

Комбинированный итеративный эквалайзер в многолучевом радиоканале

Д.Р. Валиуллин, П.Н. Захаров, А.Ф. Королев
Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
vdr91@mail.ru

В каналах с аддитивным белым гауссовым шумом современные системы связи могут обеспечивать энергетическую эффективность в пределах 1 дБ от границы Шеннона. В то же время в многолучевом радиоканале, характерном для городской среды, энергетический проигрыш может достигать 10-20 децибел по сравнению с границей Шеннона.

Для многолучевого радиоканала характерна межсимвольная интерференция. Оптимальным приёмником сигнала для такого канала с памятью является эквалайзер максимально правдоподобного последовательного оценивания (МППО), принцип действия которого основан на алгоритме Витерби. Однако вычислительная сложность данного алгоритма возрастает экспоненциально с ростом глубины памяти, что делает зачастую невозможным его практическое применение.

Одной из других возможных альтернатив приема в многолучевом канале является обратная связь по декодированным решениям, когда выход эквалайзера – полученное решение – используется для нахождения последующих решений. Обладая удовлетворительной с практической точки зрения вычислительной сложностью, данный приёмник по энергетической эффективности существенно уступает оптимальному.

В данной работе предлагается реализация, объединяющая эквалайзер МППО и нелинейный эквалайзер, позволяющая получить малую вычислительную трудоемкость при высокой энергетической эффективности.

Профиль задержек многолучевого канала – импульсная характеристика канала – в большинстве случаев представляет из себя кривую с небольшим количеством ярко выраженных пиков, обусловленных траекториями наилучшего распространения радиоволн, и длительным рассеянным фоном. В предположении, что основное количество энергии, получаемой приемником, сосредоточено в данных пиках, можно настроить приемник максимально правдоподобного последовательного оценивания таким образом, чтобы в своей работе он учитывал лишь символьные интервалы, обладающие наибольшей энергией. Такой подход позволит сократить глубину памяти, которая вносит основной вклад в трудоемкость алгоритма максимально правдоподобного последовательного оценивания. Символьные интервалы с меньшей энергией обрабатываются при помощи обратной связи по декодированным решениям.

Для сокращения глубины памяти принимаемые символьные интервалы разбиваются на группы, что позволяет обрабатывать их при помощи алгоритма Витерби с невысокой вычислительной трудоемкостью. Каждой группе символьных интервалов соответствует отдельный декодер Витерби, использующий отдельную решетку для подсчета метрики. Однако, разбиение на группы таково, что решение по одному и тому же биту влияет на подсчет метрики в решетках всех декодеров. Чтобы обеспечить обмен “мягкой” информацией между различными декодерами, используется алгоритм Витерби с “мягким” выходом [1], [2].

Принцип обмена информацией позаимствован у турбо-кодов, предложенных в [3]. Согласно [3], энергетический выигрыш может быть получен при использовании итеративного повторения принятия решений на независимых декодерах, каждый из которых получает “мягкую” информацию, которая происходит не из данного декодера,

а из других. В [4] произведён анализ различных способов обмена информацией между декодерами. На рис.1 изображена наиболее предпочтительная схема, выбранная в данной работе. Для исключения избыточности информации, прежде чем передать информацию с одного декодера на другие, происходит вычитание метрики, поступившей на данный декодер извне, как это описано в [5]. Между итерациями символьные интервалы с меньшей энергией обрабатываются при помощи обратной связи по декодированным решениям, полученным на последней итерации.

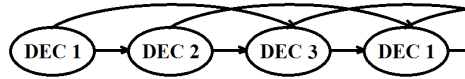


Рис. 1. Схема обмена информацией между декодерами Витерби с “мягким” выходом

С целью изучения энергетической эффективности передачи в многолучевом канале построена математическая модель такой системы. Проведены исследования энергетической эффективности системы в многолучевом радиоканале при помощи численного моделирования в системе Matlab.

В результате моделирования для трёх каналов $\{0.25, 1, 0.4, 1, 0.4, 0.4, 1, 0.4, 0.4, 0.4, 1\}$, $\{0.4, 1, 0.4, 1, 0.4, 0.4, 1, 0.4, 0.4, 0.4, 1\}$, $\{0.4, 1, 0.4, 1, 0.25, 0.4, 1, 0.25, 0.4, 0.4, 1\}$ получено, что разработанная реализация имеет проигрыш в энергетической эффективности порядка 2дБ относительно эквалайзера максимально правдоподобного последовательного оценивания, однако имеет перед ним преимущество в вычислительной сложности алгоритма, так как полученная реализация имеет асимптотику, растущую как экспонента от числа выбранных символьных интервалов, переносящих максимум энергии, в то время как вычислительная сложность эквалайзера максимально правдоподобного последовательного оценивания растёт как экспонента всех символьных интервалов в рамках глубины памяти.

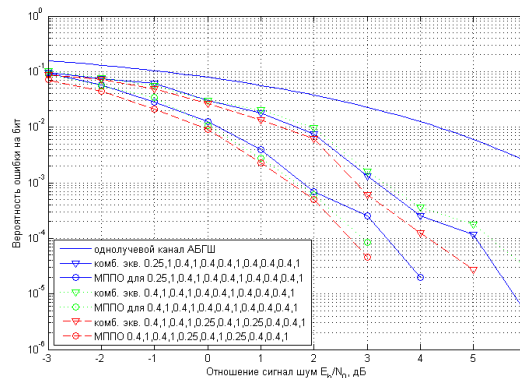


Рис. 2. Зависимость вероятности ошибки на бит от отношения E_b/N_0 а) в однолучевом канале с аддитивным белым шумом; б) в многолучевом канале с разработанным комбинированным эквалайзером в) в многолучевом канале с эквалайзером максимально правдоподобного последовательного оценивания

ЛИТЕРАТУРА

1. L. Lin, R.S. Cheng // Proc. ICC, June 1997, vol.3, pp.1473-1478.
2. M.P.C. Fossorier et al. // IEEE Comm. Let., May 1998, vol. 2, no.5, pp.137-139
3. C. Berrou et al. //Proc. ICC, May 1993, vol.2, pp.1064-70
4. J. Han, O.Y. Takeshita // Proc. IEEE ISIT, June 2001, p. 98.
5. Giulio Colavolpe et al. // IEEE Trans. on Comm., Dec 2001 vol. 49, no.12, pp. 2088-