяется изменяемая дельта. При этом участки тишины могут быть исключены. Для обнаружения требуется эталонная запись и эталонные параметры для этой записи звука. Эталонная запись позволяет обнаружить факт перезаписи через внешние устройства, т. к. при сравнении обнаружатся внешние помехи, которые невозможно «экранировать» и скорректировать после записи.

– Алгоритм 4 (помехо-вносящий) – требует внесения помех и алгоритма устранения таких помех. В этом случае требуется дополнительное программное обеспечение для возможности воспроизведения.

– Алгоритмы 5 (на структурах) – данный алгоритм и его производные основываются на структуризации потока амплитуд и конкретном алгоритме восстановления по характерным точкам и количеством отсчетов между ними. Главное преимущество такого алгоритма в обособленном внесении изменений при нанесении водяного знака при наличии знания структуры и возможность практически

тотального внесения водяных знаков в каждую структуру. Единственной платой за преимущества это обязательность эталона. Но возможно и его отсутствие при условии хранения звука в структурированном виде и наличие программы восстановления с контролем водяных знаков. Безусловно, такие возможности приводят к усложнению алгоритма и соответственно увеличению времени обработки при обнаружении нанесенных водяных знаков. Но вот при воспроизведении ничего не меняя возможно качественное воспроизведение звукового потока. Далее рассмотрим, как же наносить водяные знаки в условиях структуризации звукового потока амплитуд.

Таким образом, можно составить таблицу требований для сопоставления использования возможных алгоритмов нанесения водяных знаков.

В табл. Таблица для большинства стилей указано, когда они должны использоваться.

Таблица

Требования для алгоритмов нанесения водяных знаков

Требования \ Номер алгоритма	1	2	3	4	5
Отсутствие требования эталонной записи (Узнавание на лету)	Не требует	Не требует	Требует	Не требует	
Невозможность обнаружение вмешательства	Возможно	Возможно	Обнаруживает	Возможно	Возможно
Обнаружение внешней перезаписи	Невозможно без эталона	Невозможно без эталона		Возможно	Возможно
Качество воспроизведения	Пониженное	Лучше по отношению к 1	Лучше по отношению к 2	Исходное	Близко к исходному

Неузнаваемость знака	Узнаваем везде	Узнаваем на участках «тишины»	Практически не узнаваем	Узнаваем	Тотально узнаваем
Временные показатели на внесение	Отличные	Хорошие	Средние	Ниже среднего	Не критичные
Вариация параметров водяного знака и частоты появления	Возможны	Только частота	Возможны	Возможны	Возможны
Наличие дополнительной программы перед воспроизведением	Не требует	Не требует	Не требует	Требует	Можно без неё

2. Нанесение водяного знака на основе структуризации входного потока амплитуд

Недостатком алгоритмов 1-4 состоит в том, что спонтанное нанесение водяных знаков без учета окружения вносит не контролируемое искажение в информационное содержание (в структуру) звукового потока, что затрудняет возможность априори определить, как это скажется на воспроизведении звука ввиду неопределенности (случайности) потока, на который накладываются водяные знаки.

Выходом из данной ситуации является структуризация входного потока, а затем его восстановление на основе характерных точек. В процессе восстановления как раз и возможно внесение водяного знака в рамках одной структуры, которое не изменяет сущности структуры на качественном уровне, но отличается количественно. При воспроизведении такое изменение не повлияет на качество восприятия звука. А если требуется продемонстрировать водяные знаки, то запускается программа сравнения с эталоном или же эталон-структура восстанавливается, без внесения водяных знаков, что позволяет получить такой же эталон записи.

Возникает еще вопрос перезаписывания аудио информации через микрофон. Сразу следует сказать, что попытка записи через внешние устройства существенно изменит структуру звукового потока, так как такая запись предопределяется окружающим фоном, вносящим дополнительную информацию или даже изменяющим существующую информационную составляющую потока амплитуд. Здесь, прежде всего, следует ориентироваться на фрагменты «тишины». Исходя из теоретических выкладок, которые следует подтвердить экспериментально, на достаточно большом количестве структур, всё же, наличие водяных знаков может быть обнаружено. При более глубоком анализе при сравнении структур можно повысить точность и увеличить объем выявленных водяных знаков. Основанием этому служит независимость внесения водяного знака от места положения, а зависимость от сущности и параметров структуры. В большей степени здесь всё определяет структура, как главная основа информационного содержания и топологически не зависящая от количественных характеристик.

Введем некоторое количество понятий и обозначений, на основе которых будем вести наши рассуждения.

Водяной знак – измененное значение амплитуды, отличающееся от исходного значения.

Координата водяного знака – местоположение измененной амплитуды.

Интервал водяного знака – количество отсчитываемых амплитуд для нанесения следующего водяного знака

Частота появления водяного знака – количество водяных знаков на единицу времени.

Характерные точки – точки близкие к точкам экстремума выявляемые в ходе установки отношений между значениями амплитуд.

Характерная окрестность нанесения водяного знака – область значений амплитуд между характерными точками, получаемая в результате восстановления потока амплитуд по выбранному алгоритму.

3. Обозначения характерных окрестностей водяной точки

Обозначим следующие параметры:

1. Амплитуда характерной первой точки – S_a ;
2. Амплитуда характерной второй точки – S_b ;
3. Значение амплитуды водяного знака – S_v или S_v' ;
4. Значение исходной амплитуды – S' ;

5. Дельта изменения исходной амплитуды – $\Delta^t = S_v^t - S^t$;

6. Координата водяного знака, соответствующая отсчету – t .

При структуризации потока амплитуд можно получить фрагменты, которые позволяют нам фиксировать участки между характерными точками, изображенные на рисунках 1-3. Фактически у нас имеется начальная точка S_a , далее указывается количество отсчетов до следующей характерной точки – S_b , а затем указывается значение амплитуд для этих точек. Эта информация является входной для процедуры восстановления промежуточных значений. Именно на этих участках можно фиксировать водяной знак.

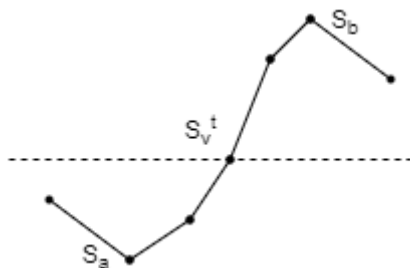


Рис. 1. Возможный случай характерной области водяного знака при отношении параметров «меньше»

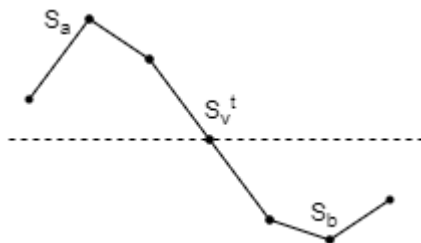


Рис. 2. Возможный случай характерной области водяного знака при отношении параметров «больше»

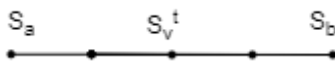


Рис. 3. Возможный случай характерной области водяного знака при отношении параметров «равно»

Но перед этим следует отметить, что значение промежуточных точек может быть получено множеством способов, а значит иметь отличающиеся, но ненамного, промежуточные значения. Следует также заметить и то, что эти значения также могут отличаться от значений исходных амплитуд. Но в этом случае полученный, восстановленный файл при повторной структуризации и при неизменном алгоритме восстановления будет иметь уже только совпадающие значения со значениями амплитуд до такой структуризации. Таким образом, мы имеем два варианта установления условного водяного знака:

- Через полное соответствие восстанавливаемых параметров при использовании не оригинала, а записи, прошедшей структуризацию и восстановление
- Через использование отличающихся алгоритмов восстановления и исходных параметров восстановления (различные варианты таблиц SIN) и далее, как в предыдущем пункте. Параметры, указывающие на номер алгоритма или номер таблицы, являются аналогами водяных знаков (один на всех).

4. Внесение изменения в промежуточные значения

Дальнейшее расширение использования характерных окрестностей для водяного знака состоит в том, что при обращении к процедуре восстановления мы дополнительным параметром указываем, что необходимо скорректировать одно или несколько из промежуточных значений. Величину добавляемой дельты не имеет смысла указывать, так изменение не должно нарушить структуру данного участка. Тем более, что небольшое изменение делает практически неотличимым его от соседних значений. Номер отсчета t в параметрах не указывается, а предполагается, что любое промежуточное значение между S_a и S_b .

Значение $\Delta^t = S_v^t - S^t$ должно либо быть очень маленьким, допустим плюс 1, либо не выходить за пределы, нарушающие структуру волны. Исходя из теоретических соображений, наиболее подходящие точки для нанесения водяных знаков вблизи нуля. При этом можно использовать дублирование исходя их симметричности функции. Наиболее критической ситуацией может быть такая ситуация, когда Δ между значениями амплитуд равна единице. Как правило, это происходит при затухании волны или при наличии фона с небольшой энергетической составляющей. Такая волна, как правило, не несет осмысленную информацию. Здесь два выхода:

- Изменить один параметр и получить ступеньку;

- Пропустить такую ситуацию и перейти к следующему фрагменту.

Второй вариант предпочтительней, так выявляется при анализе и не нарушается структуры потока.

Отдельный вопрос, который касается рисунка на фрагменте рис.3. Здесь также можно поступить как в предыдущем случае, но при изменении добавлять дельту для всех промежуточных значений, кроме крайних, тогда получим картину, представленную на рисунке 4.

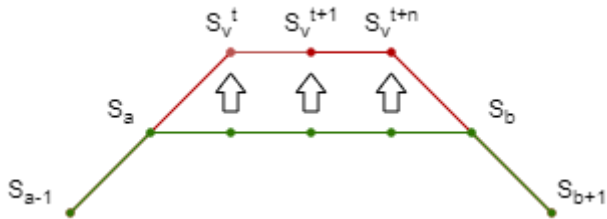


Рис. 4. Изменение значений фрагмента «тишины»

Таким образом, у нас появляются алгоритмы:

- На каждом из фрагментов вносится водяной знак по умолчанию.
- Вносится водяной знак там, где это возможно по умолчанию
- Вносится водяной знак по указанию
- Кроме этого, чередование указанных параметров на внесение такого знака, можно использовать, как битовую последовательность из 0 и 1, т. е. 0 – без водяного знака, и 1 – с водяным знаком. Таким образом, можно закодировать достаточно длинные последовательности. Так, например, на 22000 отсчётов приходится не менее 2000 таких фрагментов. (2000/8=250 байт, три полные строки текста), а это всего лишь 1 секунда записи звука.

Список литературы

1. Aree A. Mohammed, Modified Phase Coding Audio Watermarking Resistant to Signal Attacks / Aree A. Mohammed, Diman M. Mohammed // International Journal of Computer Applications. – 2014. – Т. 92, № 2. – С. 1–6.
2. Мелентьев П. В. Приближенные вычисления / П. В. Мелентьев; М. : Госиздательство физматлитературы, 1962. – 388 с.
3. Балакирев, Н. Е. Качественная оценка и мера при распознавании информационного содержания волн / Н. Е. Балакирев // Материалы XIX

Международной научно-методической конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии» (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 1435- 1440.

4. Фадеев М. М. Применение логико-лингвистического подхода при передачи звуковых данных / М. М. Фадеев, Н. Е. Балакирев, М. В. Фадеева // 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» (Москва, 23-27 ноября 2020 г.). – Москва, 2020. – С. 320-321.