

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ИМПУЛЬСНО–КОДОВОЙ МОДУЛЯЦИИ ДЛЯ КОДИРОВАНИЯ ЗВУКА

**Д. В. Дорошев**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель Д. А. Литвинов

Для хранения и передачи голосовых сообщений требуются значительные объемы памяти и каналы передачи данных. В связи с этим для уменьшения объема и потока данных применяется сжатие (кодирование) информации. Преобразование аналогового речевого сигнала в цифровой вид обычно осуществляется методом импульсно-кодовой модуляции (ИКМ). После такой обработки речевой сигнал уже пригоден для передачи по цифровым каналам. Однако для передачи такого цифрового потока необходимо выделение полосы пропускания 64 кбит/с, что является явно избыточным. Еще одним алгоритмом преобразования речевого сигнала является дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (ДИКМ). Этот алгоритм дает практически такое же качество воспроизведения речи, как и ИКМ, однако для передачи информации при его использовании требуется полоса всего в 16–32 кбит/с. Уменьшение потока передаваемых данных увеличивает пропускную способность канала связи, а применительно к хранению информации использование кодирования позволяет увеличить объем записываемой информации.

Наиболее эффективными являются кодеры на основе метода линейного предсказания речи. Кодеры данного типа работают с блоками подготовленных отсчетов. Для каждого блока вычисляются его характерные параметры: частота, амплитуда и ряд других. Затем из значений этих параметров формируется речевой кадр, готовый для передачи. При таком подходе к кодированию речи, возрастают требования к вычислительным мощностям и увеличивается задержка при передаче, поскольку кодирование применяется не к отдельным значениям, а к некоторому их набору, который перед началом преобразования следует накопить в определенном буфере. Более сложные методы сжатия речи основаны на применении метода линейного предсказания речи в сочетании с элементами кодирования формы сигнала. В этих алгоритмах используется кодирование с обратной связью, когда при передаче сигнала осуществляется оптимизация кода [1].

*Описание алгоритма ДИКМ*

Метод ДИКМ основан на том, что в аналоговом сигнале, передающем речь, возможны резкие скачки. Поэтому если кодировать не саму амплитуду сигнала, а ее изменение по сравнению с предыдущим значением, то можно обойтись меньшим числом разрядов. Изменение уровня сигнала кодируется четырехразрядным числом, при этом частота измерения амплитуды сигнала сохраняется неизменной.

Основными моментами при кодировании речи являются: преобразование аналогового речевого сигнала в цифровой вид, формирование пакетов, передача пакетов по пакетной сети, восстановлении речевого сигнала на приемном конце.

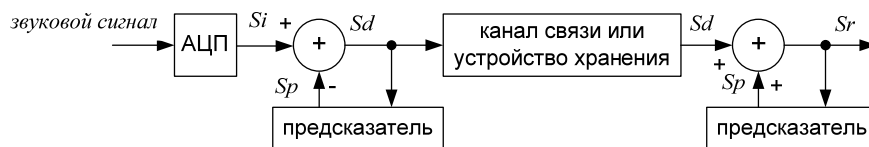


Рис. 1. Структурная схема преобразования звукового сигнала

Отсчёты оцифрованного звукового сигнала  $S_i$  поступают на один из входов вычитающего устройства, на другой вход подаётся предсказанный сигнал  $S_p$ , рассчитанный из предыдущего отчёта  $S_i$ . Разность двух отсчётов  $S_d = S_i - S_p$  – является кодовым предсказателем передаваемого сигнала. Для декодирования сигнала рассогласование  $S_d$  подаётся на вход сумматора. На другой вход поступает предсказанный сигнал  $S_p$ , сформированный из предыдущего отсчёта. Если предсказатели кодера и декодера работали одинаково, то мы получим восстановленный отсчёт  $S_r$ .

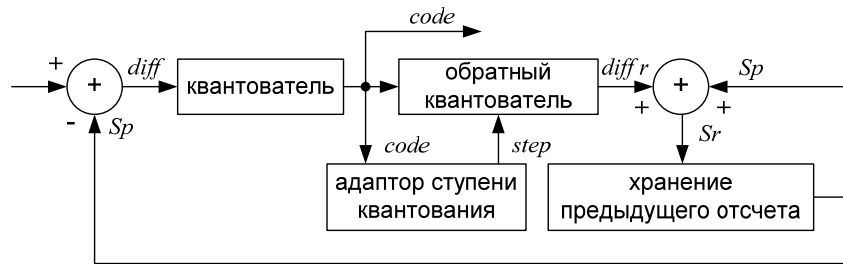
В цифровых системах передачи информации сигнал ошибки  $S_d$  подвергается операции квантования и кодирования, результатом чего и является дифференциальное импульсно-кодовое представление сигнала (ДИКМ).

Ошибка метода ДИКМ определяется шагом квантования, выполняемым при передаче или хранении информации. Квантование позволяет уменьшить разрядность сигнала ошибки  $S_d$ , что в свою очередь приводит к ошибке при восстановлении сигнала. Чем меньше шаг квантования, тем меньше и ошибка. Однако увеличение разрядности кодированного сигнала приводит к увеличению потока передаваемых данных. Поэтому важным является выбор соотношения между шагом квантования и величиной потока данных.

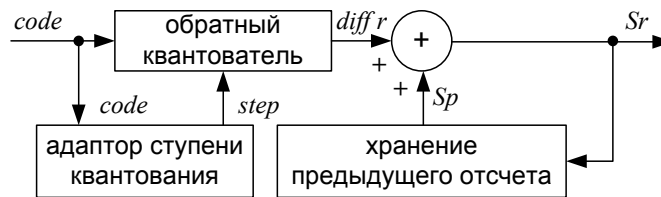
Одним из способов выбора шага квантования является адаптивная дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (АДИКМ). Впервые этот метод был описан в стандарте международного консультативного комитета по телефонии и телеграфии ITU-T G.721. Однако адаптация сигнала квантования выполнялась с большим запаздыванием, что ухудшало качество речи. Поэтому в 1987 г. появляется усовершенствованный стандарт G.721-BIS с ускоренной адаптацией, а в 1990 г. окончательная редакция ITU-T G.726 [2]. Несмотря на появление новых более совершенных алгоритмов кодирования речи, этот алгоритм до сих пор используется при передаче речи по спутниковым и другим каналам связи.

*Упрощенный алгоритм АДИКМ*

На практике применяется упрощенный алгоритм АДИКМ. Структурная схема процессов кодирования и декодирования, представлена на рис. 2.



а)



б)

Рис. 2. Структурные схемы процессов: а – кодирования; б – декодирования

Как видно процесс кодирования полностью включает в себя декодирование, что позволяет автоматически синхронизировать их работу в процессе кодирования и декодирования информации. В отличие от полной реализации метода АДИКМ, где в соответствии с требованиями ITU-T G.726 [2] для кодирования используются два предыдущих предсказанных отсчета и шесть предшествующих ошибок, в упрощенном алгоритме применяются только предыдущий предсказанный отсчет. Алгоритм кодирования состоит в следующем:

- рассчитывается разница (*diff*) между текущим (*Si*) и предыдущим предсказанным отсчетами (*Sp*);
- далее разница между отсчетами кодируется в соответствии с рассчитанным на предыдущем этапе размером кванта (*step*);
- полученный код (*code*) для синхронизации кодера и декодера раскодируется в соответствии с алгоритмом декодера и затем используется как предсказанный отсчет (*Sp*) при последующем кодировании;
- по полученному коду (*code*), определяется величина кванта (*step*) для следующего кодирования.

Разностный сигнал (*diff*) кодируется в четырех битное число (*code*) в соответствии с приведенным ниже выражением:

$$code = \text{sign}(diff) 2^3 + (diff > step) 2^2 + (diff - step > \frac{step}{2}) 2^1 + (diff - step - \frac{step}{2} > \frac{step}{4}) 2^0.$$

Затем для синхронизации величин кванта (*step*) и предсказанного значения (*Sp*) в кодере и декодере, он восстанавливается используя обратный алгоритм, в результате чего и получатся предсказанное значение (*Sp*). Закодированный сигнал (*code*)

передается по каналу связи и раскодируется на принимающей стороне. Алгоритм декодирования состоит в следующем:

- 1) полученный код (*code*) восстанавливается, используя обратный алгоритм в соответствии с размером кванта (*step*) рассчитанным при прошлом декодировании;
- 2) восстановленное значение разницы (*diff r*) добавляется к сохраненному предыдущему отсчету (*Sp*), в результате чего получается текущее значение отсчета (*Sr*);
- 3) по полученному коду (*code*) рассчитывается величина кванта (*step*) для следующего декодирования;
- 4) текущее значение отсчета (*Sr*) запоминается как предсказанное значение (*Sp*) для восстановления следующего значения.

Поскольку алгоритмы декодирования одинаковы на приемной и передающей стороне, восстановленное значение (*Sr*) повторяет предсказанное значение (*Sp*) полученное на передающей стороне. Основной задачей при кодировании является расчет размера кванта (*step*), поскольку именно его значение определяет достоверность полученной информации.

Рассмотренный алгоритм был реализован на языке C++ в виде двух подпрограмм для кодирования и декодирования. Входными являются данные полученные в результате дискретизации аналогового сигнала (голосового сообщения). Так при частоте дискретизации входного сигнала 8 кГц и 16 разрядном цифровом потоке ( $8000 \times 16 = 128$  кбит/с) на выходе кодера скорость потока составляет  $8000 \times 4 = 32$  кбит/с. Таким образом, как следует из алгоритма, скорость потока данных снижается в 4 раза.

Данный алгоритм имеет малый размер кода, что позволят найти ему применение в микроконтроллерах для реализации функции голосовых сообщений или сжатия голосовых сообщений.

#### Литература

1. [www.aboutphone.info/](http://www.aboutphone.info/) модемы и IP-телефония;
2. CCITT Recommendation G.726 (1990), General Aspects of Digital. Transmission Systems, Terminal Equipment – 40, 32, 24, 16 kbit/s. Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM).