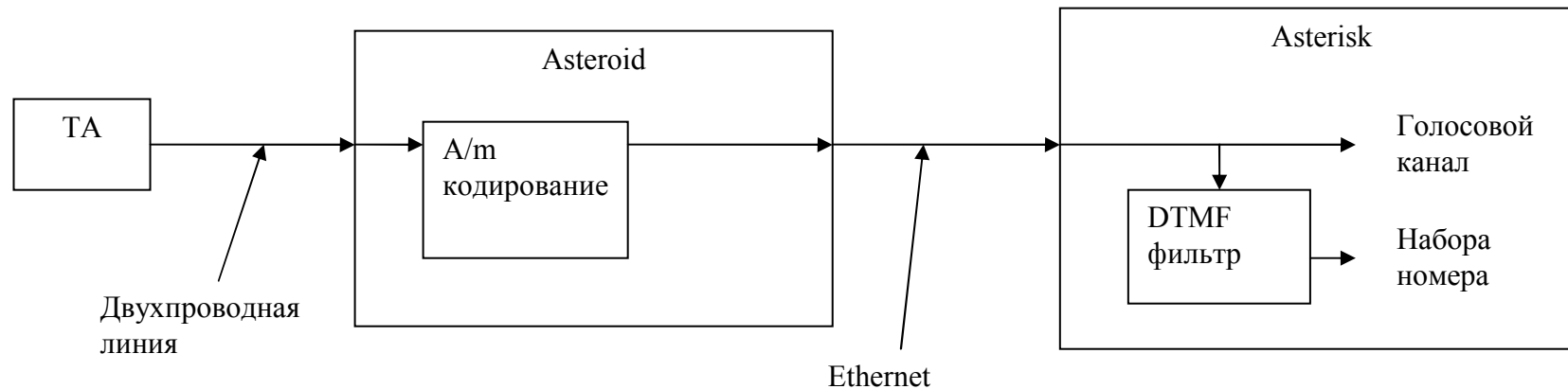


Причины неустойчивого распознавания тонального набора от некоторых телефонных аппаратов в банках каналов Asteroid.

Иногда пользователи банков каналов Asteroid жалуются на плохое распознавание DTMF тонов от некоторых телефонных аппаратов. Как правило, данный симптом “лечится” установкой параметра `relaxdtmf=yes` в конфигурационных файлах Asterisk. Но на что этот параметр влияет и в чем причина плохого распознавания? Попробуем разобраться.

Особенностью Asteroid является in-band обработка тональных сигналов. Например, в SIP шлюзах тональный набор обрабатывается аппаратно, и далее в Asterisk передается в пакетах в цифровом виде, отдельно от звукового потока. В Asteroid тоны набора номера и звук не разделяются и попадают в Asterisk в виде оцифрованного звукового потока (см. рисунок).



Из рисунка видно, что на вход DTMF фильтра, реализованного в Asterisk программно, сигнал от телефонного аппарата доставляется без всякой предварительной обработки, только подвергается оцифровке в А или m закон. Таким образом, принятие решения о наличии в канале сигнала тонального набора, зависит целиком от программного DTMF фильтра.

И здесь возникает следующий вопрос – какой алгоритм работы этого фильтра? Чтобы понять его, вспомним, что такое сигналы DTMF. Каждая цифра, которую мы видим на клавиатуре телефонного аппарата, кодируется частотной посылкой из смеси двух частот.

Соответствие между передаваемой информацией и частотами:

	1209 Гц	1336 Гц	1477 Гц	1633 Гц
697 Гц	1	ABC 2	DEF 3	A
770 Гц	GHI 4	JKL 5	MNO 6	B
852 Гц	PRS 7	TUV 8	WXY 9	C
941 Гц	*	OPER 0	#	D

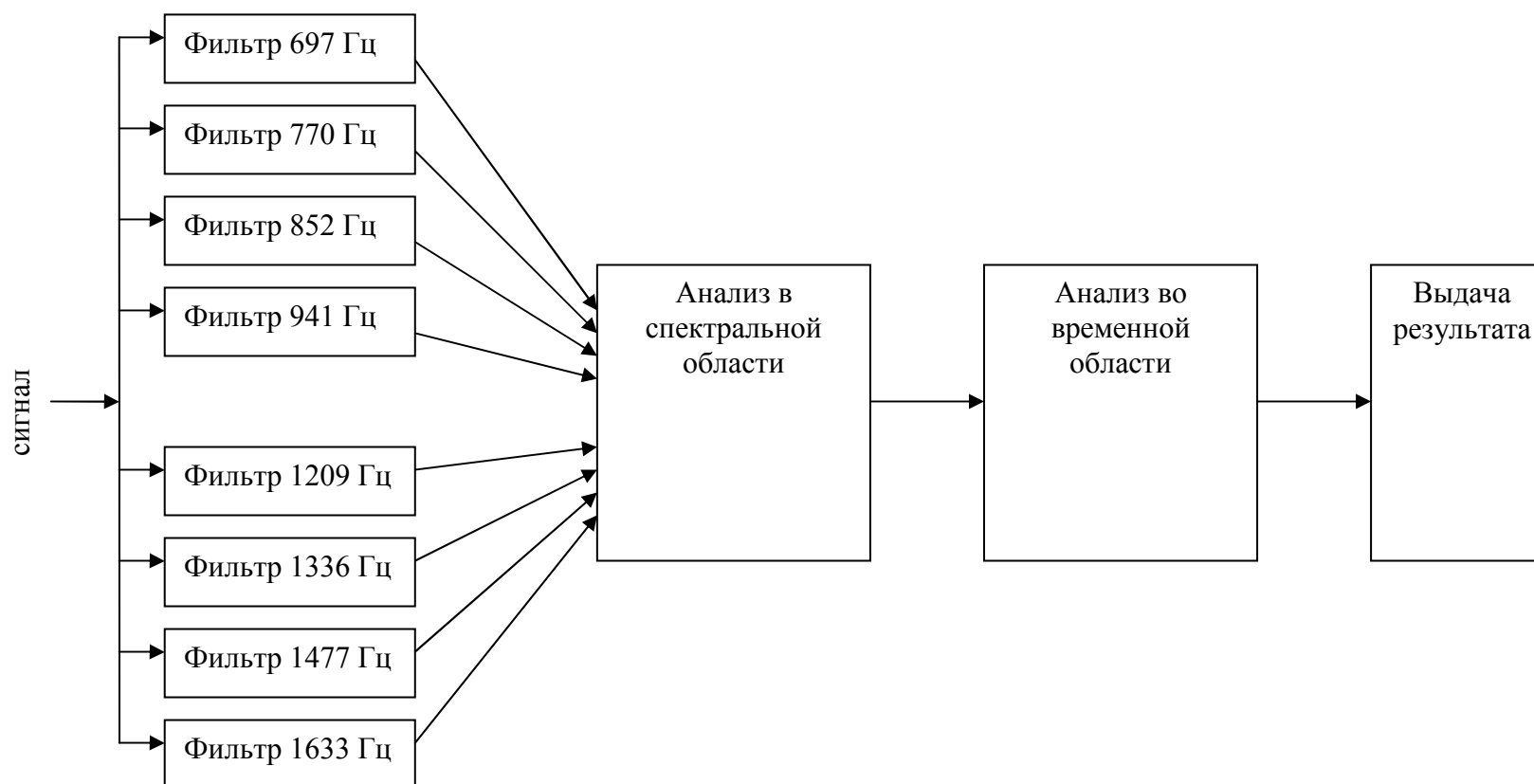
Уровень передачи в двухчастотной посылке, измеренный на нагрузке 600 Ом, составляет: для нижней группы частот - минус 6 дБМО \pm 2 дБ, для верхней группы частот - минус 3 дБМО \pm 2 дБ. Уровень частоты верхней группы частот в суммарном сигнале на 2 ± 1 дБ превышает уровень частоты нижней группы. Суммарный уровень всех частотных составляющих высшего порядка, по крайней мере, на 20 дБ ниже уровня нижней группы.

Условия, при которых должен осуществляться нормальный прием сигналов, следующие:

- А. Наличие в сигнале двух частот, одна из которых выбрана из нижней группы, а другая - из верхней;
- В. Частоты не отличаются от своих номинальных значений более чем на 1,8% ;
- С. Уровень каждой из двух частот лежит в пределах от минус 7 до минус 30 дБМО;
- Д. Мощность сигнала из верхней группы частот должен быть -8..+4 дБ относительно сигнала из нижней группы;
- Е. Длительность частотного сигнала не менее 40 мс.
- Ф. Сигнал же длительностью менее 20 мс не должен фиксироваться, даже если он отвечает всем остальным требованиям, а два сигнала принимаются как отдельные, если длительность паузы между ними равна 40 мс или более.

Как мы видим, требования по нормальному приему сигналов разделяются на требования к спектральной составляющей сигнала и требования к временной области сигнала. Обратим внимание, что передатчик, как правило, выдает верхнюю частоту более мощной - на 2 дБ. Тем самым достигается предварительная коррекция тональной посылки перед прохождением длинной телефонной линии. Приемник же наоборот, должен принимать посылку, даже если мощность верхней частоты упала до -8 дБ.

Структура и алгоритм работы цифрового фильтра в Asterisk вполне соответствует этим требованиям (см. рисунок ниже).

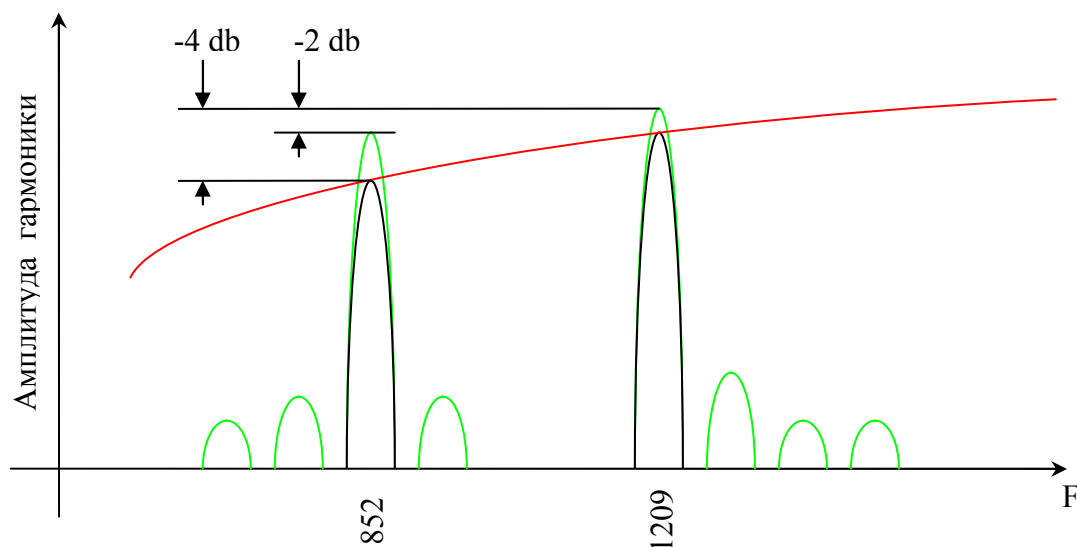


Входной сигнал подается на восемь непрерывно работающих входных фильтров. Фильтры работают по рекурсивному алгоритму Гоэртцеля, их основная задача – выделение амплитуды заданной гармоники во входном сигнале. После обработки фильтрами входной сигнал представлен в виде набора гармоник с мощностью $A1..A4$ из нижнего ряда частот и $B1..B4$ - из верхнего ряда частот. Набор этих гармоник подается на вход спектрального анализатора, где пошагово происходит сравнение параметров сигнала:

1. Среди верхней и нижней групп частот выбираются максимальные по мощности гармоники A_{max} и B_{max} .
2. Фильтр проверяет, что $(A_{max} + B_{max}) > P_{abs}$, где P_{abs} – фиксированный абсолютный порог величины сигнала, небольшой по величине. Смысл данной проверки в том, чтобы отсеять фоновые шумы.
3. Фильтр проверяет, что $(A_{max} + B_{max}) \gg P_{sum}$, где P_{sum} – суммарная мощность остальных гармоник в сигнале. Смысл данной проверки тоже понятен – в сигнале должны присутствовать только две частоты.
4. Фильтр проверяет, что $B_{max} < 2.5 * A_{max}$, а также что $A_{max} < 6.3 * B_{max}$. Откуда взялись эти взвешивающие коэффициенты? Они появились из условия D нормального приема сигнала. Если мы пересчитаем коэффициент 2.5 в амплитуду и переведем его в децибелы, мы получим 4 db. Это разность уровней двух частот в тональной посылке.

После обработки в спектральной области, сигнал обрабатывается во временной области, чтобы удовлетворить условиям E,F нормального приема сигнала.

Когда же наблюдаются сбои в распознавании DTMF? Анализ многих случаев показывает, что сигнал от телефона может не проходить стадию 4 обработки фильтра. Это происходит из-за искажения амплитудно-частотной характеристики сигнала в аналоговых цепях телефона. Как правило, генерация DTMF сигнала в телефоне осуществляется специализированной микросхемой и имеет практически идеальную форму. На рисунке ниже зеленым цветом показан спектр неискаженного тонального сигнала. В нем амплитуда верхней гармоники больше нижней на 2 db. После прохождения аналоговых цепей телефона, спектр сигнала меняется и соотношение гармоник зависит от завала частотной характеристики этих цепей. Красным цветом нарисована АЧХ цепей телефона, черным – результирующая амплитуда гармоник на линии FXS. Чаще всего причина завала АЧХ – недостаточная емкость разделительных конденсаторов в тракте сигнала.



Если завал АЧХ достаточно большой, тональная посылка не проходит стадию 4 фильтра и отбрасывается как шум. Например, если нижняя гармоника выходит за границу 4 дб, сигнал не распознается. Особенность данных искажений такая, что они практически не заметны на слух. Речь и сам тональный набор на слух воспринимаются чисто и громко. Другая особенность – искажения АЧХ могут суммироваться. При наличии в тракте сигнала нескольких переходов FXO-FXS, завал АЧХ может увеличиться, что в на каком-то из переходов приведет к сбою распознавания тональной посылки.

Напрашивается вопрос – а не вносят ли искажения аналоговые цепи самого банка каналов? Проведенные измерения показали, что не вносят. Нелинейность АЧХ FXS интерфейса не превышает 1 db в рабочем диапазоне частот и не может вносить решающий вклад в описанный эффект.

Почему же один и тот же телефон может работать в другой АТС и не работать в банке каналов? С учетом описанных явлений, можно предположить следующие причины.

1. АТС использует аппаратную фильтрацию тональных сигналов. Критерий отбора «правильных» тональных посылок может немного отличаться в пользу успешного распознавания.
2. В силу случайности, АТС может иметь неравномерность АЧХ, слегка корректирующую АЧХ телефона. Надежным получившееся распознавание тонов не назовешь, но ваш телефон вдруг заработает.
3. Если распознавание идет «на грани», влияние может иметь даже длина линии, к которой подключен телефон. Длинная линия больше заваливает верхние частоты, что несколько скорректирует график, изображенный на рисунке.

Как всегда, хочется найти, кто же виноват. Плохое распознавание тонов в Asterisk? Некачественные китайские телефоны? Мы считаем, что не то и не другое. Фильтр DTMF в Asterisk реализован грамотно, но имеет строгие критерии отбора «правильных» посылок. В силу статистического разброса параметров, не все телефоны этим критериям удовлетворяют.

И здесь самое время вспомнить параметр `relaxdtmf`. Если параметр установлен при конфигурации Asterisk, то на стадии 4 фильтрации сравнение мощности гармоник будет уже не с коэффициентом 2.5, а с коэффициентом 4. Это позволяет гармоникам в тональной посылке отличаться на 6 db. Таким образом, даже при наличии искажений АЧХ, тональная посылка будет распознаваться.