

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ SDR ПРИЙМАЧІВ ЩОДО МОНІТОРИНГУ РАДІОМЕРЕЖ

У статті досліджується можливість застосування SDR приймачів для моніторингу радіомереж. Розглянуто номенклатуру SDR приймачів які є у вільному продажу. Проаналізовано технічні характеристики пристроїв різного типу та визначено сфери застосування зазначених систем.

Ключові слова: Software-Defined Radio, SDR, радіомережа, моніторинг.

Вступ

Software-Defined Radio (SDR) – система радіозв'язку, в якій програмне забезпечення використовується як для модуляції, так і для демодуляції радіосигналів. При використанні SDR персональний комп'ютер стає ядром аматорської радіостанції, завдяки чому практично весь обсяг робіт із обробки сигналу перекладається на програмне забезпечення, яке запускається на персональному комп'ютері або керує роботою деяких конкретних спеціалізованих мікропроцесорних пристроїв, призначених для обробки сигналу. Мета такого підходу – створити систему, яка може приймати і передавати практично будь-які радіосигнали за допомогою програмного забезпечення, що є гнучким і адаптивним. Враховуючи величезні можливості, які закладені в SDR, ця технологія займає панівне положення в техніці радіозв'язку (рис. 1).

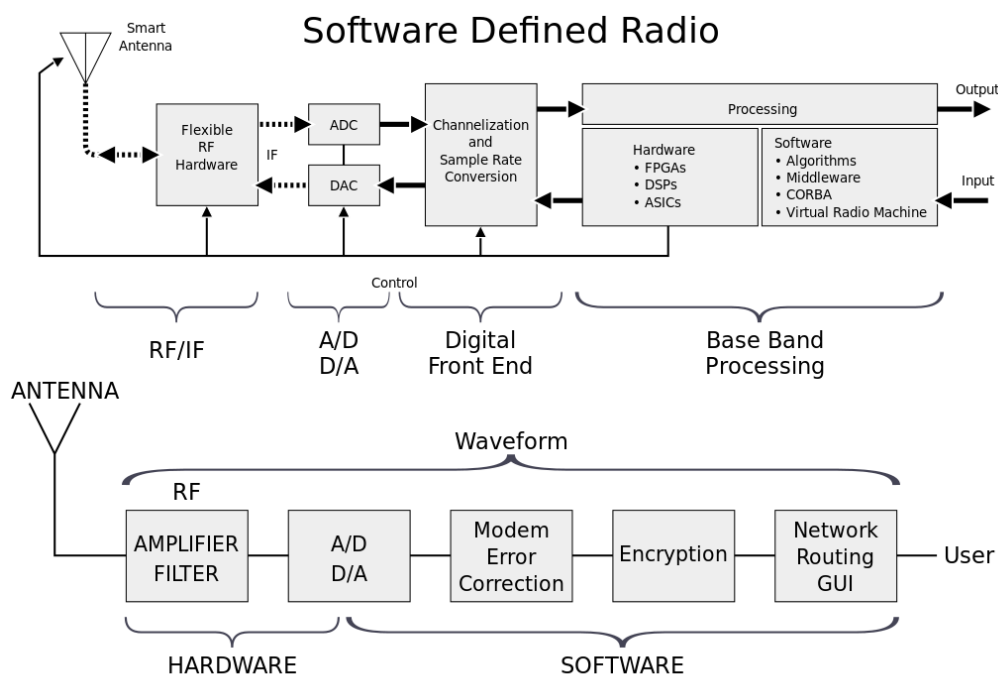


Рис. 1. Концепція Software Defined Radio

Найбільш популярні SDR приймачі

HackRF One

HackRF One від Great Scott Gadgets – це програмно визначена радіопериферія, здатна передавати або приймати радіосигнали від 1 МГц до 6 ГГц. HackRF One, розроблений для тестування та розробки сучасних радіотехнологій наступного покоління, є апаратною платформою з відкритим вихідним кодом, яку можна

використовувати як USB-периферійний пристрій або запрограмувати для автономної роботи. Основні параметри HackRF One:

- робоча частота від 1 МГц до 6 ГГц;
- напівдуплексний трансивер SDR;
- до 20 мільйонів вибірок в секунду;
- 8-бітні квадратурні вибірки (8-біт I та Q);
- сумісний із GNU Radio, SDR# тощо;
- посилення RX і TX і фільтр основної смуги, що настроюється програмно;
- живлення антени з програмним керуванням (50 мА при 3,3 В);
- гніздо антени SMA;
- вхід і вихід SMA для синхронізації;
- високошвидкісний USB 2.0;
- живлення від USB;
- обладнання з відкритим кодом.



Ubertooth One SDR

Ubertooth One – це безпроводова платформа з відкритим вихідним кодом 2,4 ГГц, яка підходить для експериментів з Bluetooth. Одна річ, яка відрізняє Ubertooth від інших платформ розробки Bluetooth, полягає в тому, що він здатний не лише надсилати та отримувати сигнали 2,4 ГГц, але також може працювати в режимі моніторингу, відстежуючи трафік Bluetooth у реальному часі. Цей режим роботи Ubertooth One був присутній у недорогих модулях WiFi протягом багатьох років і знайшов безліч застосувань у дослідженнях, розробці та аудиті безпеки, але досі не існувало такого рішення для стандарту Bluetooth. Крім того, оскільки це платформа з повністю відкритим кодом (програмне та апаратне забезпечення), схеми та код легко доступні для всіх ваших хакерських потреб.



YARD Stick One

YARD (Yet Another Radio Dongle) Stick One може передавати або приймати цифрові сигнали на частотах нижче 1 ГГц. Він використовує ту саму радіосхему, що й популярний IM-Me. Функції радіо, які можна отримати за допомогою налаштування мікропрограми IM-Me, тепер під рукою, коли ви підключаєте YARD Stick One до комп'ютера через USB. Можливості YARD Stick One:

- напівдуплексна передача та прийом;
- офіційні робочі частоти: 300-348 МГц, 391-464 МГц і 782-928 МГц;
- неофіційні робочі частоти: 281-361 МГц, 378-481 МГц і 749-962 МГц;
- модуляції: ASK, OOK, GFSK, 2-FSK, 4-FSK, MSK;
- швидкість передачі даних до 500 кбіт/с;
- повношвидкісний USB 2.0;



YARD Stick One поставляється з інстальованою мікропрограмою RfCat, люб'язно наданою Atlas. RfCat дозволяє вам керувати безпроводовим трансивером з інтерактивної

оболонки Python або вашої власної програми, запущеної на вашому комп'ютері. YARD Stick One також має встановлений завантажувач CC, тож ви можете оновити RFCat або встановити власну мікропрограму без додаткового програмного забезпечення. Антена в комплект не входить. ANT500 рекомендується як стартова антена для YARD Stick One.

KiwiSDR Kit

KiwiSDR – це SDR приймач, який охоплює короткохвильовий, довгохвильовий і АМ-діапазони мовлення, різні комунальні станції та аматорські радіопередачі по всьому світу в діапазоні від 10 кГц до 30 МГц. KiwiSDR – це спеціальна друкована плата, яку ви підключаєте до комп'ютера BeagleBone Green or BeagleBone Black. Ви просто додаєте антену, блок живлення та підключення до мережі. Програмне забезпечення поставляється на картці micro-SD. Браузер із підтримкою HTML5 і підключення до Інтернету дозволять вам слухати KiwiSDR у будь-якій точці світу. Одну радіостанцію можуть слухати до чотирьох осіб одночасно – кожен слухач налаштовується самостійно.



Особливості KiwiSDR:

- браузерний інтерфейс із чотирма одночасними підключеннями користувачів;
- кожне підключення налаштовує незалежний канал приймача по всьому спектру;
- водоспад налаштовується незалежно від звуку і включає масштабування та панорамування;
- багатоканальний паралельний DDC з використанням СІС-фільтрів, оптимізованих за бітовою шириною;
- хороша продуктивність на VLF/LF, особливо для моніторингу цих частот;
- автоматичне калібрування частоти за допомогою отриманого часу GPS;
- інтерфейс розширення для додавання декодерів і утиліт.

NESDR Mini 2 +

NESDR Mini 2+ налаштований на використання SDR, включаючи високоточний кристал TCXO японського виробництва з рейтингом GPS 0,5 PPM; перероблений блок живлення, відповідний РЧ; і покращені конденсатори та котушки індуктивності порівняно зі звичайними пристроями. Споживання електроенергії було зменшено, одночасно покращивши чутливість і знизивши рівень шуму.

Високоякісна телескопічна антена та сильна магнітна основа для кріплення на присоску включені безкоштовно, щоб полегшити широкий вибір варіантів кріплення антени. Для тих, хто бажає під'єднати антени SMA до NESDR Mini 2+, надається безкоштовний адаптер SMA.

Ідеальний недорогий пристрій для вивчення SDR. Можна досліджувати аматорське радіо, ADS-B, поліцейські та протипожежні системи, транкінг, супутникові зображення – та багато інших сигналів.



NESDR Nano 2+

NESDR Nano 2+ розроблено компанією NooElec спеціально для програм SDR. Корпус також був перероблений, щоб допомогти підтримувати нижчі температури, ніж у попереднього покоління. Маленькі розміри (24 мм x 21 мм x 8 мм) та цілодобовий режим роботи роблять Nano 2+ ідеальним для вбудованих програм. Nano 2+ містить новий спеціальний TCXO, виготовлений ексклюзивно для NooElec. Важливі технічні характеристики TCXO:

- стабільність частоти: 0,5 PPM (макс.);
- фазовий шум при зсуві 1 кГц: -138 дБн/Гц;
- фазовий шум при 10 кГц: -150 дБн/Гц;
- фазовий шум при 100 кГц: -152 дБн/Гц.

Повна сумісність популярних пакетами програмного забезпечення SDR, таких як Matlab, HSDR, SDR Touch, Planepplotter, SDR# та ін.

**RTL-SDR Blog R820T2 RTL2832U 1PPM TCXO**

Це радіоприймач RTL-SDR з мікросхемою АЦП RTL2832U, TCXO 1PPM, роз'ємом SMA F, тюнером R820T2 і алюмінієвим корпусом з пасивним охолодженням. Налаштовується від 500 кГц до 1,7 ГГц із миттєвою пропускною здатністю до 3,2 МГц (2,4 МГц стабільно). (ВЧ-режим працює в режимі прямої вибірки – для моделі V3 і вище). Ідеально підходить для використання як комп'ютерний радіосканер із безкоштовним програмним забезпеченням, таким як SDR#, HSDR, SDR-Radio, Linrad, GQRX або SDR Touch на Android. Працює на Windows, MacOS, Linux, Android і навіть вбудованих комп'ютерах Linux, таких як Raspberry Pi.



Підходить для багатьох застосувань, включаючи загальне радіосканування, управління повітряним рухом, радіо цивільної безпеки, радарі літаків ADS-B, радарі AIS, ACARS, транкінгове радіо, цифрове радіо P25/MotoTRBO, POCSAG, метеорологічні зонди, APRS, метеорологічні супутники NOAA APT, Супутники Meteor M2, радіоастрономія, моніторинг розсіювання метеорів, DAB або для використання як недорогий адаптер із традиційним трансивером.

Ця модель має кілька покращень порівняно з іншими моделями. Він використовує покращений тюнер R820T2, поставляється з 1PPM TCXO (без дрейфу та точного налаштування з початковим зміщенням 2 PPM та дрейфом температури 1 PPM), покращеними допусками на компоненти, переробленою друкованою платою, покращеним охолодженням, додатковим захистом від електростатичного розряду та роз'ємом SMA-F. Він також поставляється з програмно активованою трійниковою схемою для живлення зовнішніх пристроїв, таких як МШУ та активні антени.

Ham It Up v1.3

Ham It Up Up Converter працює з найпоширенішими платформами SDR для радіоаматорського зв'язку. Цей ПЧ/ВЧ конвертер для програмно визначеного радіо дозволяє слухати ПЧ і ВЧ через існуючий SDR приймач. Удосконалення включають підвищену чутливість, зменшення рівня шуму за наднизької напруги, додаткове живлення від батареї, бічні світлодіодні



індикатори, повністю зібрану широкопasmову схему джерела радіочастотного шуму, роз'єм для додаткового введення зовнішнього годинника, високоточний осцилятор та ін.

NESDR Nano 3 OTG

Пакет NESDR Nano 3 USB OTG включає в себе все, що потрібно, щоб розпочати роботу з мобільним SDR на наявному пристрої, сумісному з USB On-The-Go. NESDR Nano 3 сумісний з більшістю хост-пристроїв, включаючи Windows, Mac OS X, Linux, Android і Raspberry Pi. Характеристики NESDR Nano 3: діапазон налаштування 25–1700 МГц, точність налаштування 0,5 стор/хв, алюмінієвий корпус, вхід антени MCX і SMA.

У комплекті:

NESDR Nano 3 Software Defined Radio (RTL-SDR), встановлений всередині алюмінієвого корпусу;
нанорозмірна антена та адаптери USB OTG;
кабелі USB OTG;
перехідник антени SMA під прямим кутом;
радіатор SDR (опціонально).

Акcesуари, що входять у комплект, забезпечують широкий вибір варіантів встановлення та конфігурації. Y-кабель і Y-адаптер, що входять у комплект, дозволять підключити допоміжне джерело живлення (зарядний пристрій USB або додаткову батарею), щоб забезпечити живленням SDR і подовжити термін служби батареї головного телефону або планшета. Адаптер і антена USB OTG нанорозміру забезпечують найменшу можливу площу встановлення серед будь-якого SDR, доступного будь-де.



NESDR SMARt HF Bundle

Повноцінне, широкопasmове РЧ-рішення для тих, хто хоче розпочати роботу з програмним радіозв'язком і зацікавлений у ВЧ-діапазонах. NESDR SMARt HF Bundle використовує добре розроблений перетворювач з підвищенням частоти – Nam It Up – для отримання ВЧ-частот, кращої продуктивності та відсутності втрати контролю посилення. У комплект входить перетворювач з підвищенням частоти Nam It Up v1.3, встановлений у спеціальному чорному алюмінієвому корпусі; NESDR SMARt RTL-SDR, 3 антени, балун для узгодження імпедансу для довгопровідних і дипольних антен і адаптери з'єднання.



SDR приймачі підключаються до USB-роз'єму комп'ютера і використовують аудіокарту у поєднанні з програмним забезпеченням для демодуляції різних режимів. Здебільшого це відкрите програмне забезпечення. На даний час доступні режими включають:

- APCO P25 фаза 1;
- ProVoice EDACS Digital voice;
- X2-TDMA;
- DMR/MOTOTRBO;
- NXDN - 9600 бод (12.5 kHz) NEXEDGE та 4800 бод (6.25 kHz);
- NEXEDGE/IDAS;
- D-STAR;

C4FM modulation;
 GFSK modulation (включаючи GMSK та інші FSK);
 QPSK modulation (іноді позначається як LSM).

Для роботи з програмної обробки одержаних сигналів для більшості з розглянутих приймачів використовується ціла низка засобів, найбільш популярними з яких є: SDR Sharp, HSDR, SDR-RADIO.COM, SDR++, GQRX, WebRadio, SDRTouch та ін. Крім того, існує ціла низка плагінів та додатків, як автономних так і вбудованих, які доповнюють функціонал SDR приймачів, або мають спеціалізоване призначення.

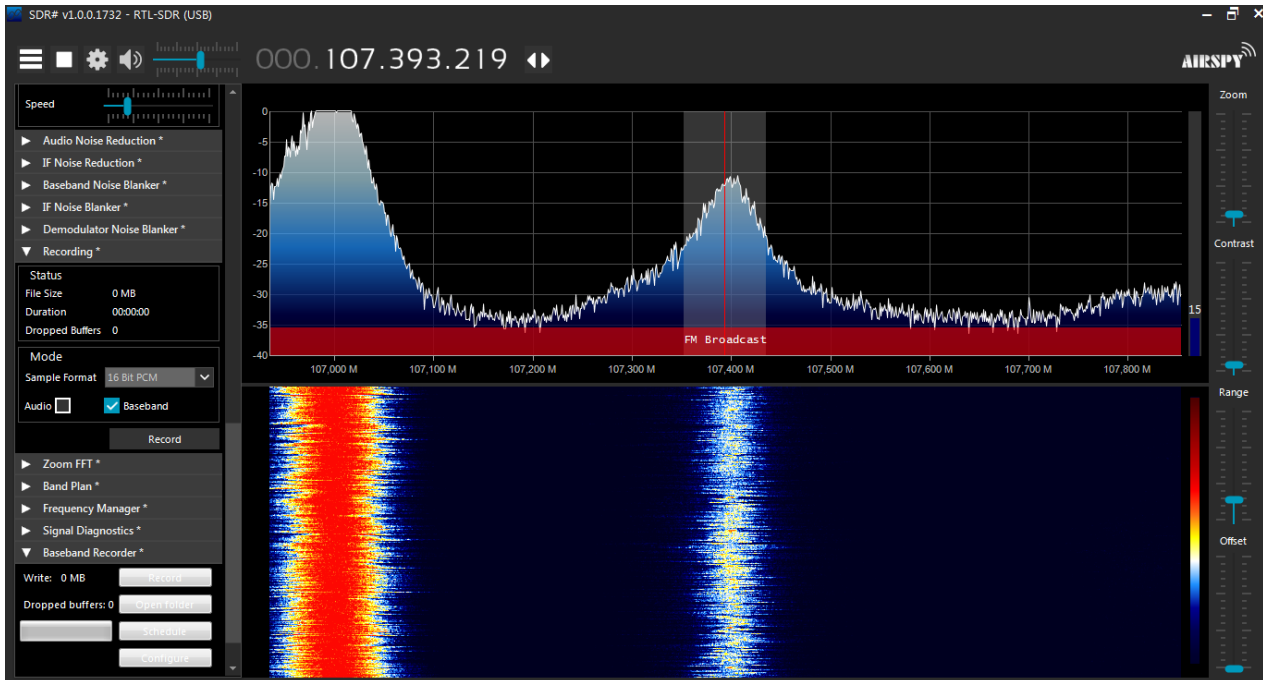


Рис. 2. Робоче вікно SDR Sharp

Використання комп'ютера як демодулятора дозволило користувачам SDR моніторити радіомережі для:

прослуховування незашифрованих переговорів поліції, "швидкої", пожежників та рятувальників;

прослуховування переговорів авіадиспетчерів;

відстеження положення повітряних суден через ADSB;

декодування авіаційних повідомлень ACARS;

сканування транкових радіопереговорів;

декодування незашифрованих цифрових голосових переговорів;

відстеження положення морських суден через AIS;

декодування пейджерних повідомлень у стандартах POCSAG/FLEX;

сканування бездротових телефонів та радіонянь;

відстеження та прийом даних з метеозондів;

відстеження ваших власних зондів для повернення їх вантажу;

прослуховування телеметрії з бездротових датчиків;

прийом повідомлень по аматорських радіоканалах;

декодування передач APRS;

перегляд аналогового телебачення;

перехоплення сигналів GSM;

використання RTL-SDR на пристрої під керуванням Android як портативний сканер;

прийом та декодування сигналів GPS;

використання RTL-SDR як аналізатора спектру;
прийом зображень із супутників погоди NOAA;
прослуховування передач супутників та МКС;
радіо-астрономія;
моніторинг зв'язків із відображенням від метеорних потоків;
прослуховування радіо і декодування RDS;
прослуховування радіомовлення у форматі DAB;
використання RTL-SDR як панорамного адаптера до трансівера;
декодування сигналів мобільних терміналів даних служб таксі;
використання RTL-SDR як генератора випадкових чисел.

Певні користувачі SDR використовують шифрування або ППРЧ. Донедавна панувала думка, що прослуховування ППРЧ недоступне звичайному сканеристу, але з правильним обладнанням і в потрібних умовах можна визначити такі сигнали і стежити за ними.

Зашифрований радіозв'язок означає від малої ймовірної до неможливої перспективу злому, а також нелегальність перехоплення відповідно до законів України та багатьох країн світу. Разом з тим, користувачі шифрованих мереж іноді відчувають технічні проблеми і змушені зв'язуватися відкрито. Терплячий слухач чекатиме такої можливості. Можна також визначити, що нешифровані користувачі взаємодіють із користувачем шифрованої системи та відстежувати їх, щоб з'ясувати картину того, що відбувається.

Висновок

Software-Defined Radio є новим підходом у радіозв'язку, у якому компоненти, традиційно реалізовані в аналоговому апаратному забезпеченні (наприклад, змішувачі, фільтри, підсилювачі, модулятори/демодулятори, детектори тощо), реалізуються за допомогою програмного забезпечення на персональному комп'ютері, або у вбудованій системі. І, хоча концепція SDR не нова, можливості цифрової електроніки, що швидко розвиваються, роблять реальністю на практиці багато процесів, які колись були лише теоретично можливими.

Перелік посилань

1. 10 Popular Software Defined Radios (SDRs) of 2022. Bliley Technologies <https://blog.bliley.com/10-popular-software-defined-radios-sdr>
2. Радиомониторинг для параноика и экстремала. Основы радиоразведки, изложенные популярно и доступно. <http://www.radioscanner.ru/info/article553/>
3. The big list of RTL-SDR supported software. <https://www.rtl-sdr.com/big-list-rtl-sdr-supported-software/>.

Надійшла: 18.11.2022

Рецензент: д.т.н., професор Савченко В.А.