

Простой комплекс оборудования для приёма DRM

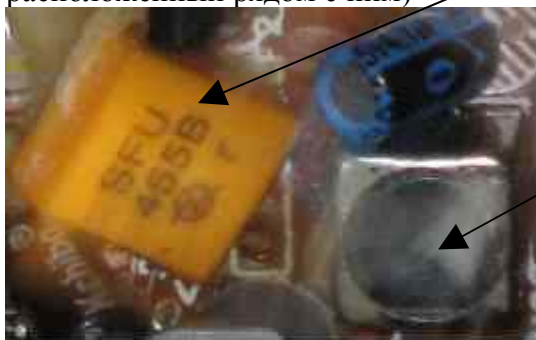
Чтобы приобщиться к цифровой революции в эфире я разработал небольшой комплекс оборудования для приёма DRM.

1. Готовый переносной приёмник, оснащаемый гнездом для подключения внешней магнитной антенны и гнездом выхода ПЧ 455кГц или 12кГц
2. Конвертер частот 455/12 кГц
- 3.. Магнитные антенны

Приёмник

В принципе, для приёма DRM, может быть использован любой приёмник, имеющий диапазоны КВ и СВ. Для нашего случая разду ставлю условие. Это будет не старинный Океан или Спидола, Ишим и т.п.. и не навороченный переносной приёмник.

Это недорогой современный приёмник с цифровым отображением частоты и ФПЧ выполненном на керамическом резонаторе (резонатору помогает LC фильтр расположенный рядом с ним)



Резонатор имеет три ножки, одна из них идёт к микросхеме, *с неё и будет взят сигнал промежуточной частоты, другого места нет.* Полоса пропускания такого фильтра составляет около 20 кГц, затухание на частотах среза около 50дБ. Снижение затухания за частотами среза резонатора компенсируется LC фильтром. В приёмниках китайского производства обычно используется резонатор SFU455B, имеющий среднюю частоту полосы пропускания 462 кГц (такие характеристики ФПЧ подходят для приёма сигналов DRM и переноса спектра на 12 кГц)

Приёмник обычно выполнен на одной микросхеме, имеющей неплохие характеристики. Её уровень собственных шумов заметно ниже чем, допустим, у K174XA2..

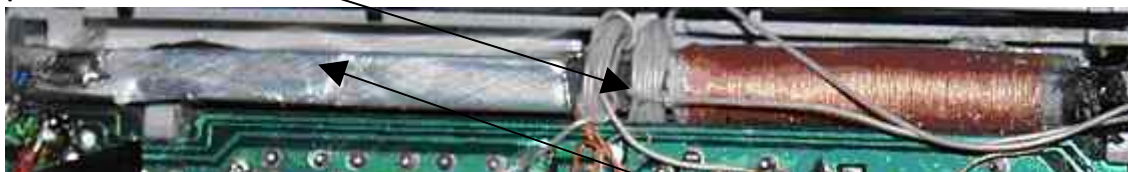
Гетеродин перестраивается с помощью КПЕ. Поэтому стабильность его частоты, в основном, зависит от механических свойств верньерного устройства. Лучше приобрести приёмник с червячной конструкцией верньера, она мягче в настройке и хорошо сохраняет установленную частоту.

. Частота настройки отображается на ЖК дисплее с точностью 10 кГц. (на КВ)

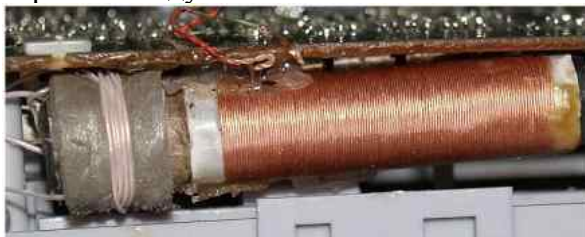
Чувствительность таких приёмников на КВ - 40мкВ/м и на СВ – 5мВ/м

Питание обычно 3В, у моделей больших размеров, может быть 4,5В.

Потребуется оснащение приёмника гнездом для подключения внешней магнитной антенны. Для этого на стержне встроенной магнитной антенны наматываются обмотки согласующего трансформатора (две по 10 витков, изолированным проводом 0,5- 0,7 мм)



Свободную часть магнитной антенны желательно экранировать незамкнутым витком алюминиевой или медной фольги(расстояние от края фольги до обмотки МА должно быть не менее 0,5 см). В зависимости от размеров стержня, обмотки могут быть выполнены поверх экрана и одна поверх другой(для уменьшения емкостной связи между обмотками и экраном следует намотать несколько слоёв изоляции ,скотча и т.п.).



В качестве гнезда внешней антенны лучше использовать разъёмы типа «тюльпан»(как в видеоаппаратуре)

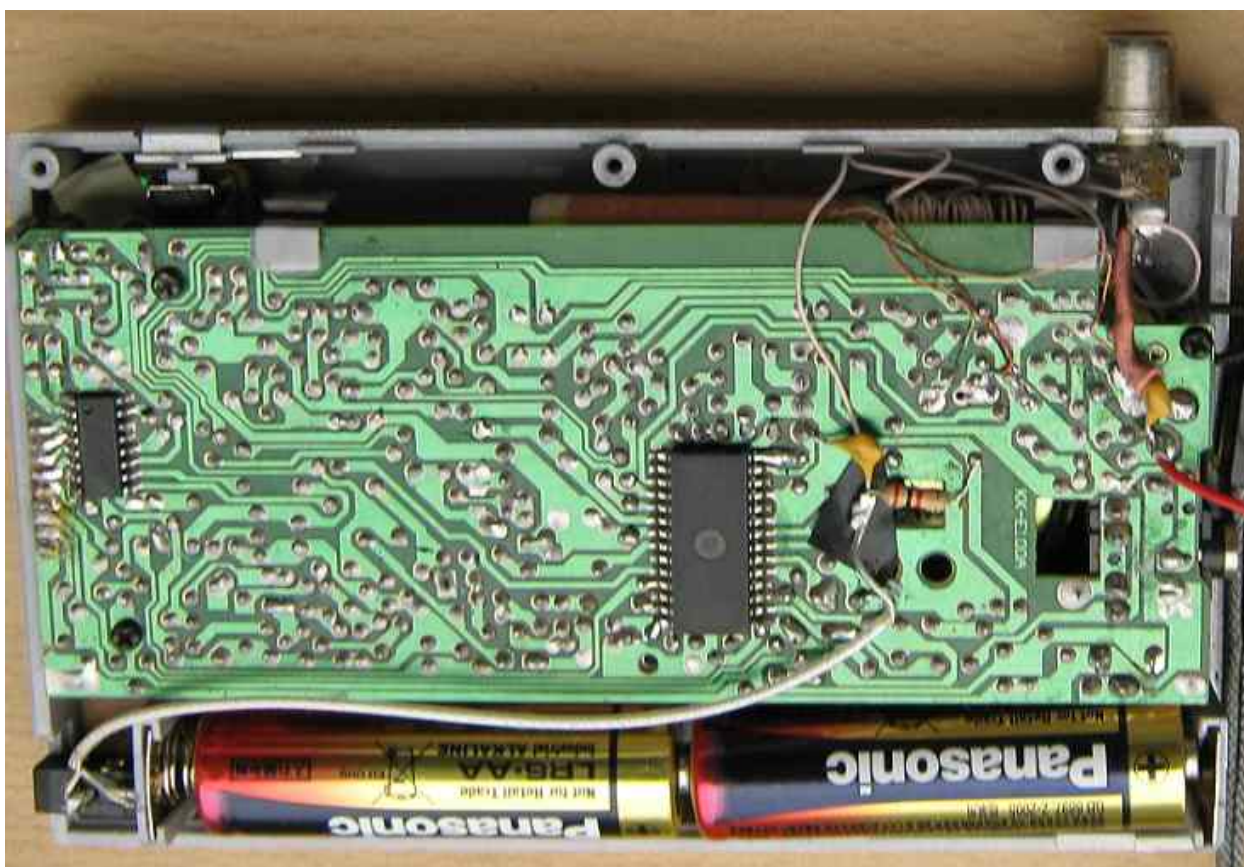


Если размеры приёмника позволяют, то конвертер может быть встроен внутрь. Так же возможна его выносная конструкция



Выносная конструкция может подключаться к другим приёмникам, доработанным гнездом IF 462 (455)кГц.

Доработка приёмника под выносной конвертер показана на рисунке.



Здесь в корпус встроены гнезда внешней антенны и выхода ПЧ 455кГц. Резистор и конденсаторы припаяны поверх монтажа, в местах возможного прикосновения подложены кусочки изолянты.

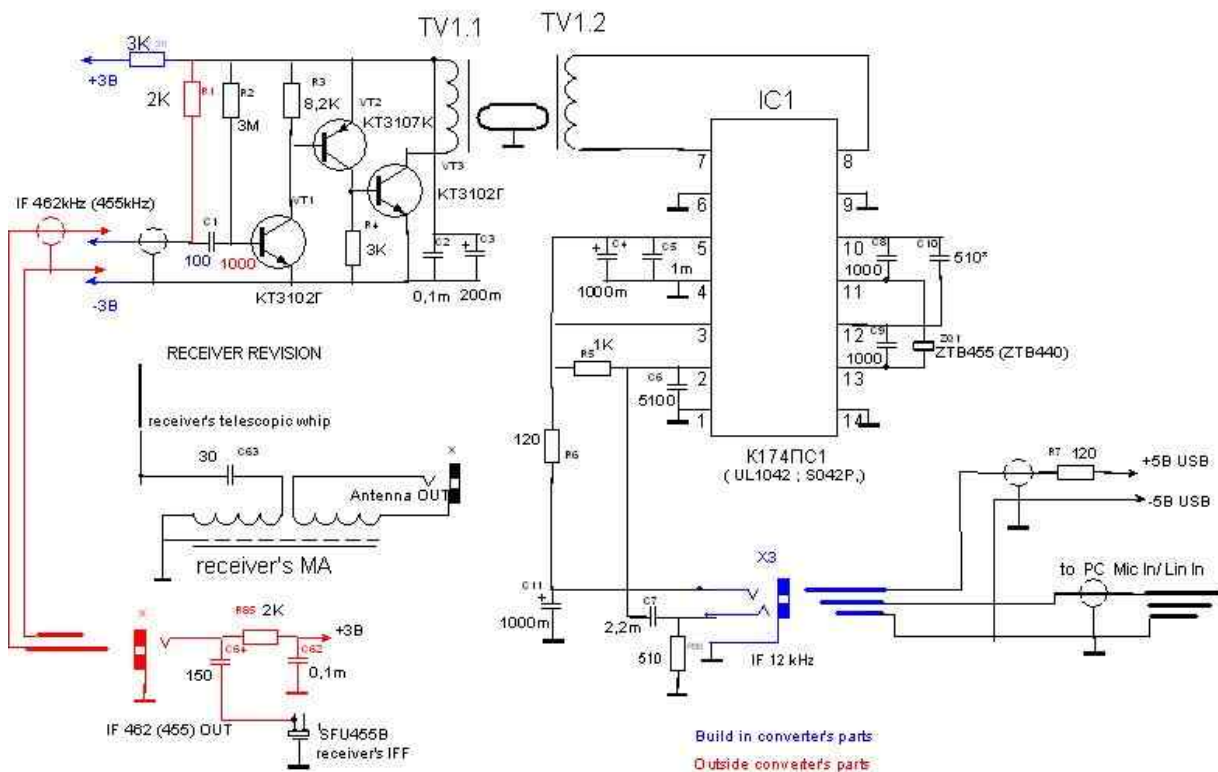
В приёмниках с цифровой шкалой питание обычно подключается транзисторными ключами. Поэтому на плате приёмника надо найти точку, где +3(+4,5)В появляется при включении. (после обнаружения, эту точку лучше проверить на обеспечение тока, кратковременно подключившись тестером включенным на 200mA.)

Схема конвертера,

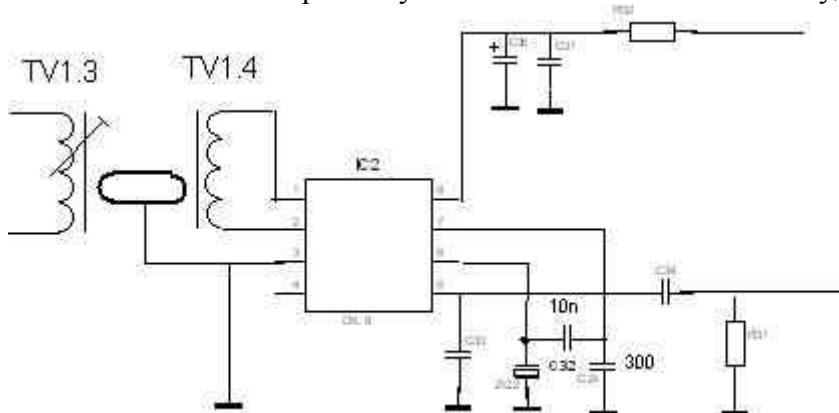
Схема содержит УПЧ на трёх транзисторах (для начала, рекомендую выполнить его на транзисторах KT315- T1 и T3 , KT361 – T2, R2=300кОм, а потом по необходимости заменить их. Я живу далеко, поэтому делал большое усиление), развязывающий трансформатор, балансный модулятор на МС K174ПC1. Питание УПЧ осуществляется от батареи приёмника. Питание микросхемы от USB порта компьютера. Выход ПЧ 12 кГц подаётся на микрофонный вход звуковой карты компьютера. Схема может быть встроена внутрь приёмника. В этом случае элементы отмеченные красным цветом исключаются.

В выносном варианте схемы, исключаются элементы, отмеченные синим цветом

Converter 462(455) /12 kHz for DRM receiving V. Boyko



Можно заменить микросхему K174ПC1 на SA612AN это будет выглядеть так



При встраивании конвертера внутрь приёмника, плату лучше изготовить по выбранному месту установки, при этом расстояние между элементами генератора(на схеме они справа

от микросхемы) и платой приёмника должно быть не менее 3-5 см. Если получается меньше, лучше сделать выносную конструкцию конвертера.

Выносной конвертер собирается на монтажной плате 12х 120мм (5 рядов отверстий) отверстия для крепления кабелей, ввода их экранированных концов и ввода концов петли связывающей кольца развязывающего трансформатора, рассверливаются сверлом Φ 1.2мм.

Развязывающий трансформатор выполнен на двух ферритовых кольцах 8х4х2. Первая обмотка- 60 витков провода ПЭЛ 0,2мм Вторая обмотка – 20 витков. Кольца объединены витком провода Φ 1,2мм, место пайки витка заземляется. В середины колец вставлены втулки из стержня от авторучки.



Частота генератора задаётся керамическим резонатором ZTB(CRB) 455(для приёмников с SFU455 имеющим ПЧ 462кГц) или ZTB(CRB) 440(465) (для приёмников имеющих ПЧ 455кГц/ Проверить её наличие и значение можно настроив приёмник на вторую гармонику -900 кГц. Если поднести конвертер к магнитной антенне приёмника, появится писк.

. Вот как выглядит собранный конвертер сделанный по схеме близкой к этой, опубликованной в журнале Радио №7 2008

(Фото конвертера собранного по этой схеме у меня нет, и я сейчас работаю над другой схемой)



В законченном виде выносной конвертер может выглядеть так. Для внешних связей использован экранированный кабель.(можно тонкий антенный кабель)



Ещё две конструкции конвертеров, значительно отличающиеся схемно от приведённой, можно посмотреть в Радиолюбители №6 2008 и в Радиолюбитель №4 2008.

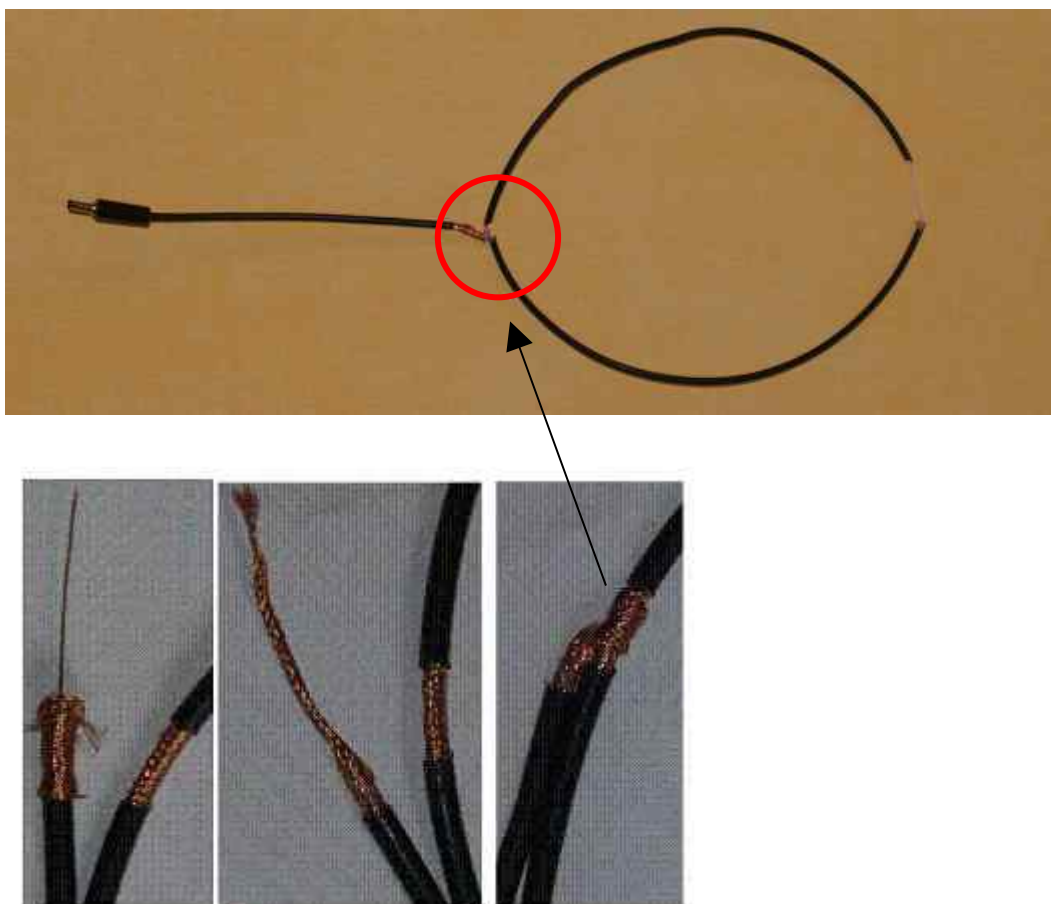
Я специально не ссылаюсь на какую либо конкретную модель приёмника, чтобы не озадачивать поиском желающих повторить. Конвертер будет работать с любым переносным приёмником. Кстати, на фото с доработкой – Hyundai 1613 PLL, но начинать с такого приёмника я не рекомендую. Шаг перестройки 5 кГц не позволяет точно настроиться.

Схема не требует настройки. Главное собрать правильно. Отклонение частоты генератора конвертера может составлять 1-2 кГц.

Проблемы могут возникнуть, если будете приспособлять его к какому-нибудь раритету или пытаться использовать что-то вместо керамических резонаторов. В моём городе эти резонаторы продаются во всех магазинах по 7р.!

Антенны

Побродив по Интернету, испытал несколько конструкций, я остановился на варианте широкополосной магнитной антенны, модель которой на фото.



Антенна представляет собой петлю, выполненную коаксиальным кабелем РК- 75 . В середине петли, на ширину 2 см , снимается изоляция и обрезается экранная оплётка. В месте замыкания петли , осторожно, не нарушая целостности экранной оплётки , снимается 2 см внешней изоляции. Конец кабеля зачищается на длину 5 см, изоляция с центральной жилы тоже снимается. Соединённые вместе центральная жила и экранная оплётка .плотно наматываются поверх экрана, в месте замыкания петли.

Минимумы в диаграмме направленности антенны находятся в направлениях, перпендикулярных плоскости антенны. Антенна предназначена для приёма станций со слабым и средним уровнями сигналов в диапазонах КВ и СВ..

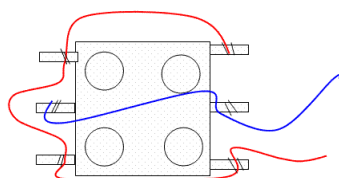
Периметр петли, выполненной мною на балконе, составляет 9 м, длина соединительного фидера около 8 м. Антенна может иметь форму квадрата или ромба. Желательно, чтобы кабель петли находился подальше от железобетонных конструкций. Кабель фидера я пробросил снаружи дома, чтоб не опутывать квартиру. Позже такую же антенну я разместил на чердаке своей пятиэтажки.

Если нет возможности сделать широкополосную на балконе, делайте резонансную на подоконнике! На фото показаны две антенны, КВ и СВ
КВ антенна выполнена из сантехнической металлопластиковой трубы Φ 16мм длиной 3м. Петля связи проводом 1мм и размещена внутри трубы.





Антенна настраивается КПЕ от переносного приёмника, секции которого соединяются следующим образом.



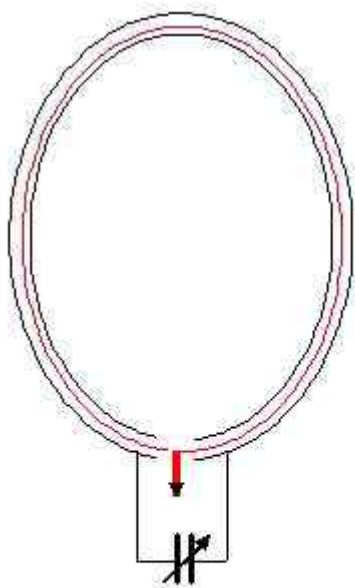


Рис. 1

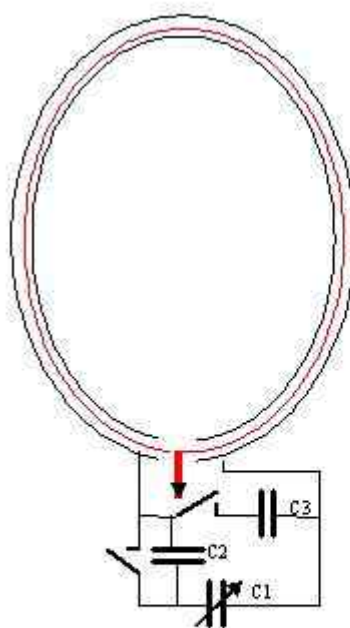


Рис. 2

КВ антенну сначала надо собрать по схеме приведённой на Рис.1(Петля связи показана красным цветом). Поработав с антенной, определив диапазон перекрываемых частот(он в пределах 22- 3,5МГц) можно сделать одну или две доработки.

1. Растянуть диапазон перекрытия верхних частот, добавив конденсатор С1(25-75 пФ) и выключатель
2. Расширить диапазон перекрываемый рамкой в сторону низких частот, добавив конденсатор С3(150-300пФ) и выключатель.

СВ антенна выполнена многожильным электрическим проводом Φ 0,5мм .Витки помещены в желобках (кабель- каналах) 16x16 мм , 4шт по1м.

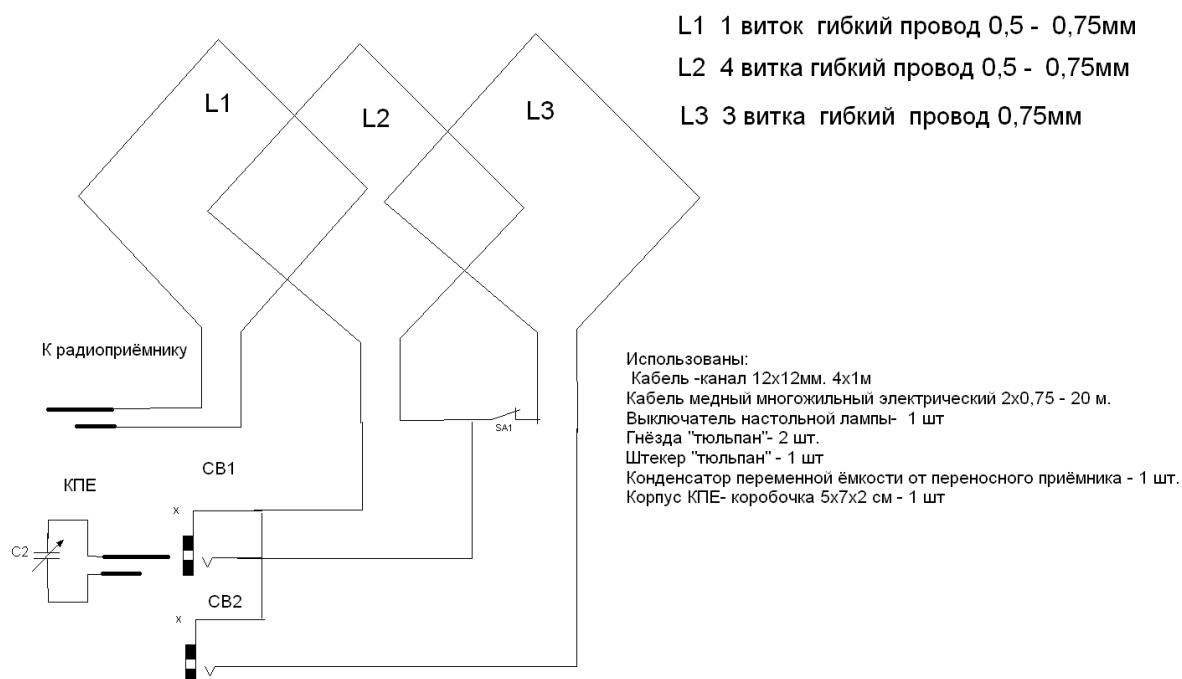
Антенна имеет два поддиапазона СВ (из-за компактности конструкции очень большая межвитковая ёмкость). Перестраивается с помощью КПЕ от переносного приёмника.

Конструкция складная





Схема СВ (MW) комнатной складной магнитной рамочной антенны



Рекомендации по изготовлению антенны

Кабель нарезается отрезками 8,5м; 4,5 м; 6 м;

Из отрезка 8,5 м в желобках выкладывается 2 витка кабеля, 2 провода которого образуют 4 витка L2.

Условимся, что начала витков у нас будут выходить слева, а концы справа. Начало одного провода пойдёт на гнездо СВ1 и на гнездо СВ2, его конец соединяем с началом второго провода отрезка. Конец второго провода отрезка пойдёт на второй вывод гнезда СВ1 и к выключателю.

Выкладываем второй отрезок кабеля 4,5 м. Начало его первого провода пойдёт на второй вывод выключателя. Конец первого провода соединяется с началом второго провода.

Конец второго провода этого отрезка пойдёт к началу первого провода оставшегося отрезка 6 м, конец первого провода отрезка 6 м выводится на гнездо СВ2. Так организуются витки катушки L3. Из второго провода этого отрезка изготавливается петля

связи L1 . Из оставшейся длины отрезка 6 м изготавливается вывод петли связи, который распаивается на разъём, который будет подключаться к гнезду внешней антенны приёмника..

Конструкция оказалась не очень удобной в эксплуатации. Чтобы исключить второе гнездо для подключения КПЕ, надо будет поменять выключатель на двухпроводный переключатель и немного изменить схему антенны.

Подключение к компьютеру и работа с программой

Для обработки сигналов конвертера рекомендую подключить его к «штатной встроенной звуковой карте компьютера и использовать программный приёмник Dream DRM Receiver, версии 1.6.25, которую можно скачать на <http://sourceforge.net>. Выход конвертера включаем на вход Line In или Mic In звуковой карты (некоторые карты не имеют входа Line In).

Теперь активизируем карту, для работы с программой:

«Пуск», «Панель управления», «Звуки и аудиоустройства», «Дополнительно», в окне Volume Control **выключаем** кнопку входа, в который включен наш конвертер, «Параметры», «Свойства», выбираем кнопку «Запись» и регуляторы уровня которые следует отображать, «ОК», открывается окошко «Recording Control», проверяем: включен ли вход, к которому мы подключились и выставляем движок уровня на максимум. Загружаем Dream.exe. Открывается Главное окно приёмника. Делаем установки в Sound In, Sound Out.

Программа реализует два приёмника : AM(analog) и New DRM Acquisition.

Включаем приёмник AM

Приёмник предназначен для приёма:

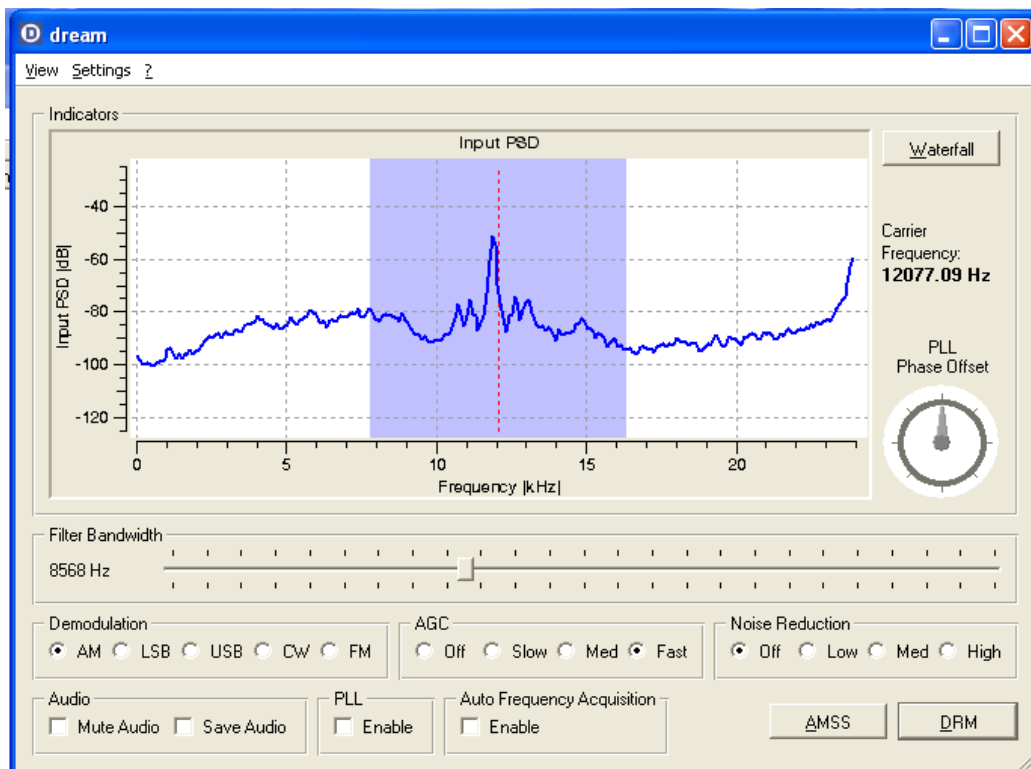
AM - амплитудно - модулированные сигналы с двумя боковыми полосами (в том числе и обычные вещательные станции).

LSB и USB - варианты однополосных (SSB) сигналов : в нижней полосе и верхней полосе частот соответственно.

CW и FM - узкополосные амплитудно –модулированные и частотно - модулированные сигналы соответственно.(для тех, кто знает азбуку Морзе).

AMSS- сигнальная система добавляющая низкоскоростную цифровую информацию к передаваемому аналоговому AM сигналу, способом похожим на RDS

Приёмник имеет хороший анализатор спектра, который может отображать спектральную плотность мощности сигнала (PSD) измеренную в децибелах



AGC – ступенчатое переключение глубины автоматической регулировки усиления сигнала

Filter Bandwidth - плавная регулировка ширины принимаемой полосы частот.

Noise Reduction – система шумоподавления.

Auto Frequency Acquisition – автоматический выбор (захват) несущей частоты.

(перемещая курсором вертикальную красную линию, отмечающую место несущей в спектре, это можно сделать вручную).

PLL – система захвата фазы несущей.

Приёмник имеет достаточно эффективные, не регулируемые, системы АРУ и АПЧ.

Принимая обычные вещательные станции в режиме AM, Вы почувствуете возможности и особенности программы, понаблюдаете эфир и прохождение сигналов. Оцените качество приёмника!

Переходим к приёму сигналов DRM

В главном окне, которое появляется при включении приёмника, отображается служебная информация. С правой стороны находятся шкала уровня **Input Level**: Индикатор уровня показывает относительный уровень пиков входных сигналов в dB. Если уровень слишком высок, индикатор переходит от зеленого к красному цвету (этого следует избегать).

В составе DRM сигнала имеется три информационных канала.

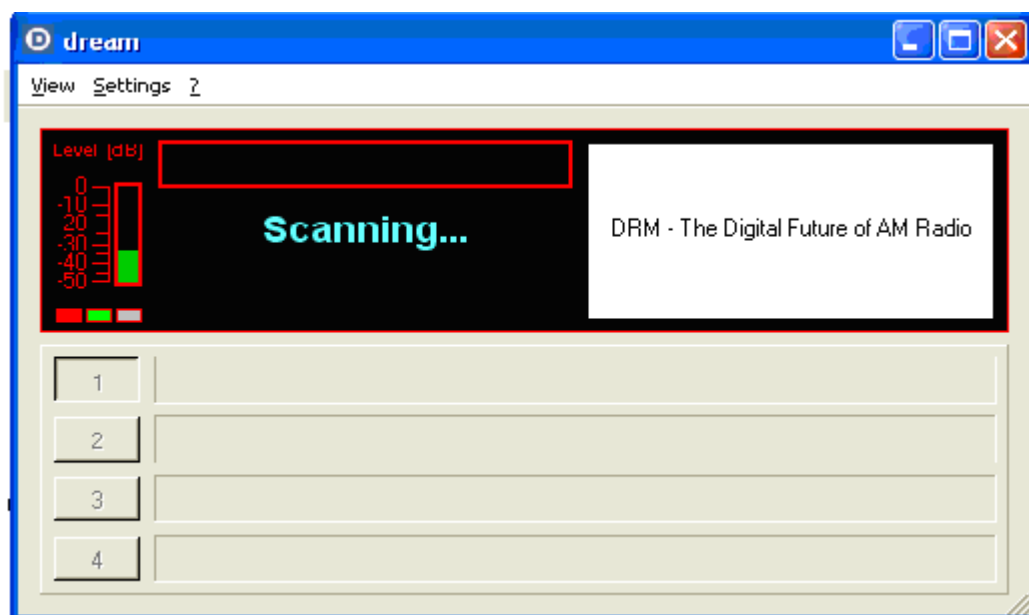
FAC – канал быстрого доступа, в котором передаётся информация о том в какой из модификаций передаётся сигнал (A, B, C, D)

SDC – канал описания сервисов. Передаёт лэйбл станции, информацию о формате передаваемых аудио и информационных программ.

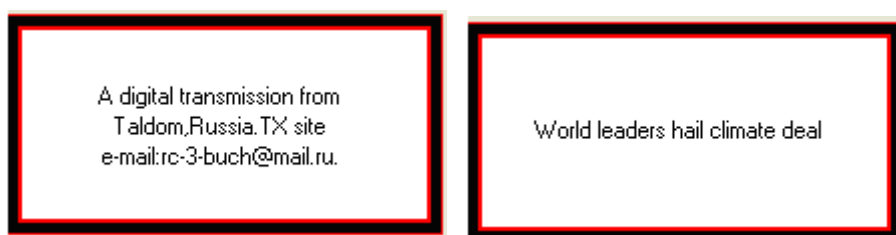
MSC – главный канал сервисов. Содержит собственно данные: аудио и информационных программ

Три LED отображают статус каналов FAC, SDC и MSC

Внизу главного окна имеется четыре кнопки выбора принимаемых программ.



Справа в главном окне, обычно, помещаются комментарии к транслируемым программам



Ниже я привёл примеры отображения служебной информации при приёме сигналов DRM:

- с разной скоростью передачи информации: 16,56; 8,18; 17,10 кбит/сек.
- с разными протоколами сжатия звуковой информации: EEP ACC+ mono, EEP celp mono, EEP ACC+ P- Stereo (параметрическое стерео).
- с разным количеством сервисов (программ аудио и др.).

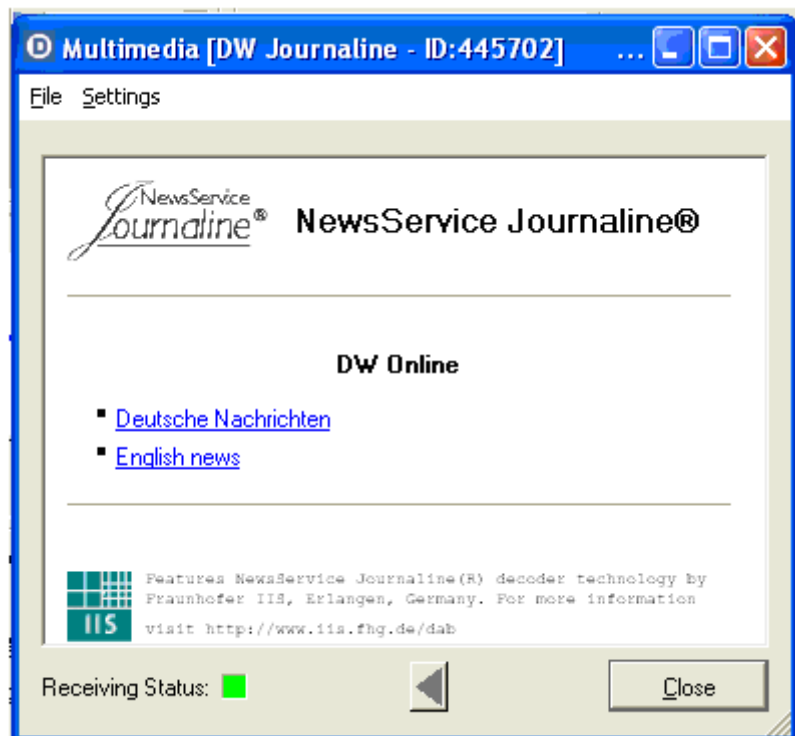
В последнем случае передаётся две речевые программы и «Журналина».

Сокращение AFS означает, что программа дублируется на других частотах. (Используя эту опцию, DRM приёмник, при ухудшении качества сигнала, может перейти на альтернативную частоту.)

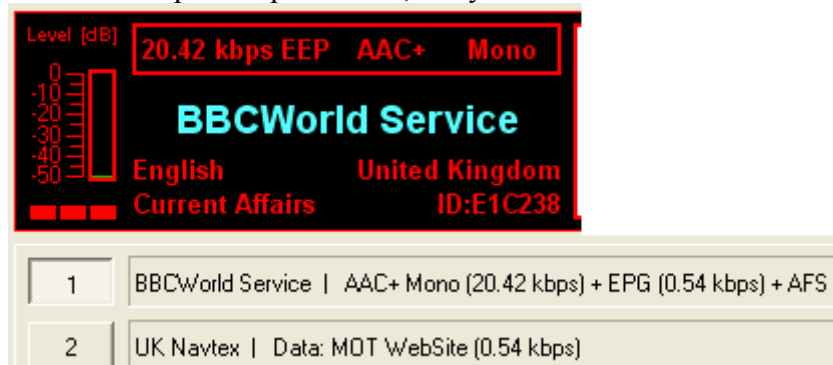




Если включить кнопку Журналины, открывается окно Multimedia, в котором можно просмотреть текстовую информацию.

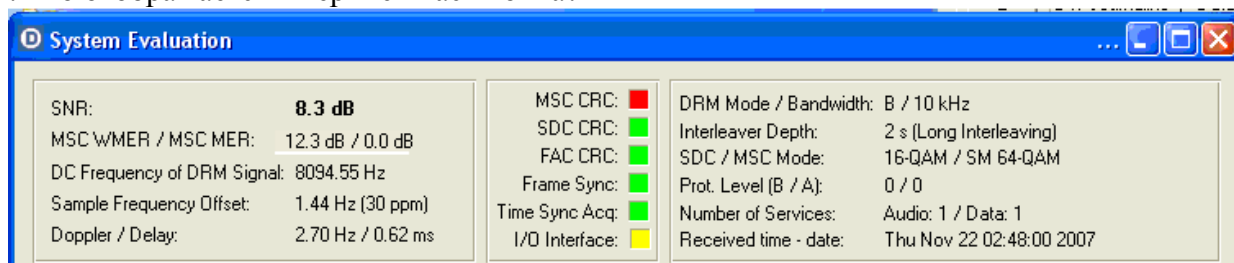


Возможен просмотр слайдов, полученных в составе сигнала DRM.



(слайд из тестового файла)

Для оценки сигнала используется окно System Evaluation.
. Что отображается в верхней части окна?



SNR – соотношение сигнал/шум для канала FAC. (Под шумом понимается, всё, что не является полезной составляющей сигнала.) Этот показатель базируется на анализе ячеек канала FAC и не всегда отражает возможность декодирования сигнала.

MSC WMER /MSC MER – соотношение сигнал/шум для канала MSC.

MER отображает отношение мощности сигнала к мощности шума в канале MSC
WMER - взвешенное значение MER

DC Frequency of DRM Signal – местоположение несущей постоянной составляющей DRM сигнала в спектре звуковой карты

Sample Frequency Offset – Разница между частотами дискретизации звуковой карты и принимаемого сигнала

Doppler/ Delay –Доплеровская частота - показывает как быстро канал меняется во времени (чем выше частота – тем быстрее) /Общая задержка спектра PSD.

I/O Interface – показывает состояние звуковой карты. Жёлтый цвет означает переполнение и необходимость корректировки её буфера, выражающейся щелчком, который может быть слышен при воспроизведении звука. Красный показывает потерю синхронизации.

Time Sync Acq - зелёный цвет показывает наличие временной синхронизации сигнала и приёмника.

Frame Sync - зелёный цвет показывает наличие синхронизации кадров (фреймов)

FAC CRC – контроль избыточности цикла (видимо, означает проверку контрольных сумм)канала быстрого доступа

SDC CRC – контроль избыточности цикла канала описания сервисов.

MSC CRC – контроль избыточности цикла главного канала сервисов

DRM mode/Bandwidth - модификация сигнала(A,B,C,D)/ ширина передаваемой полосы частот

Interleaves Depth – «глубина» обработки сигнала.

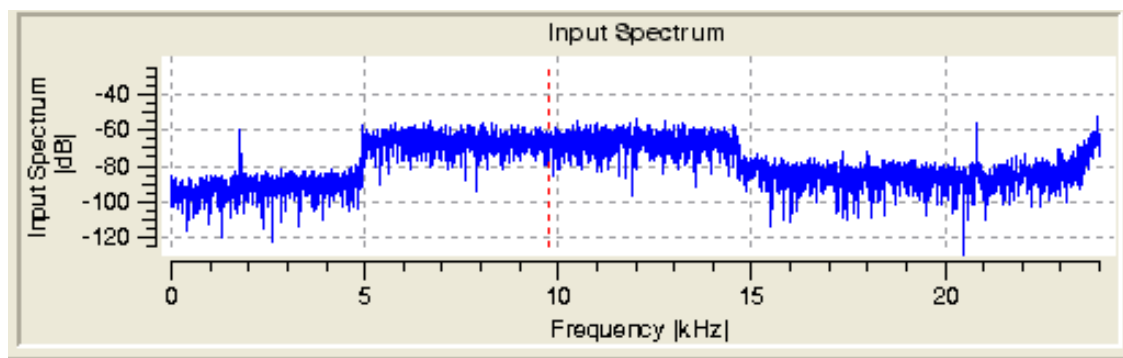
SDC/MSC mode – тип модуляции каналов SDC/MSC.

Prot. Level (A/B) – уровень защиты кодера канала от ошибок.

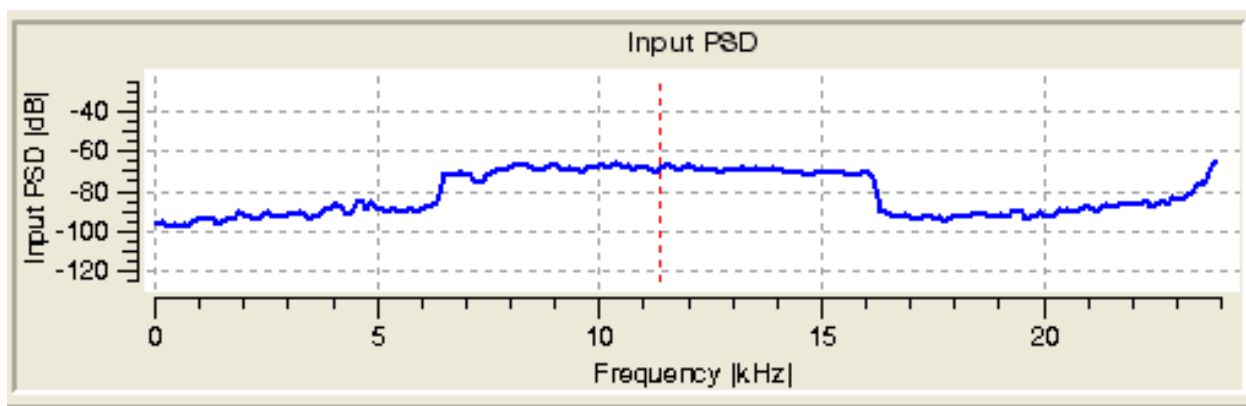
Number of Services –количество программ (аудио и др.)

Received time/date - принятые(в составе сигнала) время и дата

Анализатор спектра может показывать **Input Spectrum** (график спектра сигнала)

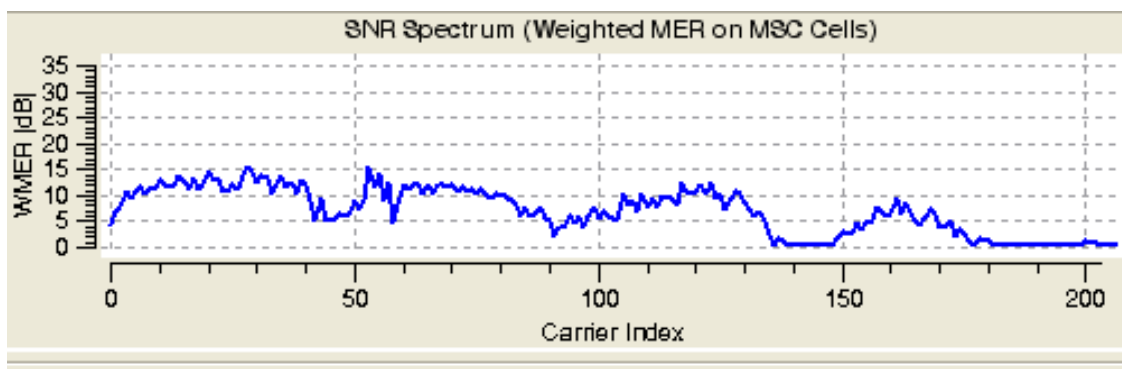


Можно переключиться на просмотр **Input PSD** (спектральная плотность мощности сигнала)



Спектр DRM сигнала - прямоугольной формы. Красная линия показывает местоположение несущей в спектре частот звуковой карты. Полноценное декодирование сигнала происходит при размещении спектра сигнала DRM в пределах частотного спектра звуковой карты.

Важнейшей характеристикой принятого сигнала DRM является SNR -соотношение сигнал/шум



На рис показан спектр SNR канала MSC не поддающийся декодированию (в принимаемом спектре присутствует сигнал аналоговой станции) Нижняя ось показывает индексы несущих в спектре принятого сигнала (200 штук!)

При низком SNR , Вы можете получить декодирование служебных каналов FAC и SDC. Для уверенного декодирования MSC рекомендуется SNR не ниже 18- 20 dB.

Из оставшихся возможностей окна System Evaluation я прокомментирую следующие:

Flip Input Spectrum - отметив эту опцию, Вы инвертируете (перевернёте) принимаемый спектр.

Для нашего случая, **это необходимо сделать**, поскольку конвертер использует для преобразования частоту (450 кГц), которая ниже несущей(462 кГц) конвертируемого спектра.

MLC: Number of Iteration – количество итераций (циклов обработки сигнала). Увеличение количества циклов может повысить SNR, и соответственно загрузку процессора. Рекомендуемое значение – 1.

Bandpass Filter - позволяет вырезать все частоты, не входящие в спектр DRM. Рекомендуется использование при наличии мощных сигналов рядом со спектром DRM

Modified Metrics - может улучшить приём при высоком уровне шума. Но при больших замираниях сигнала, применение этой опции авторами программы не рекомендуется.

Reverberation Effect – позволяет маскировать кратковременные пропадания аудио сигнала.

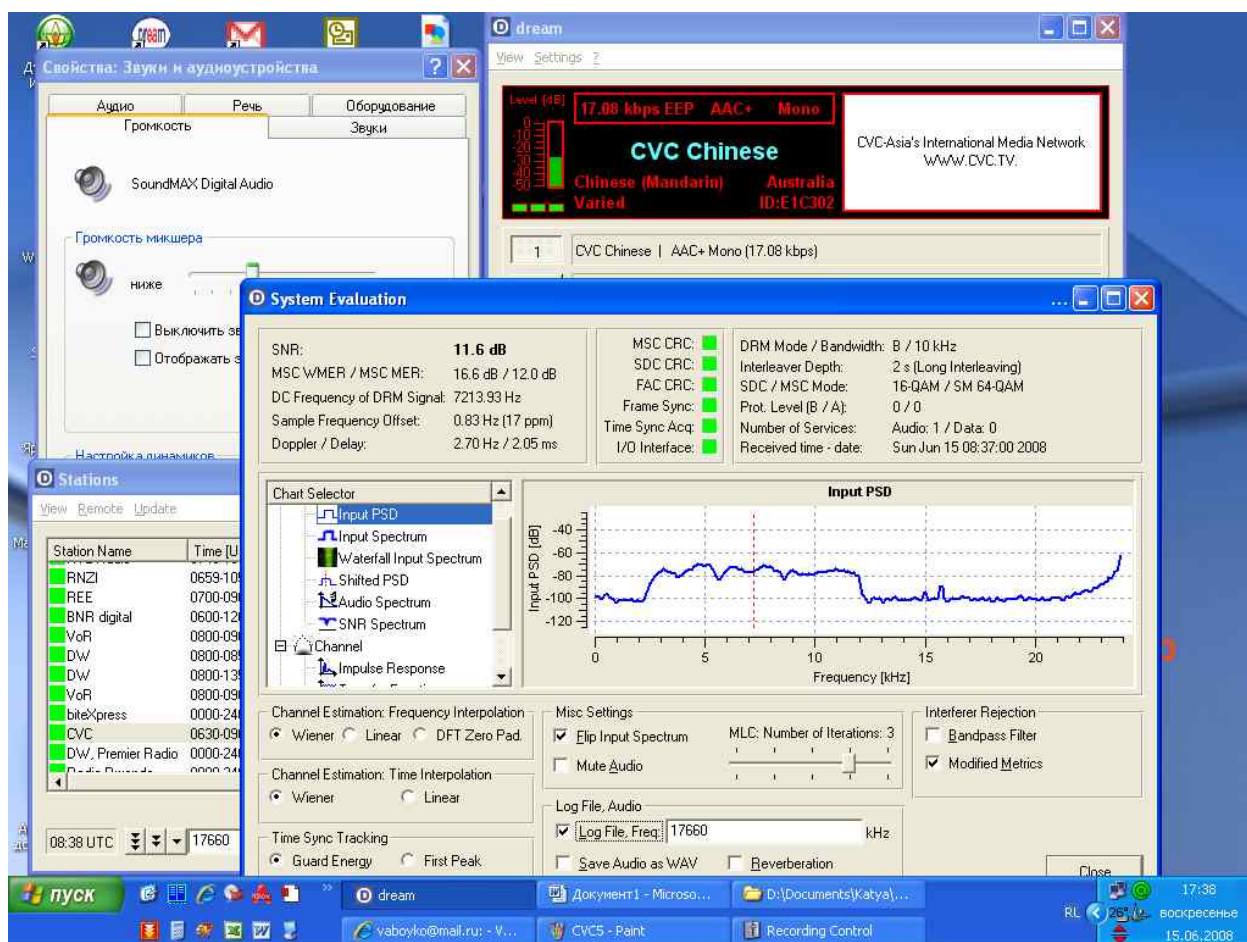
Чтобы вести прием станций DRM, в меню главного окна необходимо открыть **Station Dialog** и подключившись к Интернет, сделать **Update** сетки вещания.

Здесь Вы можете выбрать станцию(её частоту) которую хотите принять и настроить на неё радиоприёмник.

Войдя в окно Evaluation Dialog, поместите несущую DRM сигнала на 12 кГц (вращая ручку настройки приёмника), проверьте качество сигнала и процесс его декодирования.

Если по соседству работает мощная станция, то несущую можно сместить, так чтобы весь спектр сигнала DRM оставался на экране

Размещение окон приёмника на экране компьютера, рекомендую следующее:



Не забудьте **выключить** вход, к которому Вы подключились, в окне Volume Control, и включить его в окне Recording Control (Звуки и аудиоустройства). Удачи!

