

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОПороГОВОГО ДЕКОДЕРА В ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Бугаев Александр Сергеевич

Руководитель научной работы: Чипига Александр Федорович

Северо-Кавказский государственный технический университет, г. Ставрополь

*Проведено многокритериальное сравнение эффективности многопорогового декодера с известными алгоритмами. Подчеркиваются особенности работы алгоритма при использовании в различных схемах.* *The multi-criteria comparison of multitreshold decoder effectivity via well-known algorithms is carried out. The features of algorithm working on different schemes are emphasized.*

Применение помехоустойчивого кодирования с исправлением ошибок в современных системах связи является обязательным. Кодирование информации позволяет, с одной стороны, уменьшить количество ошибок в канале, возникающих из-за влияния частотно-селективных замираний, промышленных помех и прочих факторов, и, тем самым, уменьшить общее время неготовности линии связи, а с другой стороны, снизить значение пороговой чувствительности приемника, за счет чего увеличить энергетику линии связи. В малоканальных радиорелейных системах связи, работающих в сложной электромагнитной обстановке на низких частотах, применяется блочное кодирование Рида-Соломона, которое эффективно исправляет пакетные ошибки, вызванные промышленными помехами от различных электроустановок и двигателей. Используемый код {256,192,32} при избыточности кодирования  $\frac{3}{4}$  имеет энергетический выигрыш порядка 7 дБ. В высокоскоростных РРЛ синхронной цифровой иерархии (SDH) применяется модифицированное кодирование Виттерби с мягким решением. Кодированию подвергаются только наиболее подверженные ошибкам младшие биты символов. Так для системы с модуляцией 64QAM, работающей в диапазоне 11 ГГц, при избыточности 5/6 значение энергетического выигрыша от такого кодирования составляет 6 дБ. Высокочастотные РРЛ PDH иерархии в настоящее время подвергаются модернизации, которая помимо всего прочего включает в себя и применение кодирования. В качестве помехоустойчивых кодов рассматриваются варианты применения каскадных кодов Виттерби – Рида-Соломона и блочные турбо-коды, включая новейшие LDPC-коды. Все разновидности итерационных турбо-кодов имеют энергетический выигрыш на несколько децибел лучше, чем распространенные коды Виттерби и Рида-Соломона, однако требуют значительных логических ресурсов, что помимо увеличения энергопотребления, ведет и к увеличению стоимости системы в целом.

По сравнению с приведенными алгоритмами, преимуществом многопорогового декодера (МПД) является то, что при правильно выбранных кодах (с минимальным разномножением ошибок) ошибки декодирования оказываются одиночными. Это позволяет использовать МПД в простых каскадных схемах кодирования. Использование совместно с МПД во внешнем каскаде кодов с контролем четности или кодов Хэмминга позволяет практически без усложнения схем кодирования и декодирования на несколько порядков уменьшить вероятность ошибки декодирования по сравнению с базовым МПД.

Результаты исследований таких каскадных схем показывают что по сравнению с классическим декодером Виттерби МПД обладает большей эффективностью, увеличивающейся с повышением кодовой скорости.

Специфическая структура кодов, используемых в МПД, позволяет ему получать близкие к оптимальным результаты даже в каналах с группирующимися ошибками. Это свойство позволяет использовать МПД во внешнем каскаде совместно с декодером Виттерби, ошибки на выходе которого, как известно, группируются. Эффективность такой каскадной схемы оказывается существенно лучше каскадной схемы, состоящей из кодов Рида-Соломона и сверточного кода, декодируемого с помощью алгоритма Виттерби.

Для МПД между задержкой принятия решений  $L$ , используемым объемом памяти  $M$ , длиной кода  $n$  и производительностью  $N$  действуют очень широкие обменные соотношения параметров внутри самого метода. Перечисленные выше параметры при рассмотрении различных вариантов реализации МПД могут варьироваться в разных сочетаниях более чем десятикратно. Никаких других методов декодирования со столь же широкими допустимыми обменными соотношениями главных критериев эффективности и сложности в настоящий момент неизвестно.

Анализ алгоритма МПД выявил что алгоритм МПД по сравнению с другими алгоритмами обладает большей гибкостью, эффективностью и скоростью, а также прост в реализации.

### Литература:

1. Золотарев В. В., Овечкин Г. В. Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы. Справочник. М.: Горячая линия — Телеком, 2004. 126 с.