

Лабораторная работа № 5

Исследование декодера Витерби

Цель работы: получение навыков построение декодера Витерби.

Содержание:

| | |
|--------------------------------------|---|
| Краткие теоретические сведения | 1 |
| Задание для выполнения | 3 |
| Требования к оформлению отчета | 3 |
| Контрольные вопросы | 4 |

Краткие теоретические сведения

Существует три основных способа декодирования данных, закодированных сверточным кодером:

1. Метод порогового декодирования. При этом способе декодирования вычисляются синдромы (признаки места ошибки), затем эти синдромы или последовательности, полученные посредством линейного преобразования синдромов, подаются на входы порогового элемента, где путем «голосования» и сравнения его результата с порогом выносится решение о значении декодируемого символа. В этом методе число операций, необходимых для декодирования одного символа, не превосходит некоторой постоянной величины. Основным достоинством этого метода является простота алгоритма. Однако, он не полностью реализует потенциальные корректирующие способности сверточного кода. Кроме того, не все сверточные коды могут быть декодированы этим способом. Например, коды, не обладающие свойством ортогональности не могут быть декодированы.
2. Метод последовательного декодирования. Это метод основан на вероятностном декодировании и число операции, необходимых для декодирования одного символа, является случайной величиной. Алгоритм является более сложным, чем алгоритм декодирования методом порогового декодирования.
3. Метод декодирования по максимуму правдоподобия. Этот метод теоретически является более эффективным, чем предыдущие, однако имеет более сложный алгоритм.

Метод декодирования по максимуму правдоподобия на идейном уровне состоит в следующем. Декодер воспроизводит все возможные пути последовательных изменений состояний сигнала, сопоставляя получаемые при этом кодовые символы с принятыми аналогами по каналу связи и на основе анализа ошибок между принятыми и требуемыми символами определяет оптимальный путь. Оптимальный путь вычисляется по критерию минимального расстояния Хемминга от принятой последовательности. Декодирование по методу Витерби, по сути, представляет собой алгоритм поиска самого выгодного, максимально правдоподобного пути на графе – решетчатой диаграмме кода.

Пусть кодер, изображенный на Рис. 1, принимает на вход некоторую последовательность и на выходах получается следующие сообщения: 110001 и 100111. Вспомним, что внутренним состоянием кодера считаются символы, содержащиеся в $(m-1)$ разрядах регистра (начиная от входа кодера).

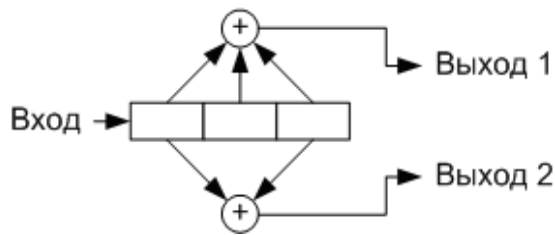


Рис. 1. Сверточный кодер с $R = \frac{1}{2}$, $m = 3$ и порождающими последовательностями 7_8 и 5_8 .

Предположим, что сообщение дошло до декодера без ошибок. Начальное состояние кодера всегда равно 00. Как видно из решетчатой диаграммы, изображенной на Рис. 2, из этого состояния в следующий такт возможны два перехода: $00 \rightarrow 00$ (если на вход поступил ноль) и $00 \rightarrow 10$ (если на вход поступила 1). При первом переходе на выходах кодера будет 00, а при втором – 11. Поскольку первыми декодером приняты символы 11, то метрики d_H (расстояние Хемминга, т.е. число отличающихся от требуемых символов) первого перехода будет равна 2, а второго – 0.

Во время второго такта сигнал может принять 4 состояния, которые определяются двумя переходами из состояния 00 и двумя переходами из состояния 10. Поскольку во второй такт времени приняты символы 10, то сравнение результатов переходов будут иметь следующие метрики: $00 \rightarrow 00$ имеет $d_H = 1$, $00 \rightarrow 10$ имеет $d_H = 1$, $10 \rightarrow 01$ имеет $d_H = 0$ и $10 \rightarrow 11$ имеет $d_H = 2$.

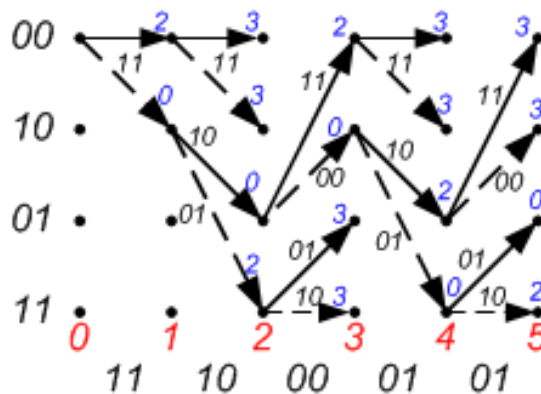


Рис. 2. Декодирование на основе алгоритма Витерби в случае отсутствия ошибок при приеме.

Здесь суммарная метрика d_{Σ_H} по каждому из возможных путей определяется как сумма метрик составляющих его ветвей. Значения суммарных метрик показаны на Рис. 2. Для третьего такта следует анализировать уже 8 возможных путей и сравнивать 8 соответствующих метрик d_{Σ_H} .

Алгоритм Витерби выбирает путь с наименьшей суммарной метрикой и может отбрасывать по ходу продвижения во времени те пути, которые имеют метрику, превышающую минимальную на данный момент времени метрику на некоторую пороговую величину. Для диаграммы, приведенной на Рис. 2 установлен пороговый уровень $d_{\Sigma_H} = 3$ и не показаны ветви с болями значениями d_{Σ_H} . Оптимальным путем является путь с наименьшей метрикой. В случае отсутствия ошибок $d_{\Sigma_H} = 0$. Последовательность бит на выходе декодера, соответствующая этому пути, отмечена на Рис. 2 утолщенной линией, равна 10110.

Предположим, что при передаче произошли искажения некоторых битов. Пусть с выхода 1 кодера пришла последовательность 011001, а с выхода 2 пришла последовательность 10011.

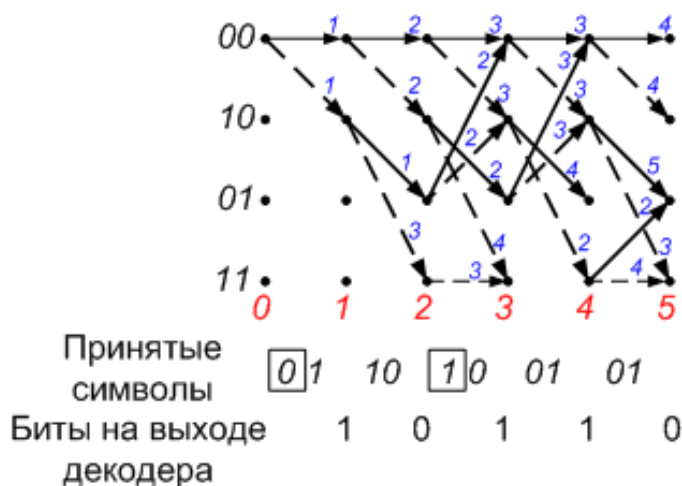


Рис. 3. Декодирование на основе алгоритма Витерби в случае приема с ошибками (ошибочные биты обведены).

Теперь метрики обоих переходов первого такта, как видно из Рис. 3, равны 1. И суммарная метрика оптимального пути $d_{\Sigma_n} = 2$. Однако, как видно из Рис. 3, оптимальный путь с наименьшей метрикой восстанавливает переданные данные и исправляет ошибки. Однако, следует помнить, что восстанавливающие способности алгоритма Витерби зависят от ряда параметров.

Задание для выполнения

1. Написать функцию, реализующую декодирование входных данных декодером, построенному по алгоритму Витерби согласно варианту из предыдущей работы. В качестве входных параметров использовать:
 - а. входную последовательность 0 и 1,
 - б. длину последовательности K ,
 - в. пороговый уровень метрики.
2. Выполнить кодирование сгенерированной последовательности с помощью функции сверточного кодера, реализованной на прошлой лабораторной работе.
3. Выполнить декодирование данных:
 - а. Данных, непосредственно после кодера,
 - б. Данных, в которых некоторые биты были инвертированы.
4. Сравнить данные на выходе генератора последовательности и на выходе декодера.
5. Определить, при каком соотношении инвертированных битов к общему их числу (BER) декодер не сможет корректно декодировать данные.

Требования к оформлению отчета

1. Протокол оформляется каждым студентом группы в отдельности.
2. Протокол должен содержать:
 - а. Титульный лист.
 - б. Задание согласно варианту.
 - в. Листинги программы.
 - г. Результаты работы программы.
 - д. Выводы о проделанной работе.
3. Защита работы проводится каждым студентом персонально.

Контрольные вопросы

1. Какие способы декодирования данных, кодированных сверточным кодером, вам известны?
2. Какие преимущества алгоритма Витерби вам известны?
3. Какие недостатки алгоритма Витерби вам известны?
4. В чем состоит основная идея алгоритма Витерби?