

АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Кологривов Д. В.

Бранцевич П.Ю. – к. т. н., доцент.

Рассмотрены вопросы разработки алгоритма и программного средства для обработки сигналов, полученных многоканальными средствами контроля за вибрационным состоянием промышленного оборудования. Показана важность решения данной проблемы. Рассматривается организация программного средства, позволяющего обрабатывать и преобразовывать большие массивы данных, представляющих вибросигналы, и выявления информативных признаков при скользящем анализе с учетом обеспечения высокой скорости вычислений.

Применение измерительно-вычислительных комплексов для решения прикладных задач в области испытаний изделий и конструкций на вибрационные и динамические воздействия, а также при исследованиях вибрационного состояния технических объектов в ходе их функционирования приводит к накоплению больших массивов данных. Для обработки и передачи полученных виброакустических данных, а также всех характеристик, полученных инженерами и экспертами при анализе данных сигналов, представляется целесообразным создание алгоритмов и программ, предназначенных для уменьшения объемов их хранения без существенной потери информативности. Исследования в направлении создания такого программного обеспечения являются весьма актуальными.

Непрерывное наблюдение за вибрационным состоянием технических объектов позволяет зафиксировать редко возникающие явления и затем детально их проанализировать. Проведенный анализ существующих средств и методов хранения и доступа к информации в системах обработки виброакустических данных выявил необходимость разработки алгоритмов и способов увеличения эффективности сжатия и хранения информации в подобных системах, повышения их надежности и производительности, поскольку объемы получаемой первичной информации имеют тенденцию непрерывного увеличения. Одним из решений этих проблем является создание программного средства, позволяющего обрабатывать и преобразовывать большие массивы данных, представляющих вибросигналы, и выявления информативных признаков при скользящем анализе с учетом обеспечения высокой скорости вычислений. Оценка эффективности данной разработки определяется в реальных условиях при записи, чтении, сжатии и обработке виброакустических данных с испытуемых изделий и конструкций.

Разработка программного средства включает в себя глубокий анализ акустических данных, включая изучение имеющихся алгоритмов преобразования акустических данных, выведение наилучших закономерностей и разработка собственного алгоритма преобразования данных с максимальным качеством сохранения всех параметров сигналов и минимальными потерями качества при их преобразованиях.

Сущность алгоритма преобразования акустических данных состоит в следующем.

Гармоническим называется такой сигнал, периодическое изменение амплитуды которого происходит по закону синуса или косинуса. Проще говоря, это элементарный синусоидальный сигнал (рисунок 1).

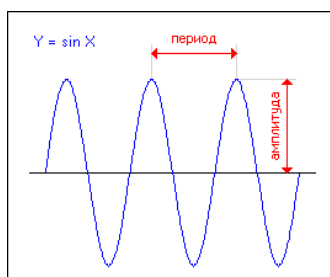


Рисунок 1 – Представление гармонического сигнала

Сложный (негармонический) сигнал состоит из нескольких простых гармонических сигналов, причем сложный сигнал можно представить в виде ряда Фурье, где перечислены частоты входящих в сложный сигнал простых гармонических сигналов. Как раз центральным ядром МРЗ-кодирования является механизм преобразования частотного пространства звукового сигнала в набор простых гармонических сигналов. В простейшем случае можно представить происходящее так, как будто кодировщик сообщает: "На данном участке звука присутствуют только частоты X1, X2 и X3 (для простоты опускаем их амплитуды и фазы)". Декодер впоследствии имитирует работу трех генераторов синусоидальных сигналов с частотами X1, X2 и X3, просто складывая их выходные сигналы в один общий, результирующий сигнал. Естественно, реально все выглядит сложнее, так как каждый сигнал характеризуется не только одной лишь частотой, но и амплитудой и фазой (смещение по оси X). На рисунке 2 в качестве примера приведена модуляция сложного сигнала.

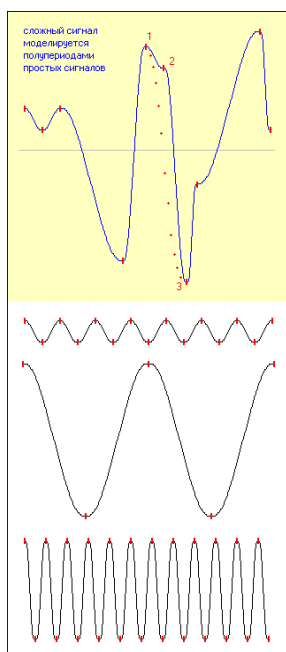


Рисунок 2 – Модуляция сложного сигнала

Идея предлагаемого подхода направлена на упрощение математической модели сложного сигнала и его представлении в виде набора отрезков разных простых сигналов. Предполагается, что всякий отрезок простого сигнала должен представлять собой полупериод гармонического сигнала. Из таких отрезков синтезируется исходный сигнал, разумеется, с допущением возможных потерь в сигнале.

Теоретически, любой сложный звуковой сигнал можно воспроизвести набором полупериодов простых сигналов, причем возможные потери в конечном сигнале смещены в сторону низких частот. Следовательно, если на кривой низкочастотного сигнала присутствуют обертоны (призвуки основного сигнала) с очень малой амплитудой (как раз эта проблема существует только для малых амплитуд), то в воспроизведенном сигнале такие обертоны могут исчезнуть вовсе. Хотя некоторый резерв в предотвращении потерь может быть обеспечен определенными усовершенствованиями алгоритма преобразования исходного сигнала в набор полупериодов простых сигналов. Впрочем, в случае предварительной дискретизации данная проблема отпадает сама собой, потому что при проведении дискретизации мелкие амплитудные флуктуации могут теряться.

На данном этапе для нас остро не стоял вопрос о степени потерь, как и о способе их устранения. Пожалуй, сейчас на них можно не обращать внимания, так как они, во-первых, теоретически невысоки, во-вторых, MP3 тоже теряет немало частотных составляющих, и в-третьих, еще не выполнялась предварительная оценка эффективности предлагаемого алгоритма сжатия.

Для этой оценки эффективности выполним следующие действия. Можно заметить, что каждый используемый при моделировании исходного сигнала полупериод характеризуется частотой, амплитудой и фазой, причем параметр фазы может принимать только два значения, ноль или 180 градусов. Следовательно, в зависимости от значения фазы направление волны косинусоиды либо сверху вниз, либо снизу вверх. Таким образом для кодирования фазы достаточно одного бита. А если алгоритм преобразования сигнала в набор полупериодов максимально упростить, предположив, что подряд не может находиться два полупериода с одной и той же фазой (например, на рисунке кривая 1-2-3 содержит два полупериода с одной и той же фазой, поэтому кривую придется закодировать всего одним полупериодом от точки 1 до точки 3, минуя точку 2), то понятие фазы и бит кодирования можно вообще убрать из нашего алгоритма кодирования. Собственно из-за этого и ожидаются потери некоторых обертонов (не всех, а именно некоторых обертонов), что для слуха может выразиться в изменении тембра звучания. Эти потери тем меньше, чем выше частота, то есть чем меньше проекция кривой 1-3 на ось X, ведь обертоны – это призвуки основной частоты, которые еще выше по частоте. А чем выше основная частота, тем меньше для нее существует вышестоящих частот-обертонов, следовательно, тем круче кривая 1-3, тем меньше шансов расположения на ней подряд стоящих однофазных полупериодов.

Для реализации данного алгоритма применены современные высокоуровневые языки программирования, такие, как C++ и C#. Программное приложение представляет собой визуальную оболочку для реализации разработанного алгоритма преобразования данных для удобного хранения с последующим их восстановлением без потери качества получаемых сигналов.

Основная задача при разработке программного средства – проектирование гибкого и эффективного алгоритма преобразования виброакустических данных, а также удобного пользовательского интерфейса, позволяющего выполнять необходимые операции за минимальное время.

В настоящее время рассмотренные подходы применяются при проектировании программного средства для обработки вибрационных сигналов, полученных при испытаниях конструкций методом динамического воздействия. Ожидается, что предлагаемый подход для обработки сигнальных данных предоставит пользователям новые возможности оперативного получения, преобразования и хранения виброданных и результатов их обработки.

Список литературы:

1. Мак-Дональд, Мэтью. Silverlight 3 с примерами на C# для профессионалов. — 3-е изд. — М.: Вильямс, 2010. — 656 с
2. Измерение и анализ механических колебаний / Брюль и Кьер. — Москва: Московский Технический Центр Компании Brüel&Kjær. —2004. — 41 с.