

ЭКВАЛАЙЗЕР ДЛЯ ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА

Махонин С.О., Сулейман Ю.Х.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Воргуль А.В.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина
E-mail: alvorgul@gmail.com

Аннотация — Рассмотрены методики улучшения качественных характеристик цифрового приемника с помощью эквалайзера. Используются несколько подходов к решению задачи: с обучением и без. Продемонстрированы возможности в работе в каналах с многолучевым распространением.

1. Введение

Современный цифровой приемник обычно работает в условиях многолучевого канала. В условиях реализации цифровой части приемника на специализированном вычислителе есть возможность численно решить задачу по выделению единственного импульса из полученной многолучевой смеси.

В докладе рассматриваются разные варианты реализации эквалайзера и в ходе моделирования оцениваются их возможности.

2. Основная часть

Если отсутствуют шумы и многолучевости в канале (канал линейный и неискажающий), то импульсную характеристику канала, см. например [1], можно рассматривать как

$$h(t) = K_0 \cdot \delta(t - \Delta),$$

где K_0 — затухание в канале; Δ — задержка сигнала в канале, скорее всего, неизвестная.

Если же имеются несколько путей распространения сигнала, то, в рамках линейной модели канала для цифровой системы сигнал $y[kT]$ на входе приемника, с учетом шума, примет вид

$$y[kT] = K_0 \cdot u[kT] + K_1 \cdot u[(k-1)T] + \dots + K_N \cdot u[(k-N)T] + \eta[kT],$$

где $\eta[kT]$ — шум.

Целью разработки эквалайзера является создание цифрового фильтра для сигнала $y[kT]$, чтобы его выходной сигнал содержал только одну компоненту. В работе рассмотрены такие подходы [2].

1) Линейный эквалайзер, основанный на методе наименьших квадратов с обучением.

Для работы данного варианта эквалайзера необходимо знать переданный сигнал в точке приема. Другими словами, в работе приемника необходимо предусмотреть периодическую настройку по обучающему сигналу. Тогда для решения задачи составляется матричное уравнение для ошибки на выходе эквалайзера, неизвестными параметрами которого являются коэффициенты КИХ эквалайзера и величины задержек Δ_i . Для пробного значения величины искомой задержки в данном методе задача решается методом наименьших квадратов. Недостаток метода — необходимость решать задачу многократно для разных пробных значений задержек Δ_i .

Если усложнить составляемое матричное уравнение, подставив в матрицу все возможные задержки, то по минимуму значения ошибки можно выбрать величину задержки автоматически. Это приводит к увеличению размерности решаемой задачи и, как следствие, к увеличению объема вычислений.

2) Линейный эквалайзер, использующий адаптацию.

Матрица для определения ошибки строится аналогично предыдущему методу, но обращать матрицу не нужно. Необходимо, используя метод максимального быстрого спуска, оценивать конечную разность. В результате имеем многошаговый алгоритм.

3) Решение-ориентированный линейный эквалайзер.

При данном подходе не требуется тестовый (обучающий) сигнал. Это позволяет существенно улучшить характеристики системы в целом. Метод основан на определении разности между сигналами на входе и выходе решающего устройства. Эта разность и считается ошибкой и используется предыдущий метод.

4) Линейный эквалайзер, по алгоритму Годарда.

В методе минимизируется дисперсия ошибки, определяемой как в предыдущем методе.

Метод дает сходящийся ответ из худшего начального условия, чем первые два метода, но не так надежен, как эти методы. Для конкретной задержки функция ошибок унимодальна. Независимо от того, где поиск инициализируется, в результате находится желаемый единственный минимум, связанный с нужной задержкой. Характеристическая функция дисперсий же является мультимодальной.

3. Заключение

Таким образом, рассмотрены варианты реализации эквалайзера в цифровой части приемника. Возможны варианты применения алгоритмов с обучением или без.

Проведенное моделирование показывает, что данный подход обеспечивает удовлетворительную работу в многолучевых каналах с разным числом лучей, а также при наличии аддитивного гауссового шума.

4. Список литературы

- [1] Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. / Б. Скляр. — М.: Вильямс, 2007. — 1104 с.
- [2] Johnson Jr.C.R. Software receiver design. build your own digital communications. system in five easy steps / Jr.C.R. Johnson, W.A. Sethares, A.G. Klein. — Cambridge: Cambridge University Press, 2011. — 465 p.

EQUALIZER FOR A DIGITAL RECEIVER

Mahonin S.O., Sulajman Ju. H.

Scientific adviser: Vorgul A.V.

Kharkov National University of Radioelectronics, Ukraine

Abstract — Techniques of improving of quality characteristics of a digital receiver using the equalizer are considered. Different approaches to the problem are covered: with and without training procedure. Opportunities of equalizer utilization in multipath channels are demonstrated.