

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АДАПТИВНОЙ ДЕЛЬТА-МОДУЛЯЦИИ ДЛЯ ВЫВОДА РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Суков С.Ф., Булах И.В.

Донецкий государственный университет, кафедра АТ

E-mail: sfs@fcita.donetsk.ua

Abstract

Sukov S.F., Bulach I.V. About using method of adapt delta-modulation for output speech information in the information systems. This paper consider the common questions of the encoding and was produced their comparative analysis.

Обзор методов кодирования

В различных системах обработки информации, источником и получателем в которых является человек, в основном применяется речевой сигнал. В связи с этим возникают задачи записи речи и последующего ее воспроизведения. В последнее время широкое распространение получили цифровые методы обработки, предполагающие преобразование аналогового речевого сигнала в цифровую форму. Известными представителями этого метода являются импульсно-кодовая модуляция (ИКМ), дифференциальная ИКМ (ДИКМ), дельта-модуляция (ДМ) и др.

Речевому сигналу присуща значительная избыточность. Эта избыточность связана с различными факторами: избыточность, связанная с неактивностью речи (наличием пауз); большая статистическая избыточность связанная с сильными корреляционными связями в речевом сигнале (так, соседние отсчеты речевого сигнала при частоте дискретизации 8 кГц имеют коэффициент корреляции 0,85 и выше). Кроме сильной корреляции между отсчетами, речевой сигнал обладает корреляцией между периодами основного тона, а также корреляцией, связанной с периодичностью в сигнале. Анализ

ИКМ-преобразования показывает, что оно не учитывает статистическую избыточность речевых сигналов и для представления каждого из отсчетов использует избыточное число бит. Данное обстоятельство приводит к большим объемам памяти, необходимым для хранения речевых сообщений. Одним из путей снижения требуемых объемов памяти является снижение статистической избыточности. Интуитивно понятно, что в наиболее простом варианте избыточность может быть устранена, если на каждом такте подвергать кодированию не само значение отсчета, а только его изменение относительно предыдущего. Естественным обобщением этой идеи является учет статистических характеристик сигнала на некотором предшествующем временном интервале и использование их для предсказания значений последующих отсчетов. Наличие избыточности в сигнале гарантирует получение достаточно точного предсказания.

Линейная ДМ

Дельта-модуляция является одним из методов аналого-импульсного преобразования, в основе которого лежит определение знака приращения аналогового сигнала за достаточно малый промежуток времени. При этом положительному приращению соответствует наличие импульса, а отрицательному - отсутствие импульса или импульс противоположной полярности. Такое ограничение приводит к очень простой технической реализации кодека ДМ.

На представление ошибки предсказания отводится только один бит, что снижает требуемый для записи речевого сигнала объем памяти.

Анализ работы таких дельта-кодеков показывает, что им присущи следующие недостатки:

1. Использование равномерного шага квантования приводит к тому, что сигналы низкого и высокого уровня квантуются с одинаковым шагом. Это означает, что при фиксированном (требуемом) отношении сигнал/шум сигналы с большим уровнем представляются избыточным числом разрядов. Влияние

этого недостатка можно значительно ослабить, воспользовавшись методом квантования с мгновенным компандированием.

2. Использование одного разряда для представления ошибки предсказания приводит к специфическим особенностям кодирования как постоянных так и быстроменяющихся сигналов. При кодировании сигналов постоянного уровня аппроксимирующий сигнал как бы "скачет" относительно истинного значения кодируемого уровня. Возникающие в этом случае ошибки называют гранулярным шумом. При кодировании быстроизменяющихся сигналов появляются ошибки, обусловленные невозможностью изменения аппроксимирующего сигнала более чем на один шаг квантования. Такие ошибки называются перегрузкой по крутизне.

Для устранения указанных недостатков а также для улучшения качества аналоговых сообщений (расширение динамического диапазона уровней передаваемых сигналов, повышения отношения сигнал/шум и т. п.) применяется компандирование.

Слоговое и мгновенное компандирование

Компандирование - это дополнительное изменение тех или иных параметров дельта- модуляции в зависимости от характеристик кодируемых сигналов с целью улучшения качества кодирования сообщения.

Компандирование подразделяется на мгновенное и инерционное (слововое).

При преобразовании речевых или медленно меняющихся сигналов применяют, как правило, инерционное компандирование. В этом случае время формирования сигнала управления выбирается исходя из интервала коррекции речевого сигнала, который не превышает средней длительности слога (2-3 мс). Поэтому постоянная времени слогового фильтра оказывается равной 10..15 мс.

Рассмотрим разновидность адаптивной ДМ с инерционным компандированием, называемой ДМ с анализом трехэлементных комбинаций символов.

Цепь компандирования состоит из 1-разрядного регистра сдвига и двух 1-входных схем совпадения "И", схемы объединения "ИЛИ", слогового фильтра СФ, сумматора С, усилителя постоянного тока У.

Рассмотрим обобщенный алгоритм функционирования адаптивного дельта-кодека: Обозначим элементы выходного сигнала $L(t)$ в r -, $(r-1)$ - и $(r-2)$ -м тактах через L_1 , L_2 и L_3 соответственно. Тогда получим восемь возможных комбинаций трех двоичных символов. Комбинация "010/101" называется "чередование полярности" и имеет место при постоянном сигнале (в режиме молчания). Комбинация "001/110" - "изменение знака" - показывает, что модулятор выходит из режима перегрузки, тогда как комбинация "011/100" - "начало перегрузки" - показывает, что режим перегрузки только начинается. Последний вид комбинации символов, содержащий три одинаковых последовательных символа 1 или 0, имеет место, когда модулятор испытывает перегрузку по крутизне. Чем больше имеется трехэлементных последовательностей вида "111" или "000", тем выше скорость роста аппроксимирующего напряжения на выходе интегратора, и, соответственно, исключается режим перегрузки, т.е. большим уровням входного сигнала будут соответствовать большие значения шага квантования, за счет чего достигается относительное постоянство отношения сигнал/шум в значительном динамическом диапазоне.

При мгновенном компандировании сигнал управления шагом квантования формируется и изменяется в течение одного или нескольких тактов, что позволяет с большой скоростью отслеживать изменение входного сигнала. К достоинствам мгновенного компандирования относят возможность реализации на элементах цифровой техники, к недостаткам - низкую помехозащищенность при высоком уровне внешних помех или при сбоях информационной последовательности ДМ сигнала.

В адаптивном модуляторе ДМ с мгновенным компандированием сигнал обратной связи, поступающий на схему формирования сигнала ошибки, изменяется в каждом тактовом интервале в соответствии с полярностью

импульсов выходного двоичного сигнала $L(t)$ в данном и предшествующих тактовых интервалах. Таким образом адаптивный модулятор “подгоняет” сигнал обратной связи к входному сигналу в течении сравнительно небольшого числа тактовых интервалов. Общим для структурных схем кодеков с мгновенным компандированием является малое время формирования сигнала управления шагом квантования. Сигнал с цепи компандирования непосредственно подается на блок АИМ для управления постоянной времени интегратора. Чем больше имеется трехэлементных последовательностей вида “111” или “000”, тем меньше постоянная времени интегратора, т.е. большим уровням входного сигнала будет соответствовать меньшая постоянная времени интегрирования.

Рассмотренные виды адаптации в целом устраняют недостатки, присущие ЛДМ, однако не позволяют достичь при этом эффективной работы кодека. Возможным решением данной проблемы является совмещение цепей компандирования, при этом достигается высокое отношение сигнал- шум и значительная ширина динамического диапазона.

Разработка функциональной схемы дельта- кодека с двойной адаптацией

Данная функциональная схема (рис.1-2), совмещающая две цепи компандирования- слогового и мгновенного, реализует алгоритм адаптивной модуляции, рассмотренный выше. Рассмотрим принцип работы устройства, исходя из функциональной схемы.

Дельта- модулятор работает следующим образом: сигнал, полученный от магнитофона (микрофона), предварительно преобразованный до нужного уровня (ПУ, Д) и отфильтрованный (ФНЧ) попадает на компаратор (К), где он сравнивается с восстановленным сигналом для определения знака приращения сигнала. Двоичная последовательность, полученная на выходе компаратора- есть последовательный код, который после преобразования (ПК1) из последовательного в параллельный код записывается во внешнее запоминающее устройство (ЗУ). Одновременно с этим этот цифровой код пода-

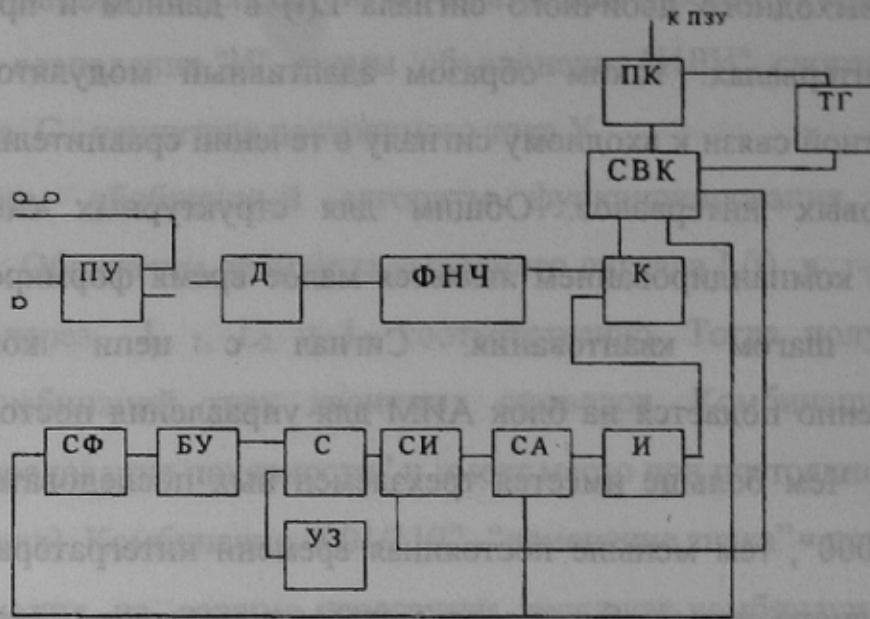


Рисунок 1- Функциональная схема дельта- кодера с двойной адаптацией

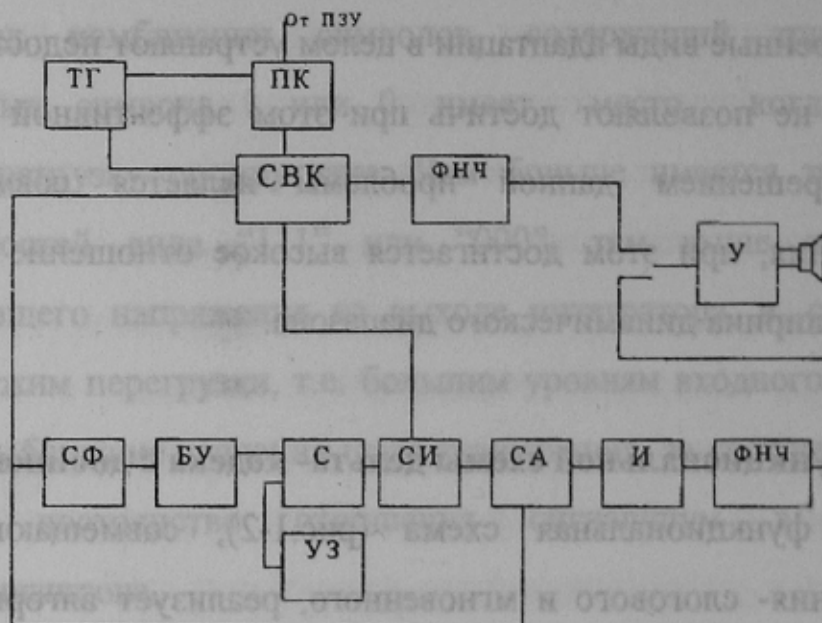


Рисунок 2- Функциональная схема дельта- декодера с двойной адаптацией

ется на интегратор для восстановления т.е. на каждом шаге определяется изменение (приращение) сигнала относительно его предыдущего значения.

Помимо реализации основного принципа дельта- модуляции в дельта- модуляторе используется двойная адаптация: в СФ (изменяется шаг квантования) и И (изменяется постоянная времени интегратора). В СИ в зависимости от значения символа двоичной последовательности (0 или 1) меняется направление аналогового сигнала (возрастает или уменьшается).

Демодулятор по своей сути восстанавливает (декодирует) сигнал, т.е. он полностью соответствует той части модулятора, которая восстанавливает сигнал, более того, от идентичности параметров зависит качество воспроизводимого сигнала. Полученный сигнал фильтруется (ФНЧ) и через усилитель (У) подается на динамик. Работой преобразователей кода ПК1 и ПК2, а также СВК управляет ГТИ.

Таким образом отслеживание сигнала производится двумя цепями: цепью мгновенного компандирования и цепью слогового компандирования. Большим уровням входного сигнала соответствует больший шаг квантования и меньшая постоянная времени интегратора, а меньшим - меньший шаг квантования и большая постоянная времени, за счет чего аппроксимирующий сигнал достаточно точно соответствует входному сигналу.

Разработанное устройство было изготовлено в виде макетного образца. Проведенные экспериментальные исследования показали, что качество речевого сигнала, полученного с помощью адаптивного дельта-кодека на частоте 16 кГц, не хуже качества речевого сигнала, полученного с помощью ИКМ на частоте 8 кГц и разрядностью слова 1 байт. Таким образом, разработанное устройство обеспечивает снижение емкости памяти хранения речевой информации в 4 раза по сравнению со стандартными средствами ввода-вывода информации без ухудшения качества сигнала.

Литература

1. Проектирование дельта-преобразователей речевых сигналов / Г.Н. Котович, Ламекин В.Ф. - М.: Радио и связь, 1986 г., 265 с.
2. Адаптивная импульсно-кодовая модуляция / Н.И. Пилипчук, В.П. Яковлев. - М.: Радио и связь, 1986 г., 346 с.
3. Стил Р. Принципы дельта-модуляции. - М.: Мир, 1979 г., 427 с.