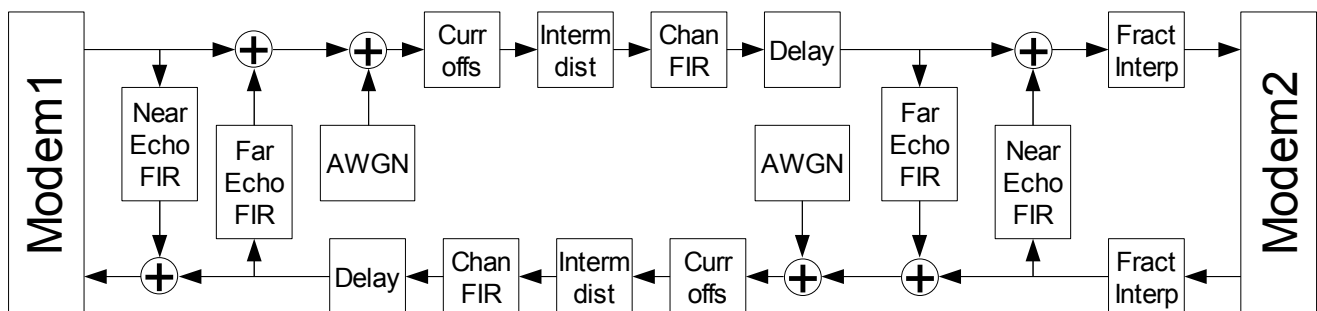


Эмулятор телефонного канала

При разработке модемов возникает необходимость в использовании программного эмулятора, моделирующего канал связи через который предстоит работать модемам. Обычно, эмулятор канала входит в состав среды разработки, используемой для отладки и тестирования модемов.

Данный документ посвящен рассмотрению эмулятора телефонного или проводного канала. Полнофункциональная среда разработки телефонных модемов, в которую входит описываемый эмулятор канала, может быть скачена по ссылке <http://powerdsp.narod.ru/modem/sredarazr.zip>. Эмулятор использовался, например, для разработки модема V.32/V.32bis. Описание тестовой среды проводных модемов находится в документе <http://powerdsp.narod.ru/modem/sredarazr.pdf>. Эмулятор канала может быть собран на ПК под MS Visual C 2008 Express и на DSP Texas Instruments семейства 55XX под Code Composer Studio 3.3. Код оптимизирован на уровне языка C с использованием intrinsic и pragma и алгоритмической оптимизации. С минимальными переделками, код может использоваться на платформах TI 64XX и 54XX.

Функциональная схема симулятора представлена на рисунке:



Симулятор моделирует следующие искажения сигнала:

1. аддитивный белый Гауссовский шум,
2. сдвиг несущей частоты,
3. нелинейные искажения 2-ого и 3-его порядка,
4. искажения формы АЧХ канала и затухание,
5. задержка в канале,
6. дальнее и ближнее эхо.

Эмулятор позволяет задавать следующие параметры модели:

1. отношение сигнал/шум в полосе 600 - 3000 Гц (фактически Eb/N0) от 0 до 80 дБ
2. сдвиг частоты в канале от -30 до +30 Гц
3. уровень интермодуляционных искажений от 20 до 80 дБ
4. 4 вида неравномерности АЧХ канала: flat, good, midd, poor
5. задержку в канале от 0 до 2000 мс,
6. ослабление сигнала в канале от 0 до 40 дБ
7. ослабление сигнала ближнего и дальнего эха от 6 до 80 дБ
8. различие бодовых скоростей модемов от -200 до +200 ppm

Модель канала симметрична, в том смысле, что одинаковый алгоритм и общие параметры используются для симуляции искажений сигнала от модема 1 к модему 2 и в обратном направлении.

При разработке эмулятора использовались рекомендации ITU-T V.56/bis/ter и M.1020 – M.1040. Эмулятор не позволяет симулировать импульсный шум, фазовый джитер и гармонические помехи.

Обычно, для удобства, моделирование различия бодовых скоростей модемов так же реализуется в симуляторе, хотя это различие и не является искажением, создаваемым самим каналом. Моделирование различия бодовых скоростей будет реализовано в ближайшее время.

Алгоритм работы

Шум в канале моделируется аддитивным белым Гауссовским шумом. Гауссовский шум генерируется путем сложения 12 псевдослучайных нормально распределенных отсчетов, генерируемых отдельным линейным конгруэнтным генератором с параметрами $m = 2^{32}$, $a = 1103515245$, $c = 12345$. Затем белый Гауссовский шум фильтруется фильтром с АЧХ соответствующим АЧХ сигнала модема. В нашем случае (модем V.32) сигнал занимает полосу от 600 до 3000Гц с затуханием 4 дБ на границах.

Интермодуляционные искажения моделируются следующим соотношением:

$$S_o = S_i + K_2 * S_i^2 + K_3 * S_i^3$$

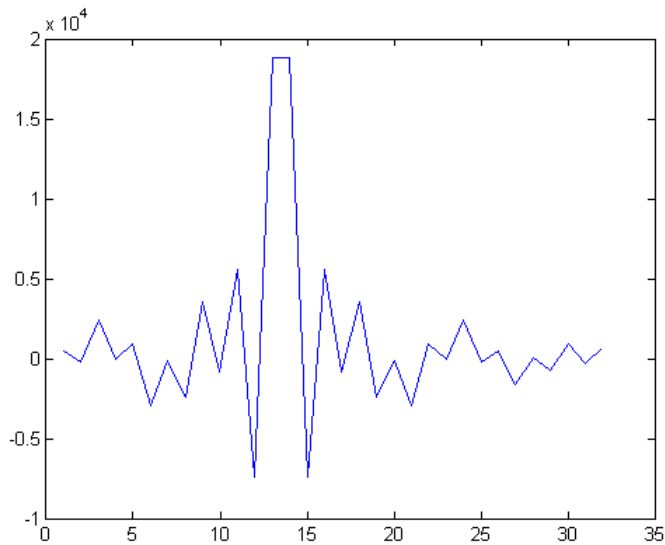
где S_i – входные отсчеты, S_o - выходные отсчеты, K_2 и K_3 коэффициенты интермодуляционных искажений 2-ого и 3-его порядка.

Для моделирования неравномерности АЧХ канала используются 4 типа фильтров со следующими АЧХ:

Тип	Ослабление, дБ на частоте					
	600 Гц	1000 Гц	1600 Гц	2500 Гц	2800 Гц	3000 Гц
flat	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
good	1.5	0.5	0.0	0.5	1.5	3.0
midd	3.0	1.0	0.0	1.0	3.0	6.0
poor	6.0	2.0	0.0	2.0	6.0	12.0

Циклический буфер используется для создания задержки в канале. Задержка вносимая остальными элементами модели, составляющая порядка 20 мс, при этом не учитывается.

Дальнее и ближнее эхо моделируется с помощью одинаковых КИХ фильтров длиной 32 отсчета. Импульсная характеристика фильтра представлена на рисунке:



Использование эмулятора

Конфигурирование эмулятора в составе среды разработки выполняется с помощью текстовых команд, читаемых из файла. Команды приведены ниже:

команда	аргумент	описание
chtype	flat, good, midd, poor	тип канала
snr,	дБ	отношение сигнал/шум в полосе 600-3300Гц, фактически E_b/N_0
currof	Гц	сдвиг несущей в канале
chatt	дБ	ослабление сигнала в канале
chdel	мс	задержка сигнала в канале
baudof	ppm	разница бодовых скоростей модемов - не реализовано
interm2,interm3	дБ	коэффициент нелинейных искажений 2-ого и 3-ого порядка
nearatt,faratt	дБ	ослабление ближнего и дальнего эха

Наша компания занимается разработками на заказ встраиваемого ПО в области модемов, обработки речи и видео, телефонии и других областях использующих цифровую обработку сигналов. Имеется опыт разработки проводных модемов V.34, V.32, факс модемов V.17, V.29, KV модемов, специализированных модемов совместимых с аппаратурой ТТ-144, TgFM, П-327. Информация о модемных разработках представлена на странице <http://powerdsp.narod.ru/modem.html>, электронная почта powerdsp@narod.ru.