

# ГЛАВА 9. ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ЧЕРЕЗ КАНАЛЫ С ОГРАНИЧЕННОЙ ПОЛОСОЙ ПРОПУСКАНИЯ

- 9.1. Описание каналов с ограниченной полосой пропускания
- 9.2. Синтез сигналов для передачи через каналы с ограниченной полосой пропускания
- 9.3. Оптимальный приём сигналов в условиях МСИ и АБГШ
- 9.4. Линейные эквалайзеры
- 9.5. Эквалайзеры с обратной связью по решению (ОСР)
- 9.6. Подоптимальные МП-демодуляторы
- 9.7. Итеративный эквалайзинг и демодуляция – турбо эквалайзеры

## 9.6. ПОДОПТИМАЛЬНЫЕ МП-ДЕМОДУЛЯТОРЫ

Из рассмотренного выше следует, что лучшие результаты снижения уровня МСИ в случае «сложных» каналов показывает МП эквалайзер на основе алгоритма Витерби. Такие каналы характерны, например, для беспроводной связи.

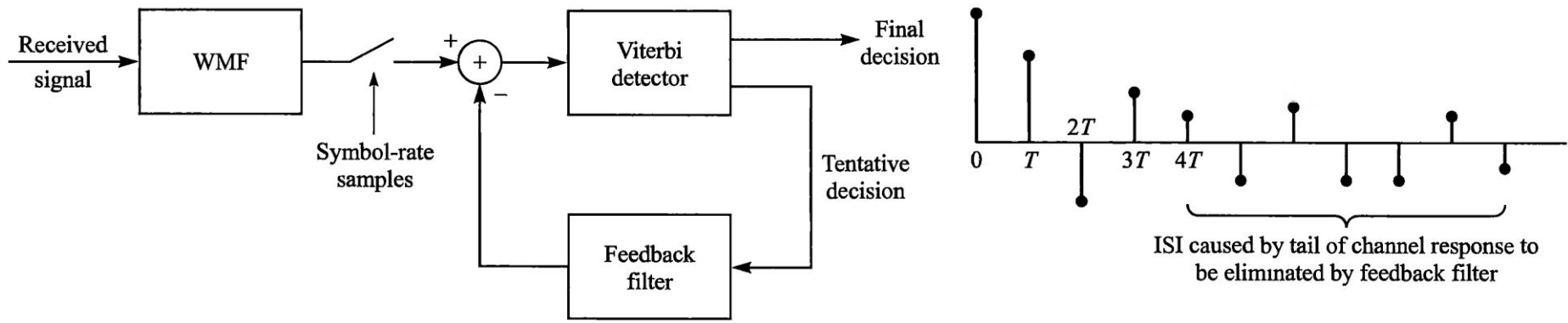
Поэтому много исследований посвящено тому, как снизить вычислительную сложность МП эквалайзера без потери эффективности.

Первые работы были основаны на идее снижения длительности ИХ канала путём предварительной обработки сигнала перед эквалайзером. Например, для этого можно использовать линейный эквалайзер или эквалайзер с ОСР. Такой подход был реализован и показал свою эффективность при высоко-плотной записи на магнитную ленту.

Другим подходом для снижения вычислительной сложности является уменьшение числа выживающих путей.

Однако, по-видимому, наиболее эффективным методом является уменьшение глубины МСИ с текущего значения  $L$  до приемлемого значения  $L_0$  путём использования обратной связи с выхода алгоритма Витерби.

## 9.6. ПОДОПТИМАЛЬНЫЕ МП-ДЕМОДУЛЯТОРЫ



При этом возможны два подхода: использовать в обратной связи результаты только наиболее вероятного из текущих выживших путей (global feedback) или результаты всех текущих выживших путей (local feedback).

Понятно, что текущий наиболее вероятный путь может содержать ошибки, тогда резекция хвоста ИХ окажется неточной и алгоритм Витерби будет работать с потерями, так как не будет учитывать всю глубину МСИ.

Исследования показывают, что учёт всех текущих выживших путей обеспечивает заметно более лучшие результаты, чем учёт только одного пути.

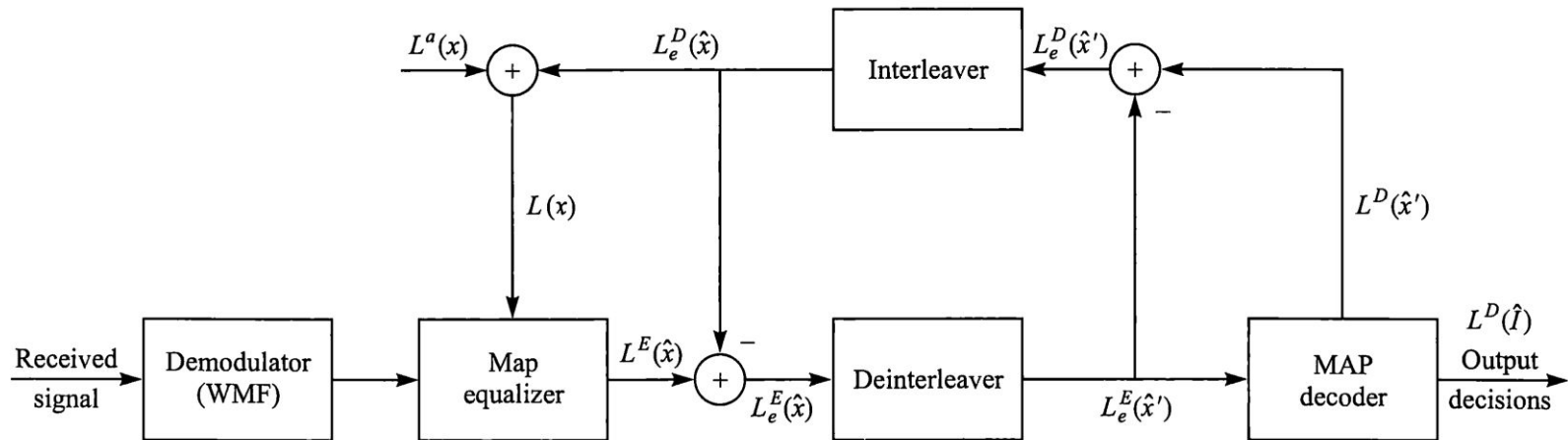
# ГЛАВА 9. ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ЧЕРЕЗ КАНАЛЫ С ОГРАНИЧЕННОЙ ПОЛОСОЙ ПРОПУСКАНИЯ

- 9.1. Описание каналов с ограниченной полосой пропускания
- 9.2. Синтез сигналов для передачи через каналы с ограниченной полосой пропускания
- 9.3. Оптимальный приём сигналов в условиях МСИ и АБГШ
- 9.4. Линейные эквалайзеры
- 9.5. Эквалайзеры с обратной связью по решению (ОСР)
- 9.6. Подоптимальные МП-демодуляторы
- 9.7. Итеративный эквалайзинг и демодуляция – турбо эквалайзеры

## 9.7. ИТЕРАТИВНЫЙ ЭКВАЛАЙЗИНГ И ДЕМОДУЛЯЦИЯ – ТУРБО ЭКВАЛАЙЗЕРЫ

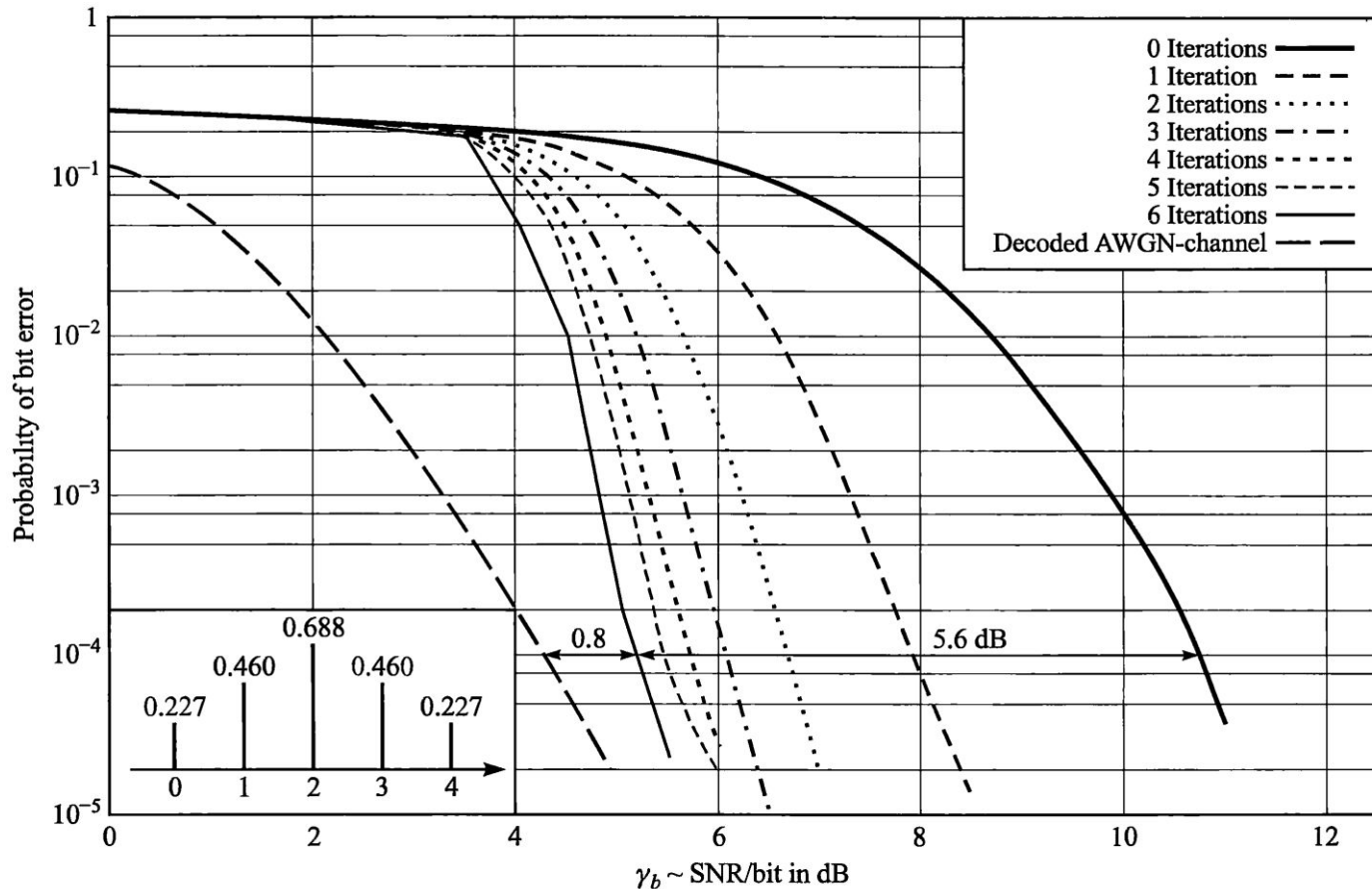
Идея итеративного декодирования турбокодов и родственных им каскадных кодов на основе свёрточных кодов с перемежителем может быть обобщена на обработку сигналов в целом.

В самом деле, если в передатчике выполняется кодирование свёрточным систематическим кодом и перемежение, то можно считать канал аналогом внутреннего кодера каскадной конструкции. Таким образом, в приёмнике можно выполнять итеративную обработку.



После одного такта работы каждого SISO-блока вычисляется внешняя информация (extrinsic) для передачи по петле турбо эквалайзера.

## 9.7. ИТЕРАТИВНЫЙ ЭКВАЛАЙЗИНГ И ДЕМОДУЛЯЦИЯ – ТУРБО ЭКВАЛАЙЗЕРЫ



Для данного примера использовался рекурсивный систематический кодер со скоростью  $1/2$  и длиной кодового ограничения  $K = 5$ . Размер блока псевдослучайного перемежителя – 4096 бит. Сигналы – двоичные противоположные.

Очевидно, турбо эквалайзер позволяет почти полностью устранить МСИ, в то время как эквалайзер на основе алгоритма Витерби теряет порядка 7 дБ при  $P = 10^{-4}$ .