

Ваши новые вопросы о кодировании

Вопрос 18. Можно ли достичь на практике тех реальных преимуществ МПД перед другими методами по эффективности и быстрдействию на несколько десятичных порядков, которые формально следуют из оценок для аппаратной реализации?

Да. Несомненным является безусловная правильность предложенного нами подхода к оценкам аппаратной эффективности декодирования. Он состоит просто в том, что по сравнению со всеми другими методами МПД состоит как бы только из регистров сдвига, которые относятся к наиболее быстрым элементам любых БИС. Кроме того, таких параллельно работающих регистров в МПД много: от 4 до 20 и более. А поскольку обычно скорости регистров сдвига на ПЛИС - это десятки Мбит/с, то МПД декодеры действительно являются устройствами, которые легко обрабатывают потоки на скоростях в сотни Мбит/с.

Конечно, остаётся вопрос о том, что и как делают другие элементы декодера МПД? Ведь нужно же как-то принимать решения о том, какие символы надо менять. Процесс декодирования - всегда очень трудная вычислительная проблема. Почему же тогда: "МПД - это только регистры сдвига!?" Да потому, что активные элементы МПД - это только пороговые элементы (ПЭ). Они - чрезвычайно простые устройства сложения целых чисел и сравнения с пороговым значением. Их число крайне мало по сравнению с десятками и сотнями килобитов памяти регистров. А это значит, что в МПД возможно идеальное полное распараллеливание операций: создание большого числа независимо работающих ПЭ. И последний важнейший момент: всё это множество ПЭ можно легко сделать схемами, которые внешне будут смотреться как процессоры с мгновенным ответом: сдвинули данные в регистре - и тут же получили реакцию ПЭ, ответ, надо ли менять контролируемый символ. Это возможно и даже достаточно просто, так как все ПЭ просто суммируют несколько небольших целых чисел. А для других алгоритмов никаких возможностей такого рода для организации сверхбыстрых декодеров вообще нет. Это то, что касается быстрдействия.

А если вернуться к проблеме эффективности, то можно просто напомнить, что МПД - итеративный алгоритм, который при всех изменениях корректируемых символов строго приближается к решению

оптимального декодера (ОД). И этот процесс может быть реализован при очень низких отношениях сигнал/шум.

Этими двумя факторами и определяется успех МПД: чрезвычайно быстрое декодирование длинных кодов с результатами, во многих случаях соответствующими оптимальным по критерию отношения сигнал/шум в канале.

В частности, на простейшей ПЛИС даже без использования каскадирования кодов сделан МПД на скорость более 150 Мбит/с и с энергетическим выигрышем кодирования (ЭВК) порядка 7,5 дБ.

Более того, очень точное технологическое моделирование работы МПД в конкретных ПЛИС показало, что при небольшом увеличении ёмкости чипа он обеспечивает ещё более высокие скорости обработки и ЭВК более 8 дБ, оставаясь по-прежнему некаскадной схемой. Заметим, что такой уровень ЭВК соответствует эффективности стандартной каскадной схемы с алгоритмом Витерби (АВ) и с кодом Рида-Соломона.

Так что всё написанное ранее про возможности МПД исходило из самых реальных оценок и обстоятельств проектирования аппаратуры кодирования.

А о каскадных схемах с использованием МПД можно поговорить отдельно.

Вопрос 19. Можно ли использовать МПД в высокоскоростных системах передачи при 60 Мбит/с? А на скорости 400 Мбит/с? Ну, а если ещё выше? И вообще, каковы предельные скорости его работы?

Мы должны заметить, что вопросы этого типа в такой или в похожих формах об МПД мы слышим много лет. Мы полагали, что подобные проблемы роста скоростей передачи вообще никак не связаны с многопороговым алгоритмом. Однако именно эти вопросы возникают очень часто. Поэтому мы решили, что и они заслуживают внимания.

Напомним сначала, что МПД - это, как прочие методы декодирования, способ обработки цифровых потоков, алгоритм. Он может характеризоваться для программной реализации основным параметром - числом операций на бит данных, а для аппаратной - непосредственно скоростью обработки в Мбит/с.

Как мы уже рассказывали, программная реализация МПД обычно на 2 порядка (~100 раз!) более простая, чем у близких к нему по эффективности методов другого типа при достаточно больших уровнях

шума канала. Это значит, что обычно микропроцессорная реализация МПД будет примерно в 100 раз более быстрой, чем у других алгоритмов. Это очень редко бывает в современной истории развития методов обработки данных. В области декодирования такого никогда не было и, наверное, уже никогда не случится в будущем. Мы уже поместили на учебных страничках нашего сайта демопрограмму такого сверхбыстрого МПД. Вы можете её переписать к себе на компьютер и попробовать поиграть с ней при разных настраиваемых параметрах кода, декодера и канала с гауссовской и пакетной компонентами шума.

Мы уже создали программный МПД для специальной цифровой телевизионной системы, в которой он в очередной раз продемонстрировал своё абсолютное преимущество перед другими системами кодирования.

Наконец, у нас есть публикации по сравнению производительности программных версий разных алгоритмов, которые и позволили нам сделать представленные здесь выводы. Эти статьи и доклады указаны в списках наших работ по тематике МПД. Полные тексты некоторых из них приведены на нашем сайте www.mtdbest.iki.rssi.ru.

Отсюда непосредственно следует, что программный МПД всегда будет всегда намного более быстрым, чем другие методы.

Теперь мы подходим к цифрам, которые были указаны в вопросе. Их конкретные значения будут зависеть от производительности микропроцессора. Исходить можно из затрат порядка 60-300 операций на бит данных в МПД. Кроме того, можно допустить, что "накладные расходы", т. е. дополнительные операции процессора (вычисление индексов массивов и т. д.) увеличивают затраты вычислителя примерно в $m=3$ раза. Но, с другой стороны, некоторые процессоры позволяют выполнять до 8 команд одновременно. А это увеличивает скорость работы МПД примерно во столько же раз. Конечно, это предполагает, что алгоритм МПД легко допускает хорошее распараллеливание вычислений. В ответах на более ранние вопросы о кодах мы показали, что это действительно так.

Теперь мы можем привести пример оценки производительности МПД. Пусть есть процессор с тактовой частотой $F=200$ МГц. Если мы выберем алгоритм МПД со сложностью около $n=100$ операций на бит, а накладные расходы оценим в среднем как трёхкратные ($m=3$), то производительность N такого МПД будет равна $N=F/n/m=2*E8/100/3 \sim 670$ Кбит/с. Если допустить возможность распараллеливания команд такого процессора в 8 раз, то $N \sim 5$ Мбит/с. А, например, для микропроцессоров с тактовой частотой ~ 1 ГГц и без распараллеливания получаем $N > 3$ Мбит/с.

Опыт показал также, что для многих персональных IBM-совместимых компьютеров накладные расходы могут соответствовать по разным причинам параметру $m \sim b$.

Мы думаем, что приведённые оценки и помещённая у нас на веб-сайте демоверсия сверхбыстрого МПД достаточны для того, что принять правильные решения о возможности использования микропроцессорных версий декодеров многопорогового типа.

Обсуждение аппаратных версий МПД всегда является гораздо более сложной задачей. Но детальная дискуссия об их быстродействии уже состоялась при обсуждении ответов на предыдущие вопросы. Поэтому напомним только о том, что совершенно корректно считать, что быстродействие МПД в аппаратном виде определяется скоростью работы сдвиговых регистров, которые обычно относятся к наиболее быстрым элементам микроэлектроники. Обычно скорости сдвига в таких регистрах 30 - 100 Мбит/с легко достижимы. А поскольку в МПД может быть даже более 20 параллельно работающих регистров, то и производительность, существенно большая, чем 500 Мбит/с в аппаратном МПД - вполне достижимая задача. Таким образом, ответ на вопрос о скорости аппаратного МПД также вполне положительный при любых реальных требованиях к системам кодирования.

* * *

Итог нашего обсуждения на самом деле очень прост. Если есть аппаратура, которая готова формировать исходные потоки данных для передачи и для последующего приёма и обработки, которая характеризуется определенной производительностью и некоторым уровнем развития элементной базы, то вполне логично и для декодера использовать компоненты примерно того же уровня производительности. Это и позволяет снять все сомнения о возможности реализации МПД **с абсолютно любым требуемым быстродействием.**

И, конечно, с ростом производительности элементной базы микроэлектроники скорости работы МПД будут также быстро увеличиваться.

[Приглашаем вас присылать новые вопросы о кодах](#)