

П.С. Крюков¹
В.Т. Поляков²P.S. Kryukov
V.T. PolyakovУДАЛЁННЫЙ МОНИТОРИНГ
ПРОХОЖДЕНИЯ РАДИОВОЛН
КВ-ДИАПАЗОНАREMOTE MONITORING
OF HF RADIO WAVE
PROPAGATION

В статье описано использование метода биений для ионосферных доплеровских исследований при приёме сигналов удалёнными SDR-приёмниками, имеющими выход в сеть Интернет. Преимуществом этого подхода является предельная дешевизна и простота использования, возможность анализа прохождения на удалённых трассах и оценка прогноза.

Ключевые слова: доплеровские исследования ионосферы, биения, КВ, SDR-приёмники, Интернет.

The article describes the use of a beats method for Doppler ionospheric investigation with remote SDR-receivers, having output to the Internet. The advantage of this approach is the ultimate low cost and ease of use, the ability to analyze the propagation on remote paths and estimation of the forecast.

Keywords: Doppler ionospheric investigation, beats, HF, SDR-receivers, Internet.

Мониторинг состояния ионосферы является важной стратегической и научной задачей современности, однако большинство средств его осуществления оказываются дорогостоящими и некомуникабельными. Метод биений [1], суть которого заключается в оценке разности частот несущих удалённой станции и опорного генератора, хоть и не позволяет вычислить абсолютную высоту слоя и электронную концентрацию, в отличие от метода вертикального зондирования, но, тем не менее, даёт возможность следить за процессами, происходящими в отражающем слое ионосферы – регистрировать флуктуации слоя, метеорные следы, «открытие» и «закрытие» диапазона на данной трассе и прочие особенности.

Этим методом можно получать общую картину состояния ионосферы вокруг одной точки нахождения приёмника, но для получения более точных результатов целесообразно использование нескольких разнесённых приёмников, сбор данных по сети и их централизованную обработ-

ку. Задача вполне реализуема с использованием технологии SDR через Интернет.

Online SDR-приём

В настоящее время все большее распространение получает SDR (Software-Defined Radio – Программно-определяемая радиосистема), в которой большинство функций радиоприёмника, как то: усиление, фильтрацию и демодуляцию, выполняет компьютер. SDR – это радио-, телекоммуникационная система, которая может быть настроена на произвольную полосу частот и принимать различные виды модулированного сигнала, состоящая из программируемого оборудования с программным управлением.

Отличительными достоинствами SDR являются возможность оперативного выбора параметров и широкий спектр принимаемых сигналов. Поскольку для приёма, оцифровки и обработки используется всего один кварцевый генератор, как правило, с достаточно высокой стабильностью частоты (до 10^{-8}), устраняются искажения принимаемого сигнала, вызываемые температурным дрейфом гетеродина по частоте, часто наблюдаемого в обыкновенных приёмниках при работе в режиме CW/SSB.

¹ Аспирант НОУ ВПО «Российский новый университет».

² Кандидат технических наук, профессор НОУ ВПО «Российский новый университет».

Современное развитие коммуникационных сетей позволяет передавать потоковый аудиосигнал в диапазоне 20...20000 Гц на скорости 320 кб/с и более. Это сделало доступным передачу сигнала от SDR-приёмников удалённым пользователям, а специальное программное обеспечение позволяет подключаться к одному SDR-серверу одновременно нескольким клиентским терминалам и прослушивать необходимую им полосу из принимаемого диапазона, включающего весь спектр КВ 1,6...28 МГц.

Технология получила название OnlineSDR, или WebSDR. Для прослушивания удалённых приёмников достаточно скачать специальное ПО или зайти на сайт, на котором идёт трансляция, и настроиться с помощью интерфейса на нужную частоту. Большая часть обработки принимаемого сигнала происходит программными средствами, а приёмное оборудование использует только один термостабилизированный гетеродин. Это даёт возможность приёма сигнала в режиме SSB методом биений [1]: выделением сигнала биений между несущей АМ сигнала и опорной частотой, которой в данном случае является промежуточная частота, синтезируемая программным обеспечением. Анализируя полученный сигнал, можно наблюдать за дальними трассами и на основе полученных данных составлять прогноз, используя только компьютер с высокоскоростным подключением к Интернет (более подробно метод биений описан в публикации «Метод

биений в доплеровских ионосферных наблюдениях» настоящего сборника).

Доступность данного средства мониторинга делает возможным централизованный сбор, обработку и хранение данных по прохождению радиоволн на различных трассах, а также составление прогноза. Однако большая часть станций имеет ограничение по длительности работы с ней гостевым пользователям, не имеющим прав администратора, что несколько усложняет задачу непрерывного мониторинга. Методов решения данной проблемы несколько: от написания макроса на переподключение в случае разрыва соединения до наращивания собственной сети SDR-приёмников.

Применение метода биения в OnlineSDR

Для эксперимента было использовано свободно распространяемое ПО SDR Console и Spectran. Подробная инструкция по пользованию имеется на любительских ресурсах [2] и [3] соответственно, здесь же приведём лишь краткое описание и пример принятого сигнала.

После подключения к одному из доступных приёмников необходимо найти вещательную станцию и настроиться на несколько (1...4) килогерц в стороне от сигнала несущей. Проще всего это сделать с помощью сайта [4] или справочника WRTH. Далее, выбрав режим приёма USB/LSB (см. рис. 1), удастся услышать монотонный сигнал – биения между несущей и опор-



Рис. 1. Окно программы SDR Console

ной частотой. Частоту биений можно увидеть на спектрограмме сигнала в левом нижнем углу экрана программы. Полученный аудиосигнал необходимо транслировать на ПО, способное отображать спектрограмму сигнала с высоким разрешением – Spectran. Для этого необходима промежуточная звуковая карта (реальная или виртуальная), тогда выходной сигнал программы SDR Console подаётся на её вход, и Spectran считывает сигнал с её выхода.

Важно, чтобы параметры звуковой карты были не хуже параметров принимаемого сигнала, во избежание ухудшения качества. Вполне достаточным является стереосигнал с частотой дискретизации 44 кГц и скоростью передачи 192 кб/с. После этого программу Spectran необходимо настроить на регистрацию сигнала биений. Для этого надо запустить программу кнопкой “Start” и установить настройки согласно рис. 2, настроиться на частоту биений, отображаемую на спектрограмме в SDR Console, после чего на экране будет отображаться спектр принимаемого сигнала в виде водопада (рис. 3), а в верхней части экрана – текущий спектр сигнала.

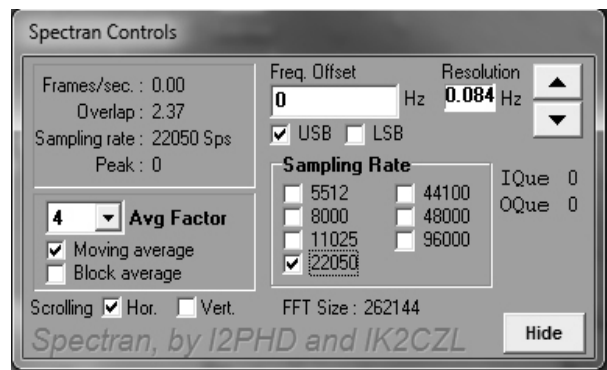


Рис. 2. Настройки Spectran

Запись осуществлялась с приёмника, находящегося в Порту, Португалия; принимаемая вещательная станция, согласно [7], – Эмирлер, Турция. Дистанция – около 5500 км, время записи – 13:24 UTC, что соответствует местному времени на долготе приёмника (рис. 4).

По полученной в ходе эксперимента спектрограмме можно выделить следующие особенности распространения сигнала:

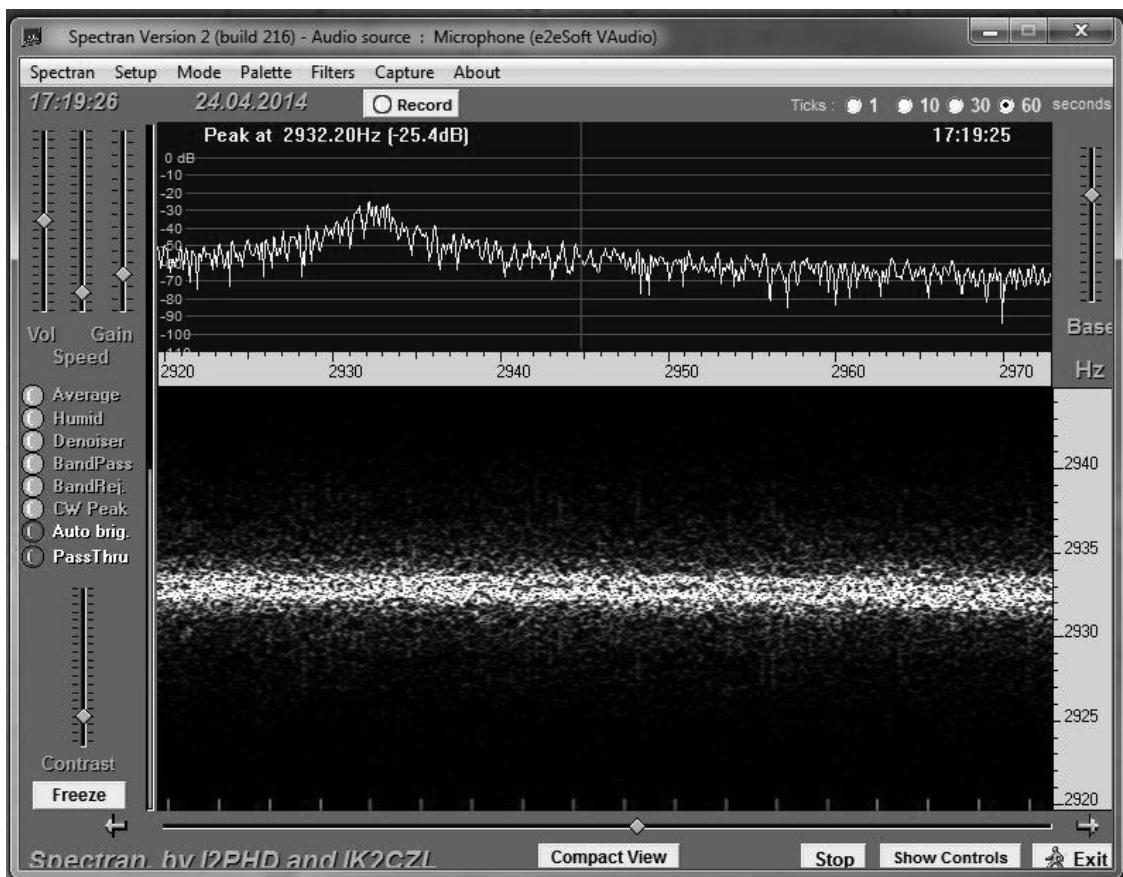


Рис. 3. Окно Spectran

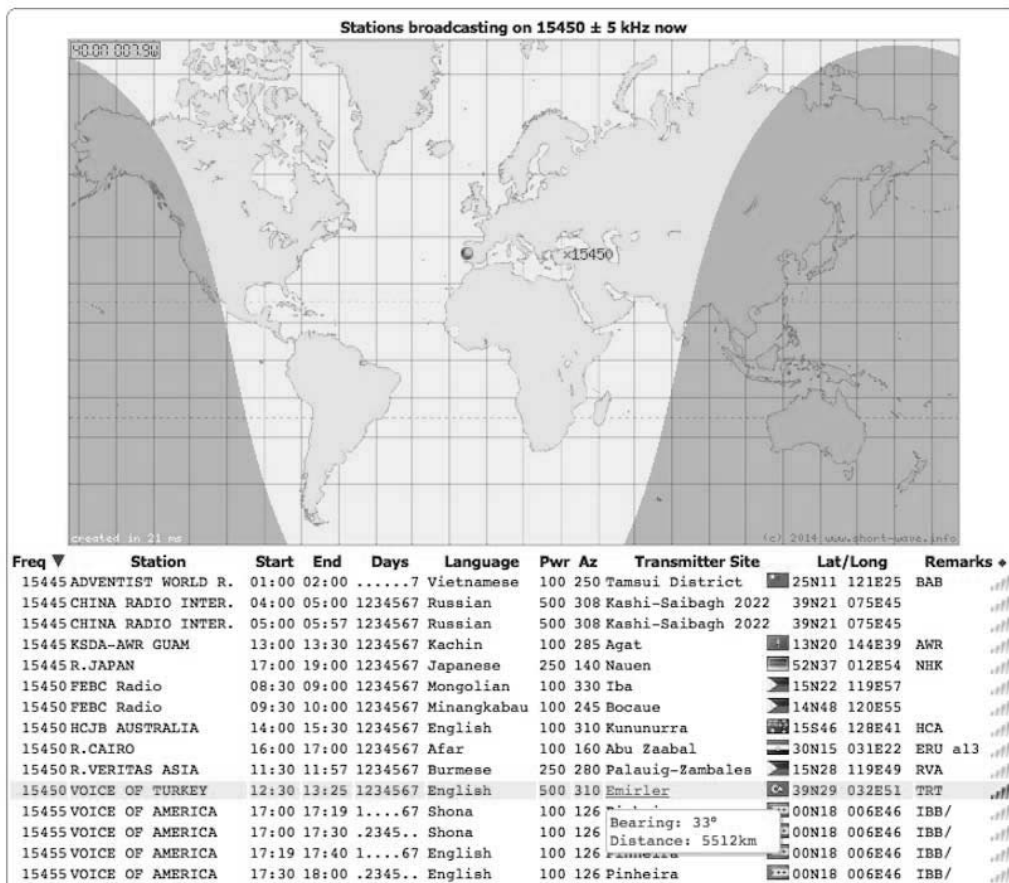


Рис. 4. Карта расположения приёмника и вещательной станции

– многолучёвость, как следствие прохождения сигнала по нескольким трассам;

– частые кратковременные флуктуации, вызванные мгновенными возмущениями в отражающем слое;

– постепенное снижение частоты принимаемого сигнала из-за движения отражающего слоя.

Таким образом, по получаемым этим способом данным можно отслеживать прохождение радиосигналов по разным трассам, составлять прогноз прохождения и отслеживать общее состояние отражающих слоёв ионосферы.

Литература

1. Крюков П.С., Поляков В.Т. Попытка создания портативной приемной КВ-установки для доплеровских ионосферных исследований // Цивилизация знаний : труды XIV Международной конференции, г. Москва, 26–27 апреля, 2013. – М. : РосНОУ, 2013.

2. ONLINE SDR CONSOLE [Электронный ресурс]: SDR – software define radio – программа определяет функции радио // URL: <http://www.rv3apm.com/sdronline.pdf> (дата обращения 03.05.2014).

3. Spectran V2 [Электронный ресурс] The Weaksignals pages of Alberto, I2PHD // URL: <http://www.sdradio.eu/weaksignals/spectran.html> (дата обращения 03.05.2014).

4. Short-wave frequency shedule : справочник по коротковолновым вещательным станциям [Электронный ресурс] // URL: <http://www.short-wave.info/> (дата обращения 03.05.2014).