SPCloud — System przechowywania plików w chmurze

Dokumentacja techniczna (projekt)

Bartosz Kołaciński	Mateusz Kosowski	Jakub Rosiak	Nikodem Nowak
251554	251558	251620	251598

14 stycznia 2026

Frontend	SvelteKit 2.x (Svelte 5), Node.js 22, TypeScript
Backend	FastAPI, Python 3.13, SQLAlchemy (async)
Baza danych	PostgreSQL 17
Object Storage	MinIO (S3-compatible)
Infrastruktura	Docker Compose, NGINX, Raspberry Pi 5 (docelowo)

Spis treści

1 Wprowadzenie

SPCloud to system przechowywania plików w chmurze umożliwiający użytkownikom przechowywanie plików w magazynie obiektowym, zarządzanie wersjami oraz pobieranie plików z poziomu aplikacji webowej. Projekt został zrealizowany jako zadanie akademickie.

Główne założenia systemu obejmują:

- autentykację użytkowników oraz wymuszenie 2FA (TOTP) przy logowaniu
- przechowywanie plików w MinIO (S3-compatible) w modelu *bucket per user*
- wersjonowanie plików (upload istniejącego pliku tworzy kolejną wersję)
- przywracanie wybranej wersji bez kopiowania obiektu w storage (zmiana `current_version` w bazie)
- limit przestrzeni dyskowej per użytkownik (domyślnie 100 MiB)
- możliwość oznaczania plików jako ulubione oraz pobieranie wielu plików jako ZIP
- logowanie zdarzeń (logowanie, operacje na plikach, pobranie logów)

Dokument opisuje architekturę systemu, kluczowe elementy implementacji oraz instrukcję uruchomienia.

2 Zakres funkcjonalny

2.1 Funkcje użytkownika

- rejestracja konta i logowanie (z TOTP)
- konfiguracja TOTP na podstawie tokenu konfiguracyjnego (QR code)
- upload pliku (nowy plik lub nowa wersja)
- lista plików, pobieranie pliku, pobieranie wielu plików jako ZIP
- lista wersji pliku, pobieranie konkretnej wersji
- przywracanie wersji (ustawienie jako aktualnej)
- usuwanie pliku oraz usuwanie wersji (z wyjątkiem wersji aktualnej)
- oznaczanie/odznaczanie pliku jako ulubionego
- podgląd informacji o wykorzystaniu storage

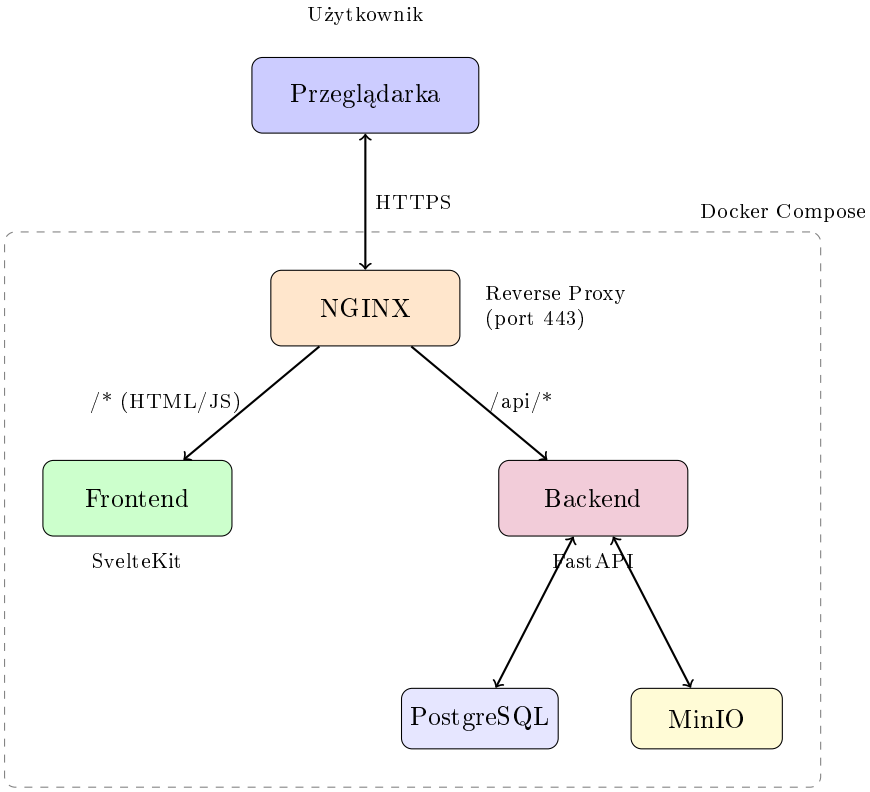
2.2 Funkcje administratora

- pobranie logów systemowych przez endpoint administracyjny

3 Architektura systemu

System jest uruchamiany kontenerowo (Docker Compose) i składa się z odseparowanych komponentów komunikujących się poprzez HTTP oraz bazę danych.

3.1 Diagram architektury



Rysunek 1: Architektura systemu SPCloud

Przepływ żądań przedstawia się następująco:

1. Użytkownik otwiera przeglądarkę i wchodzi na adres aplikacji (HTTPS)
2. NGINX (reverse proxy) kieruje żądania ścieżek `/*` do kontenera Frontend
3. Frontend (SvelteKit) zwraca statyczne pliki HTML, CSS i JavaScript do przeglądarki
4. Kod JavaScript wykonywany w przeglądarce wysyła żądania API (`/api/*`) przez NGINX
5. NGINX przekazuje żądania `/api/*` do kontenera Backend (FastAPI)
6. Backend komunikuje się z PostgreSQL (metadane, użytkownicy) oraz MinIO (pliki)

Uwaga: Frontend i Backend nie komunikują się bezpośrednio między sobą. Cała komunikacja z API odbywa się z poziomu przeglądarki użytkownika przez NGINX.

3.2 Warstwa frontendowa

Frontend został zbudowany z wykorzystaniem SvelteKit 2.x (Svelte 5), Node.js 22 oraz TypeScript. Główne elementy:

- SvelteKit jako framework do budowy aplikacji
- TypeScript dla bezpieczeństwa typów
- komunikacja z API po HTTPS przez NGINX (żądania `/api/*`)

Komponenty frontendowe:

- widoki rejestracji/logowania oraz konfiguracji TOTP
- przeglądarka plików (lista, ulubione, informacje o storage)
- upload plików oraz obsługa wersji pliku
- pobieranie plików (pojedynczo lub ZIP)

3.3 Warstwa backendowa

Backend został zaimplementowany w Pythonie z wykorzystaniem FastAPI. Wykorzystane technologie:

- FastAPI jako framework webowy
- SQLAlchemy (async) z asyncpg dla asynchronicznej komunikacji z bazą
- Pydantic do walidacji danych
- JWT dla autentykacji
- Argon2id (Passlib) do hashowania haseł
- Python-multipart do obsługi uploadu plików
- Boto3 do komunikacji z MinIO (S3 API)
- PyOTP + qrcode do obsługi TOTP

Główne endpointy API:

- `/api/v1/users/*` - rejestracja, logowanie, tokeny, dane użytkownika
- `/api/v1/totp/*` - konfiguracja i weryfikacja TOTP
- `/api/v1/files/*` - operacje na plikach oraz wersjach
- `/api/v1/logs/*` - pobieranie logów (admin)

3.4 Baza danych

System wykorzystuje PostgreSQL 17 jako relacyjną bazę danych. Schemat bazy obejmuje następujące tabele:

- `users` - dane użytkowników (w tym status TOTP oraz limity storage)
- `files` - metadane plików (aktualna wersja, rozmiar, ulubione)
- `file_versions` - historia wersji plików wraz ze ścieżką `s3://...`
- `refresh_tokens` - refresh tokeny przechowywane po stronie serwera
- `logs` - logi zdarzeń (kto/co/kiedy)

Relacje między encjami: `users` —> `files` —> `file_versions` oraz `users` —> `refresh_tokens`/`logs`.

3.5 Object Storage

MinIO pełni rolę kompatybilnego z S3 magazynu obiektów. Wszystkie pliki użytkowników są przechowywane w osobnych bucketach, zorganizowanych według identyfikatorów użytkowników.

Konwencje przyjęte w projekcie:

- **bucket per user:** `user-{username}`
- **nazwa obiektu:** `filename_v{version}.ext` (np. `dokument_v3.txt`)
- w bazie danych przechowywana jest ścieżka w postaci `s3://<bucket>/<key>`

Zalety wykorzystania MinIO:

- Kompatybilność z API S3
- Wysoka wydajność przy dużych plikach
- Możliwość lokalnego uruchomienia
- Łatwa skalowalność

4 Autentykacja i autoryzacja

System wykorzystuje JWT (JSON Web Tokens) do autentykacji. Logowanie wymaga skonfigurowanego TOTP (2FA).

4.1 Hasła i bezpieczeństwo

- hasła są hashowane algorytmem **Argon2id** (time_cost=3, memory_cost=64 MB, parallelism=2)
- refresh tokeny są przechowywane w bazie danych (tabela `refresh_tokens`); wylogowanie usuwa wszystkie refresh tokeny użytkownika

4.2 Rodzaje tokenów

Token	Ważność	Przeznaczenie
Access Token	15 minut	Autoryzacja requestów do API
Refresh Token	1 dzień	Odświeżanie access tokena
Setup Token (TOTP)	15 minut	Konfiguracja TOTP po rejestracji/logowaniu

4.3 Przykładowe payloady JWT

```
{
  "sub": "username",
  "iss": "SPCloud",
  "iat": 1736851200,
  "nbf": 1736851200,
  "exp": 1736852100,
  "jti": "abc123..."
}
```

Kod 1: Przykładowy payload Access Token (JWT)

```
{
  "sub": "username",
  "iss": "SPCloud",
  "iat": 1736851200,
  "nbf": 1736851200,
  "exp": 1736937600,
  "jti": "xyz789...",
  "type": "refresh"
}
```

Kod 2: Przykładowy payload Refresh Token (JWT)

```
{
  "sub": "username",
  "exp": 1736852100,
  "type": "totp_setup"
}
```

Kod 3: Przykładowy payload Setup Token (TOTP)

4.4 Flow rejestracji i logowania (TOTP)

Po rejestracji oraz przy pierwszym logowaniu użytkownik otrzymuje **Setup Token** do konfiguracji TOTP. Po skonfigurowaniu aplikacji uwierzytelniającej (np. Google Authenticator) użytkownik loguje się już zawsze z kodem TOTP.

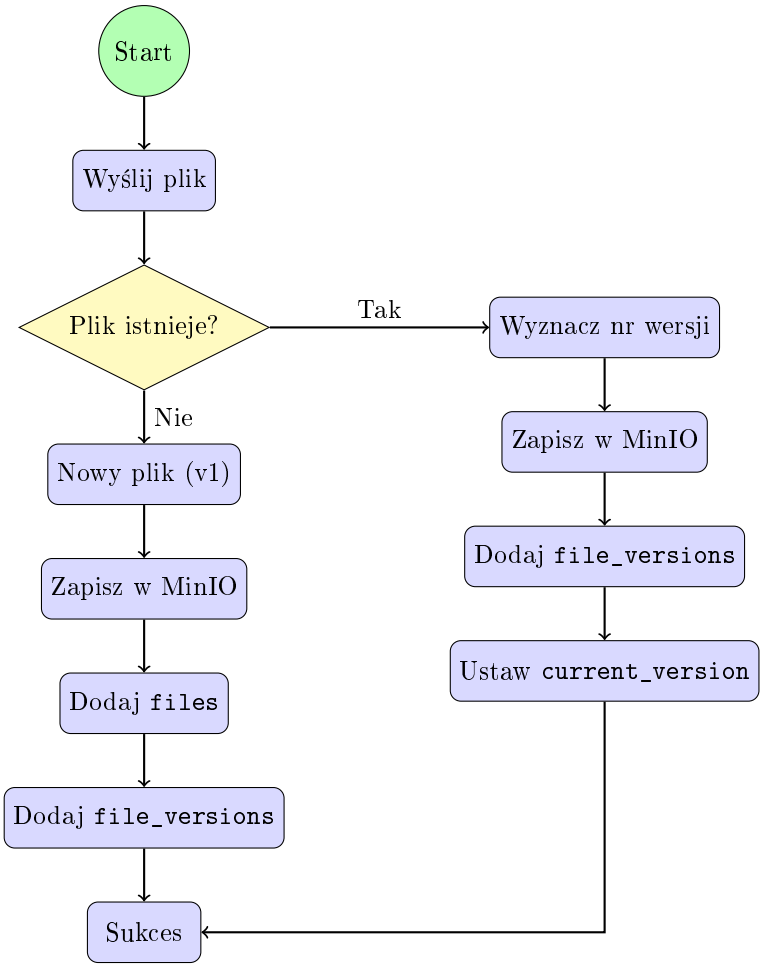
```
POST /api/v1/users/register  ->  Setup Token (TOTP, 15 min)
POST /api/v1/totp/setup      ->  QR Code + secret (wymaga Setup Token)
POST /api/v1/totp/verify     ->  Access + Refresh Token (wymaga Setup Token)

POST /api/v1/users/login     ->  jesli TOTP nie skonfigurowany: Setup Token
                                 jesli TOTP skonfigurowany: 403 "TOTP verification required"
POST /api/v1/users/login/totp -> Access + Refresh Token
```

Kod 4: Schemat rejestracji/logowania (uproszczony)

5 Wersjonowanie plików

System automatycznie tworzy wersje plików przy każdej zmianie, umożliwiając przywracanie wcześniejszych stanów.

5.1 Wersjonowanie: zasady działania



Rysunek 2: Diagram BPMN - Wersjonowanie plików

Mechanizm wersjonowania działa następująco:

1. Przesłany plik jest weryfikowany pod kątem istnienia
2. Jeśli plik istnieje (ta sama nazwa w obrębie użytkownika), tworzona jest nowa wersja `vN+1`
3. Obiekt w MinIO jest zapisywany pod nazwą `filename_v{n}.ext`
4. W bazie danych aktualizowane są metadane i pole `current_version`

Przywracanie wersji nie kopiuje danych w MinIO — system jedynie zmienia `current_version` w tabeli `files`.

5.2 Model danych plików

```
files (
  id UUID PK,
  name TEXT,
  path TEXT,
  owner TEXT FK -> users.username,
```

```
  current_version INT,
  size INT,
  is_favorite BOOL,
  created_at TIMESTAMPTZ,
  updated_at TIMESTAMPTZ,
  UNIQUE(owner, name)
)

file_versions (
  id UUID PK,
  file_id UUID FK -> files.id,
  version_number INT,
  path TEXT,
  size INT,
  created_at TIMESTAMPTZ,
  created_by TEXT FK -> users.username
)
```

Kod 5: Fragment schematu bazy danych (plik + wersje)

6 Endpointy API

Wszystkie endpointy FastAPI są wystawione pod prefiksem `/api/v1`. Autoryzacja odbywa się przez nagłówek `Authorization: Bearer <token>`.

6.1 Użytkownicy (users)

Metoda	Endpoint	Opis
POST	`/users/register`	Rejestracja (zwraca Setup Token do TOTP)
POST	`/users/login`	Logowanie (Setup Token jeśli TOTP nie skonfigurowany, w przeciwnym razie 403)
POST	`/users/login/totp`	Logowanie z kodem TOTP (zwraca Access+Refresh)
POST	`/users/refresh`	Odświeżenie Access Tokenu na podstawie Refresh Tokenu
POST	`/users/logout`	Wylogowanie (usuwa refresh tokeny użytkownika)
GET	`/users/me`	Dane użytkownika + limity storage + status TOTP
GET	`/users/isadmin`	Informacja czy użytkownik ma rolę `admin`

6.2 TOTP

Endpointy `/totp/setup` oraz `/totp/verify` wymagają **Setup Token** (token typu `totp_setup`).

Metoda	Endpoint	Opis
POST	`/totp/setup`	Generuje sekret oraz QR Code do konfiguracji aplikacji TOTP
POST	`/totp/verify`	Weryfikuje kod TOTP i zwraca Access+Refresh Token
GET	`/totp/status`	Zwraca status konfiguracji TOTP dla użytkownika

6.3 Pliki (files)

Metoda	Endpoint	Opis
POST	`/files/upload`	Upload pliku (nowy plik lub nowa wersja)
GET	`/files/`	Lista plików użytkownika
GET	`/files/me`	Informacje o wykorzystaniu storage i statystyki
GET	`/files/download/{id}`	Pobranie aktualnej wersji pliku
POST	`/files/download`	Pobranie wielu plików jako ZIP
DELETE	`/files/{id}`	Usunięcie pliku (wszystkie wersje)
POST	`/files/change-is-favorite`	Oznaczenie/odznaczenie pliku jako ulubiony
GET	`/files/{id}/versions`	Lista wersji pliku
GET	`/files/{id}/versions/{n}`	Pobranie konkretnej wersji `n`
POST	`/files/{id}/restore/{n}`	Przywrócenie wersji `n` (zmiana `current_version`)
DELETE	`/files/{id}/versions/{n}`	Usunięcie wersji `n` (nie można usunąć aktualnej)

6.4 Logi (admin)

Metoda	Endpoint	Opis
GET	`/logs/download/{limit}`	Pobranie ostatnich `limit` logów (wymaga roli `admin`)

7 Logowanie zdarzeń

Każda istotna akcja jest logowana do tabeli `logs`. Log zawiera m.in. timestamp (UTC), nazwę użytkownika, akcję, status (SUCCESS/FAILED), opcjonalnie `file_id` oraz pole `details` (JSON jako string, np. IP klienta).

```
LOGIN, LOGOUT, REGISTER,
FILE_UPLOAD, FILE_DOWNLOAD, FILE_MANY_DOWNLOAD, FILE_DELETE,
FILE_FAVORITE, FILE_UNFAVORITE,
FILE_VERSION_CREATE, FILE_VERSION_RESTORE, FILE_VERSION_DELETE,
LOG_DOWNLOAD
```

Kod 6: Lista kluczowych typów akcji logowanych w systemie

8 Instalacja i uruchomienie

System może być uruchomiony w środowisku lokalnym lub na serwerze produkcyjnym.

8.1 Wymagania

- Docker Engine 24.x
- Docker Compose V2
- Minimum 4GB RAM
- 20GB wolnego miejsca na dysku

8.2 Konfiguracja

Zmienne środowiskowe konfigurowane są poprzez plik `.env`. Najważniejsze zmienne backendu:

Zmienna	Opis
DB_URL	Connection string do PostgreSQL (SQLAlchemy async)
JWT_SECRET	Sekret do podpisu JWT
JWT_EXPIRE_MIN	Czas życia Access Tokenu (minuty)
JWT_REFRESH_EXPIRE_DAYS	Czas życia Refresh Tokenu (dni)
JWT_ISSUER	Issuer w JWT
MINIO_ENDPOINT	Adres serwera MinIO (np. `minio:9000`)
MINIO_ACCESS_KEY	Klucz dostępu MinIO
MINIO_SECRET_KEY	Sekret dostępu MinIO
MINIO_SECURE	Czy używać SSL do MinIO (true/false)

8.3 Uruchomienie

1. Sklonuj repozytorium
2. Skonfiguruj plik `.env`
3. Uruchom kontenery: `docker compose up -d -build`
4. Backend inicjalizuje strukturę bazy danych przy starcie aplikacji
5. Otwórz przeglądarkę pod adresem `https://localhost` (frontend)

8.4 Porty i routing

- **NGINX:** `80` (redirect do HTTPS) oraz `443` (reverse proxy)
- **Frontend:** domyślnie `3000` (kontener) oraz port hosta `$FRONTEND_PORT` (domyślnie 3000)
- **Backend:** `8000`
- **MinIO:** `9000` (S3 API) oraz `9001` (konsola)
- **PostgreSQL:** `5432` w sieci kontenerów oraz port hosta `$POSTGRES_PORT`

NGINX przekazuje ruch do backendu dla ścieżek `/api/*` oraz do frontendu dla pozostałych ścieżek.

8.5 Infrastruktura produkcyjna

Środowisko produkcyjne zostało uruchomione na Raspberry Pi 5 z następującą konfiguracją:

- System: Ubuntu Server 24.04 LTS
- Docker z wtyczką Compose
- NGINX jako reverse proxy
- Certyfikaty Let's Encrypt dla HTTPS

9 Podsumowanie

SPCloud to system przechowywania plików w chmurze z autentykacją dwuskładnikową (TOTP), wersjonowaniem plików oraz separacją danych w magazynie obiektowym (bucket per user). System został uruchomiony w architekturze kontenerowej (Docker Compose) z reverse proxy NGINX.

Potencjalne kierunki rozwoju:

- dodanie szyfrowania plików po stronie klienta
- rozbudowa o role/uprawnienia oraz panel administracyjny
- dodanie mechanizmu udostępniania plików (linki czasowe)
- usprawnienie obsługi bardzo dużych plików (np. multipart upload)