

Сверточное декодирование Витерби

В современных системах связи критически важна надёжная передача данных с возможностью восстановления информации при наличии помех и искажений. Это позволяет минимизировать количество повторных передач, обусловленных ошибками, что, в свою очередь, способствует увеличению эффективности и пропускной способности канала связи. Одним из широко применяемых методов для обеспечения коррекции ошибок является сверточное кодирование. Сверточный кодер совместно с декодером Витерби реализует механизм коррекции ошибок, основанный на добавлении избыточности и использовании алгоритма максимального правдоподобия.

Сверточный кодер преобразует входную битовую последовательность, добавляя к ней избыточные биты в соответствии с заданной структурой. При этом применяется определённая скорость кодирования — в данном случае 1/2, что означает генерацию двух выходных битов на каждый входной бит.

Декодирование осуществляется алгоритмом Витерби, который на основе принципа максимального правдоподобия восстанавливает наиболее вероятную исходную последовательность битов, компенсируя влияние ошибок, возникших в канале передачи.

Описание

IP-ядро VITERBIex-IP, разработанное компанией ЦИТМ «Экспонента», предназначено для обеспечения контроля целостности и коррекции ошибок в системах цифровой радиосвязи. Архитектура ядра представляет собой высокопроизводительный декодер Витерби, ориентированный на применение в современных телекоммуникационных стандартах, включая DVB, 3GPP LTE, 3GPP2, IEEE 802.11a/n/ac/ax/be, IEEE 802.16. Ключевым

преимуществом решения является аппаратная независимость: Архитектура IP-ядра не привязана к конкретному производителю ПЛИС/СБИС, что повышает гибкость и независимость, разрабатываемых систем радиосвязи.

На рисунке 1 представлена зависимость вероятности битовой ошибки (BER) от отношения энергии бита к спектральной плотности мощности шума (E_b/N_0) при использовании IP-ядра VITERBIex-IP, а также приведено сравнение с аналогичными решениями сторонних производителей.

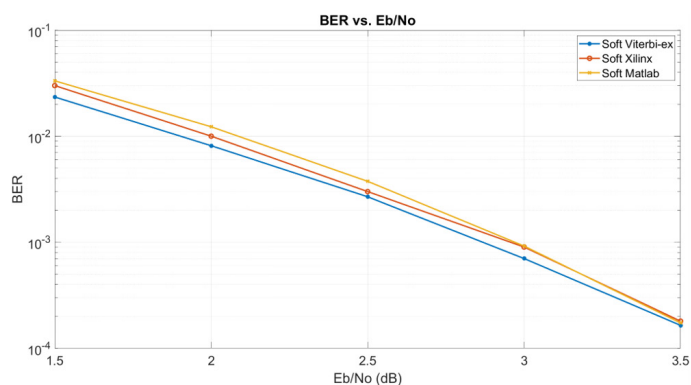


Рисунок 1

Как видно из графика, IP-ядро VITERBIex-IP демонстрирует более низкий уровень BER по сравнению с аналогами при идентичных условиях моделирования, что указывает на его высокую эффективность в условиях зашумленных каналов.

Высокая пропускная способность достигается благодаря архитектурным улучшениям в механизме хранения и отбора выживших путей, а также оптимизации логики трассировки обратного пути, что позволяет обеспечить высокую скорость работы.

В таблице 1 представлено сравнение с аналогичными решениями от других производителей. Информация взята из открытых источников: AMD Kintex-7 xc7k70/ AMD Zynq®-7000 ZC706/AMD Kintex-7 xc7k70.

Таблица 1.

Производитель	Xilinx	MathWorks	ЦИТМ Экспонента
LUT	2210	3861	2289
FF	1719	2521	2105
36k BRAMs	2	1	2
Fmax, МГц	281	260	290

IP-ядро VITERBlex-IP также включает встроенный механизм нормализации метрик, предназначенный для предотвращения переполнения путевых метрик, что актуально при работе в условиях низкого отношения сигнал/шум.

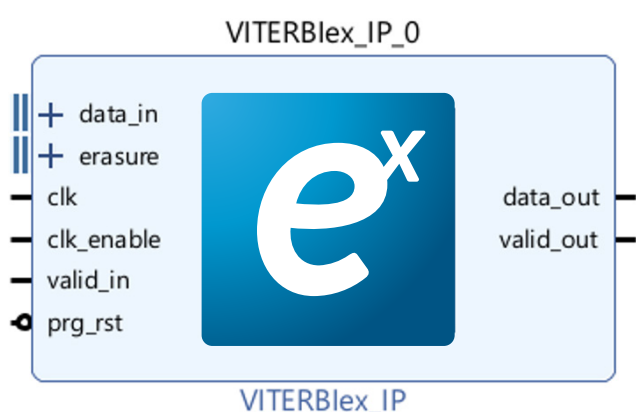


Рисунок 2

Для повышения эффективности использования аппаратных ресурсов и улучшения корректирующей способности, архитектура IP-ядра поддерживает широкие возможности параметризации: длина обратной трассировки, разрядность мягких решений на входе, число игнорируемых бит при поиске минимального элемента.

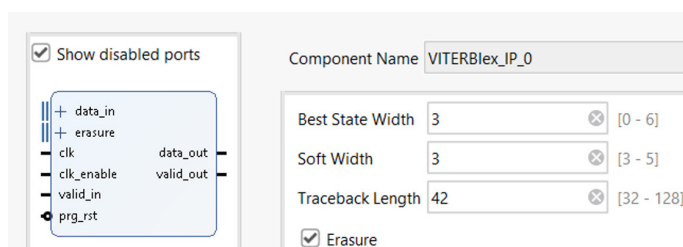


Рисунок 3

Технические характеристики

- Архитектура: мягкое декодирование с параметризуемой длиной входных данных (от 3 до 5 бит)
- Кодовая скорость 1/2, длина кодового ограничения K=7
- Нормализация метрик
- Выкалывание символов
- Полная совместимость со стандартами: DVB, 3GPP LTE, 3GPP2, IEEE 802.11a/n/ac/ax/be, IEEE 802.16
- Поддержка пользовательского ввода глубины памяти (traceback length)
- Пользовательская настройка выбора лучшего состояния для декодирования
- Полином генератора g1=171, g2=133
- Задержка $\approx 4 \cdot \text{traceback_length} + 45$
- Макс. тактовая частота работы ядра – 290 МГц Kintex-7 xc7k70
- LUT – 2289
- FF – 2105
- BRAM – 2

Интеграция

IP-ядро VITERBlex-IP ЦИТМ «Экспонента», всегда доступно для целевых платформ FPGA и СБИС. Для специальных применений возможно использование IP-ядра в составе специализированных СнК.

Интеграция IP-ядра в текущие или будущие проекты возможна в соответствии с любыми требованиями и пожеланиями заказчика. Специалисты ЦИТМ «Экспонента» помогут вам в решении этой задачи.

Свяжитесь с нами, чтобы узнать больше технических подробностей!

+7 (495) 009 65 85
info@exponenta.ru
www.exponenta.ru