**Software Requirements**

**Specification**

**for**

**Програмна система**

**моніторингу радіосигналів**

**в системах обізнаності**

**Version 1.0 approved**

**Prepared by Mykyta Khambur**

**PZPI-21-8**

**22.06.2025**

**1 ВСТУП**

**1.1 Огляд продукту**

Програмна система моніторингу радіосигналів (далі – ПСМР) – крос‑платформний настільний застосунок, призначений для безперервного спостереження радіочастотного спектра у реальному часі на звичайних робочих станціях. Система приймає IQ‑потік від програмно‑визначеного радіо (SDR) або вбудованого генератора тестових сигналів, виконує спектральний аналіз, автоматично виявляє активні передавачі та відображає результати у графічному інтерфейсі користувача (GUI). ПСМР також журналює події, дозволяє вручну позначати цікаві сигнали та експортувати дані у популярні формати (CSV, PNG).

**1.2 Мета**

Надати доступний інструмент для ситуаційної обізнаності у радіоефірі, що:

* **зменшує вартісний бар’єр** входження у спектральний моніторинг завдяки використанню дешевих SDR‑пристроїв;
* **гарантує 100 % імовірність виявлення** навіть короткочасних сигналів у заданому частотному діапазоні;
* **спрощує інтерпретацію** великого обсягу спектральних даних за рахунок інтерактивної візуалізації та базових засобів автоматичного аналізу.

**1.3 Межі**

* **Діапазон частот:** 30 кГц – 6 ГГц (обмежується можливостями підключеного SDR).
* **Пропускна здатність:** ≤ 4 МC/s у поточній реалізації (можна розширити при переході на продуктивніший SDR).
* **Платформи:** Windows 10/11 ×64, Ubuntu 22.04 ×64, macOS 13+ (ARM64/Intel).
* **Поза межами:** декодування протоколів верхнього рівня, активні засоби придушення або блокування сигналів, веб‑інтерфейс (планується у наступних релізах).

**1.4 Означення та абревіатури**

| **Терміни** | **Пояснення** |
| --- | --- |
| **SDR** (Software‑Defined Radio) | Приймач/передавач, де радіочастотна обробка реалізована програмно |
| **IQ‑дані** | Пара ортогональних відліків (In‑phase, Quadrature) після оцифрування |
| **FFT** | Швидке перетворення Фур’є |
| **GUI** | Graphical User Interface |
| **ПСМР** | Програмна система моніторингу радіосигналів (продукт, що розробляється) |
| **Event** | Подія ‒ факт виявлення сигналу, системне повідомлення або маркер |

**2 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС**

**2.1 Перспективи продукту**

ПСМР позиціонується як **настільний монітор** з можливістю еволюції у:

* **розподілену мережу сенсорів** з центральним хмарним сервером;
* **навчальний стенд DSP** (демонстрація основ спектрального аналізу);
* **модуль ситуаційної обізнаності** в комплексних системах безпеки (інтеграція через REST API).

**2.2 Функції продукту (огляд)**

1. Підключення до SDR‑пристрою або генератора IQ‑даних.
2. Налаштування параметрів прийому (частота, смуга, підсилення, швидкість семплювання).
3. Реальний‑час FFT та побудова:
   * **амплітудно‑частотного спектра**;
   * **водоспадної спектрограми**.
4. Алгоритм порогового виявлення активних передавачів.
5. Реєстрація подій у базі SQLite і відображення журналу.
6. Додавання та редагування ручних маркерів.
7. Експорт даних (CSV) і графіків (PNG).

**2.3 Характеристики користувачів**

| **Категорія** | **Досвід** | **Потреби** |
| --- | --- | --- |
| **Оператор РЧ‑служби** | Середній досвід роботи зі спектроаналізаторами | Швидка індикація появи завад та нелегальних передавачів |
| **Інженер‑дослідник** | Високий рівень DSP | Гнучкі налаштування обробки та експорт сирих даних |
| **Студент** | Базові знання радіотехніки | Візуалізація та коментовані маркери для навчання |

**2.4 Загальні обмеження**

* Ємність оперативної пам’яті ≥ 8 ГБ;
* Графічний адаптер з підтримкою OpenGL 3.3 (для прискореного рендеру PyQtGraph);
* Пропускна здатність USB‑шини, достатня для заданого SR.

**2.5 Припущення й залежності**

* У системі встановлено Python 3.12 та пакети (numpy, scipy, PyQt6, pyqtgraph, qasync).
* Драйвери SDR (RTL‑SDR, SoapySDR, UHD) встановлено й перевірено.
* Користувач має права на доступ до USB‑пристроїв і створення локальних файлів.

**3 КОНКРЕТНІ ВИМОГИ**

**3.1 Вимоги до зовнішніх інтерфейсів**

**3.1.1 Інтерфейс користувача**

| **ID** | **Опис** | **Критерій приймання** |
| --- | --- | --- |
| UI‑1 | Вікно «Головний спектр» – лінійний графік з оновленням ≥ 10 FPS | Спектр оновлюється без пропусків при навантаженні CPU < 30 % |
| UI‑2 | Вікно «Waterfall» – 2‑D кольорова спектрограма | Колірна карта масштабована, підтримує колесо прокрутки для ZOOM |
| UI‑3 | Панель керування – кнопки *Старт*, *Стоп*, поля *Centre Freq*, *Sample Rate*, *Gain*, *AVG* | Зміни параметрів застосовуються без переривання потоку |
| UI‑4 | Таблиця «Журнал подій» (QTableView) | Новий запис з’являється ≤ 200 мс після спрацювання детектора |
| UI‑5 | Діалог «Експорт» | Файл експорту містить не менше 95 % записів поточної сесії |

**3.1.2 Апаратний інтерфейс**

* **SDR‑джерело:** USB 2.0/3.0 пристрій, сумісний з RTL2832U, HackRF One, USRP B200 тощо.
* **З’єднання:** одна сесія захоплення IQ‑потоку з 8‑битною або 16‑битною глибиною.

**3.1.3 Програмний інтерфейс**

* **Драйвери:** RTL‑SDR (librtlsdr), SoapySDR, UHD.
* **API інтеграції (road‑map):** REST v1 /events, /markers, WebSocket для потоку спектра.

**3.1.4 Комунікаційний протокол**

* Внутрішній: Zero‑copy черги (Python asyncio.Queue) між потоками GUI та ядра.
* Зовнішній (optional): TCP + JSON (UTF‑8), TLS 1.3, авторизація Bearer Token.

**3.1.5 Обмеження пам’яті**

* Буфер IQ ≤ 2 сек (≈ 32 МБ при 4 MS/s × 2 × 16 бит).
* Кільцевий буфер останніх 100 кадрів FFT (≈ 13 МБ при N=4096, float32).

**3.1.6 Операції**

| **ID** | **Потік подій** |
| --- | --- |
| OP‑1 | Operator натискає *Start* → ядро ініціалізує SDR → починає асинхронно читати IQ дані → генерує спектр → надсилає GUI і детектору |
| OP‑2 | Зміна *Centre Freq* → ядро надсилає команду set\_center\_freq() SDR‑пристрою, підтверджує GUI |
| OP‑3 | Детектор реєструє сигнал > Threshold dBFS → створює об’єкт Event → записує у SQLite → генерує сигнал eventAdded → GUI додає рядок |

**3.1.7 Функції продукту**

Детальний перелік подано у п. 3.1.6 та таблиці «Функції продукту» (дод. A).

**3.1.8 Припущення й залежності**

* SDR повертає безперервний потік без втрат пакетів.
* Часова база ПК синхронізована (NTP/RTC) для коректної мітки подій.

**3.2 Властивості програмного продукту**

Див. табл. 1.

| **Властивість** | **Цільовий показник** |
| --- | --- |
| Частота оновлення GUI | ≥ 10 FPS (спектр) / ≥ 5 FPS (waterfall) |
| Затримка ознаки сигналу → протокол події | ≤ 200 мс |
| Максимальна смуга миттєвого аналізу | 4 МГц (single‑thread), scalable |
| Обробка користувацьких дій | GUI не блокується > 100 мс |

**3.3 Атрибути програмного продукту**

**3.3.1 Надійність**

* Система повинна автоматично відновлюватися після короткочасного обриву USB ≤ 3 с.
* Журнальні файли зберігаються із періодом ротації 7 днів.

**3.3.2 Доступність**

* MTBF ≥ 72 год при безперервній роботі.
* Час перезапуску після збоїв ≤ 30 с.

**3.3.3 Безпека**

* Права доступу до файлів events.sqlite — не ширше, ніж для поточного користувача ОС.
* При роботі у мережевому режимі — обов’язкове шифрування TLS 1.3.

**3.3.4 Супроводжуваність**

* Код структурований за схемою **ядро / gui / storage / drivers**.
* Автоматичні юніт‑тести покривають ≥ 60 % логіки ядра.

**3.3.5 Переносимість**

* Компіляція wheel‑пакета без C‑розширень; залежності встановлюються через pip install -r requirements.txt.

**3.3.6 Продуктивність**

* Навантаження CPU (AMD Ryzen 5 5600G) при SR = 2 MS/s, FFT = 4096, FPS = 20 — не більше 25 %.

**3.4 Вимоги бази даних**

* **СУБД:** SQLite 3.44, один файл < 100 МБ за 24 год нормальної експлуатації.
* **Схема:**
  + sessions(id, started\_at, ended\_at, center\_freq, sample\_rate)
  + events(id, session\_id, timestamp, freq\_hz, level\_dbfs, duration\_s, type)
  + markers(id, session\_id, timestamp, freq\_hz, comment)
* **Транзакції:** ACID, рівень ізоляції — SERIALIZABLE.
* **Індекси:** events(timestamp), events(freq\_hz).

**3.5 Інші вимоги**

* **Мовна локалізація:** UA (базова), EN (опційно).
* **Ліцензія ПЗ:** GPL‑3.0 або MIT (визначається замовником).
* **Документація для кінцевого користувача:** PDF‑мануал не менше 20 сторінок, інтегрована довідка (Qt Help).
* **Відповідність стандартам:** IEC 61000‑6‑4 (електромагнітна сумісність, за потреби апаратної сертифікації).