



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

**ÚSTAV INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ**

DEPARTMENT OF INFORMATION SYSTEMS

**APLIKACE PRO ŘÍZENÝ PŘÍSTUP KE VZDÁLENÝM  
DOKUMENTŮM PRO GNU/LINUX**

APPLICATION FOR CONTROLLED ACCESS TO REMOTE DOCUMENTS FOR GNU/LINUX

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**JAN BERNARD**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**RNDr. MAREK RYCHLÝ, Ph.D.**

**BRNO 2020**

## Zadání bakalářské práce



Student: **Bernard Jan**

Program: Informační technologie

Název: **Aplikace pro řízený přístup ke vzdáleným dokumentům pro GNU/Linux**  
**Application for Controlled Access to Remote Documents for GNU/Linux**

Kategorie: Operační systémy

Zadání:

1. Seznamte se s požadavky týkající se zabezpečení přístupu k dokumentům v projektu Validované datové úložiště (VDU). Prozkoumejte možnosti virtuálních souborových systémů a integrace aplikací do desktopového prostředí v operačním systému GNU/Linux.
2. Navrhněte klientskou aplikaci pro VDU, která se připojí k úložišti a bude zpřístupňovat obsah úložiště pod zadaným přístupovým klíčem jako soubor virtuálního souborového systému s řízeným přístupem a správou verzí. Navrhněte automatické testy požadovaných vlastností takové aplikace.
3. Po konzultaci s vedoucím navrženou aplikaci implementujte včetně automatických testů.
4. Výsledek popište, vyhodnoťte a zveřejněte jako open-source.

Literatura:

- Interní dokumentace projektu Validované datové úložiště.
- VANGOOR, Bharath Kumar Reddy; TARASOV, Vasily; ZADOK, Erez. To FUSE or Not to FUSE: Performance of User-Space File Systems. In: 15th USENIX Conference on File and Storage Technologies (FAST 17). 2017, s. 59-72. Dostupné z: [https://www.usenix.org/conference/fast17/technical-sessions/presentation/vangoor]
- BURIHABWA, Dorian, et al. SGX-FS: Hardening a File System in User-Space with Intel SGX. In: 2018 IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom). IEEE, 2018, s. 67-72. Dostupné z: [https://doi.org/10.1109/CloudCom2018.2018.00027]
- xdg-utils. *freedesktop.org* [online], 2019 [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: [https://freedesktop.org/wiki/Software/xdg-utils/]

Pro udělení zápočtu za první semestr je požadováno:

- Body 1, 2 a rozpracovaný bod 3.

Podrobné závazné pokyny pro vypracování práce viz <https://www.fit.vut.cz/study/theses/>

Vedoucí práce: **Rychlý Marek, RNDr., Ph.D.**

Vedoucí ústavu: Kolář Dušan, doc. Dr. Ing.

Datum zadání: 1. listopadu 2020

Datum odevzdání: 12. května 2021

Datum schválení: 27. října 2020

## Abstrakt

Práce se zaměřuje na synchronizaci a životní cyklus souborů stažených do uživatelského počítače ze vzdáleného validovaného datového uložště. Z analýzy trhu vyplynulo, že na trhu je velký výběr aplikací, ale rozdíly mezi nimi jsou relativně velké. Na základě požadavků a stanovené komunikace s validovaným datovým uložštěm byla navržena a implementována aplikace pro systém GNU/Linux. Testování aplikace probíhalo na dvou vybraných Linuxových distribucích s mock serverem zastupující vzdálené uložště.

## Abstract

The aim of this thesis is synchronization and life cycle of files downloaded to user's computer from validated data storage. Based on market analysis there is large selection of applications in market but there are relatively large differences along them. Application was designed and implemented for GNU/Linux according to requirements and given validated data storage communication. The application was tested on two selected Linux distributions with mock server representing remote storage.

## Klíčová slova

Validované datové uložště, VDU, Linux, souborový systém, HTTP, FUSE, C++, synchronizace, soubor, dokument, oprávnění

## Keywords

Validated data storage, VDS, Linux, filesystem, HTTP, FUSE, C++, synchronization, file, document, permission

## Citace

BERNARD, Jan. *Aplikace pro řízený přístup ke vzdáleným dokumentům pro GNU/Linux*. Brno, 2020. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce RNDr. Marek Rychlý, Ph.D.

# Aplikace pro řízený přístup ke vzdáleným dokumentům pro GNU/Linux

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana RNDr. Marka Rychlého, Ph.D. a uvedl jsem všechny literární prameny, publikace a další zdroje, ze kterých jsem čerpal.

.....

Jan Bernard  
4. května 2021

## Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce, doktorovi Markovi Rychlému, za vynikající vedení práce a jeho podnětné poznatky a rady. Také bych rád poděkoval všem svým kolegům, se kterými jsem procházel celé bakalářské studium. A v neposlední řadě děkuji všem svým přátelům a rodině za podporu a pochopení.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Motivace a existující řešení</b>	<b>4</b>
2.1	Současná řešení . . . . .	4
2.2	Google Drive . . . . .	5
2.3	Dropbox . . . . .	5
2.4	pCloud . . . . .	5
2.5	Syncthing . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Návrh řešení a použité technologie</b>	<b>7</b>
3.1	Architektura . . . . .	7
3.1.1	Případ užití . . . . .	7
3.2	Technologie . . . . .	7
3.2.1	GNU/Linux . . . . .	7
3.2.2	C++/C . . . . .	7
3.2.3	OpenAPI . . . . .	7
3.2.4	HTTP . . . . .	7
3.2.5	Mock server . . . . .	7
3.2.6	Souborový systém v uživatelském prostoru (FUSE) . . . . .	7
3.2.7	DBus . . . . .	7
3.2.8	Keyring . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Popis implementace a nasazení aplikace</b>	<b>8</b>
4.1	Definice API . . . . .	8
4.2	Mock server . . . . .	8
4.3	Vyžívané cesty/soubory v Linuxové adresářové struktuře . . . . .	8
4.3.1	Konfigurační soubor . . . . .	8
4.3.2	SQLite databáze . . . . .	8
4.4	Autentifikace . . . . .	8
4.5	Práce se soubory . . . . .	8
4.5.1	Otevření souboru v příslušné aplikaci . . . . .	8
4.6	Nasazení aplikace . . . . .	8
4.6.1	DPKG . . . . .	8
4.6.2	RPM . . . . .	8
4.6.3	Sestavení ze zdrojových souborů . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Testovací sada</b>	<b>9</b>
5.1	Google Test . . . . .	9

<b>6 Závěr</b>	<b>10</b>
<b>Literatura</b>	<b>11</b>
<b>A Dokumentace projektu Validované datové uložště</b>	<b>13</b>
<b>B Obsah přiloženého média</b>	<b>14</b>

# Kapitola 1

## Úvod

V době vysokorychlostního a stabilního internetu je využívání vzdálených uložišť běžnou záležitostí. Pro většinu uživatelů je to nástroj pro jednoduchou synchronizaci dat napříč několika zařízeními od mobilního telefonu po stolní počítač. Pokud vezmeme v úvahu pouze velká datová centra, jedná se pravděpodobně o nejlevnější a nejspolehlivější způsob uchování dat, protože tyto centra mají velkou kapacitu úložného prostoru a také zálohy na softwarové i hardwarové úrovni. Pod pojmem vzdálené uložení si nemusíme představit jen velká datová centra se stovkami serverů, může se jednat o relativně malé uložení ve firmě nebo dokonce o osobní/domácí řešení. Pro využívání osobních/firemních uložení se lidé uchylují v případech, je-li třeba uložit osobní nebo určitým způsobem citlivá data, která by nemohla být poskytnuta třetí straně. Nabízená řešení také nemusí poskytovat potřebnou funkcionalitu nebo jejich finanční model nesplňuje zákaznická kritéria.

V průběhu let byly vyvinuty protokoly řešící sdílení souborů jako FTP, NFS a mnohé další. Sdílení souborů je komplexní záležitostí a obsahuje velké množství parametrů. Každý protokol se zaměřuje jen na určité parametry jako zabezpečení a spolehlivost přenosu, oprávnění pro jednotlivé uživatele a soubory, synchronizace modifikovaných souborů apod nebo pojme daný parametr odlišným způsobem. V dnešní době je většina komerčně využívaných aplikací vystavěna na proprietárních protokolech nebo na protokolech umožňující obecnější použití. Jedním z nejpoužívanějších aplikačních protokolů bude Hypertext Transfer Protocol neboli HTTP.

Cílem této práce je prozkoumat aktuální nabídku a možnosti na poli vzdálených uložení a navrhnout aplikaci pro řízený přístup ke vzdáleným dokumentům pro platformu GNU/Linux. Aplikace bude zaměřena na řízený životní cyklus souborů s vynucenými oprávněními pro jednotlivé soubory daná vzdáleným uložení. Komunikace skrze HTTP protokol byla definována externím zadavatelem. Zdrojové kódy jsou dostupné na veřejném Github repozitáři.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup><https://github.com/PlayerBerny12/VUT-IBT-Code>

## Kapitola 2

# Motivace a existující řešení

Popularita a využití vzdálených uložišť roste, protože lidé využívají více zařízení a potřebují mezi nimi jednoduchou synchronizaci nebo na jednom souboru potřebuje spolupracovat více lidí. Dalším podnětem využívání vzdálených uložišť je většího množství dat a potřeba tyto data efektivně sdílet a bezpečně uložit. Postupně se digitalizují další systémy například ve státní správě nebo dalších podnikatelských sektorech.

Na trhu je velké množství služeb zaměřujících se na různé klientské potřeby. Diverzita nabídky je až překvapivě velká. Většina se zaměřuje na ukládání a sdílení dat ve svém ekosystému, které jsou určené pro široké použití. Pokud jsou požadavky specifické, tak možnost vlastní konfigurace není možná. Pro částečnou úpravu nebo automatizaci procesů lze využít poskytované API, ve většině případů se jedná o variantu REST API. Poslední možností je vystavení obdobné služby z několika existujících aplikací nebo vytvoření nové.

V kontextu této práce jsou požadavky následující:

- Dodržování oprávnění i na klientském systému
  - read-only
  - write-only
  - read/write
- Životní cyklus souboru (stažení)
  - stažení
  - případná modifikace
  - smazání souboru po vypršení platnosti
- Autentifikace
  - uživatelské jméno a klientský certifikát
  - uživatelské jméno a heslo

### 2.1 Současná řešení

Pro bližší analýzu byl vybrán vzorek služeb a programů obsahující velké ekosystémy služeb po open source aplikace. Zkoumáno bylo několik parametrů, jako poskytovaná funkcionality pro jednotlivce a firmy, cena, integrace s ostatními systémy a aplikacemi apod. Obecně



nelze jednoznačně určit nejlepší uložisko, ale je možné poukázat na rozdílné vlastnosti a vyzdvihnout kladné. Koncový uživatel se následně může rozhodnout dle svých potřeb.

## 2.2 Google Drive

Pro synchronizaci obsahu z Google Drive na osobní počítač se využívá aplikace pojmenovaná Google File Stream. Je možné ji provozovat pouze na systémech Windows a Mac OS.[5] Pro Linuxové distribuce lze využít například neoficiální open source aplikaci Google Drive OCamlFUSE<sup>1</sup> využívající technologii FUSE, která bude popsána v následující kapitole. Google Disk poskytuje plně funkční webové rozhraní, ve kterém je možné dokumenty přímo upravovat bez nutnosti stahování. Problém nenastal ani v případě konkurenčních Microsoft Office dokumentů.

Google Workspace (dříve Google Suite) je možné pořídit v několika balíčcích. Například balíček Business Standard nabízí 2 TB uložisko za 10,40 EUR měsíčně. Balíček obsahuje další služby jako firemní email a schůzky až o 150 účastnících na Google Meet.[9]

Každý uživatel má vlastní disk s omezenou kapacitou podle balíčku. Na disku lze vytvářet standardní složkovou hierarchii a je možné sdílet jednotlivé soubory nebo obsah složek s ostatními Google uživateli. Verze Enterprise umožňuje vytváření dalších disků, na které je možné přiřadit seznam uživatelů. Každý uživatel má nastavenou jednu z 6 rolí, které vymezují jeho možnosti. K dispozici je API, která pokrývá veškeré možnosti webového rozhraní jako vytvoření souboru, sdílení atd.[8]

## 2.3 Dropbox

Dropbox má oficiální balíčky své aplikace pro Ubuntu a Fedoru, případně je možné si aplikaci zkompilevat ze zdrojových souborů. Podpora Windows a Mac OS je samozřejmostí. Z práce „Personal Cloud Storage Benchmarks and Comparison“ lze vyčíst, že Dropbox se zaměřuje na efektivitu přenosu a minimální zatížení sítě. Využívá menší množství TCP spojení oproti jeho konkurentům a také stejně jako Google Drive komprimuje data před odesláním.[2] Toto řešení nemusí dosahovat nejvyšší výkonosti, ale nezatěžuje tolik infrastrukturu.

Webové rozhraní je více orientováno na správu souborů a jejich historii. Nabízí jednoduché obnovení smazaných souborů nebo návrat k předchozí verzi. Nenabízí tolik možností jako Google Drive, ale upravovat dokumenty ve webovém prohlížeči lze také. Na výběr je mezi Microsoft Office Online nebo Google Workspace. Sdílení souborů a složek je možné i s uživateli, kteří nemají Dropbox účet.

Balíček Plus za 9,99 EUR měsíčně dává uživateli přístup ke 2 TB uložišti. Firemní balíčky obsahují rozšíření pro lepší správu uživatelů, vytváření skupin a admin panel/konzole. Dropbox má také API nabízející dostatečnou funkcionalitu pro případnou integraci s jinými systémy apod.[6]

## 2.4 pCloud

Poskytovatel pCloud podporuje nejpoužívanější platformy, a to včetně mobilních. Za 9,99 EUR měsíčně dostane uživatel 2 TB uložisko. Jako jediný z poskytovatelů v analýze nabízí

---

<sup>1</sup><https://github.com/astura/google-drive-ocamlfuse>

balíček s jednorázovou platbou za cenu 350 EUR. Jedná se o identický balíček, pouze forma platby se liší. Všechna data jsou přenášena přes šifrovaný kanál a všechny kopie souborů na pěti různých serverech jsou šifrovaná 256bitovým AES klíčem.[11]

Webové rozhraní je jednoduché, avšak oproti konkurentům má méně funkcí. Lze zobrazit náhled dokumentů, ale upravovat je nelze. Každý soubor má tzv. revize a je možné obnovit obsah souboru na vybranou revizi. Revize jsou uchovány po dobu jednoho roku. Soubory je možné sdílet i s uživateli, kteří nemají účet u pCloudu.

Pro firemní zákazníky je nabízený rozšířený management uživatelů a monitoring s logy aktivity jednotlivých uživatelů.

## 2.5 Syncthing

Open source aplikace Syncthing synchronizuje soubory peer-to-peer. Nejedná se o čistou peer-to-peer architekturu, protože jeden z uzlů může být nastaven jako server a veškeré data budou synchronizována vůči tomuto uzlu. Syncthing je možné provozovat na většině dnešních systémů jako Windows, Linux, BSD a Mac OS.[12]

Aplikace poskytuje webové rozhraní, které je určené pouze pro nastavení parametrů jako discovery protokol pro objevování ostatních uzlů, jaké složky mají být synchronizovány nebo kolik verzí jednotlivých souborů má být uchováváno a mnoho dalšího. Velká přizpůsobivost umožňuje upravit fungování aplikace vlastním potřebám, na druhou stranu bude náročné udržovat systém s větším množstvím uživatelů vystavěný na této aplikaci. Jedná se tedy spíše o domácí řešení.

## Kapitola 3

# Návrh řešení a použité technologie

### 3.1 Architektura

#### 3.1.1 Příklad užití

### 3.2 Technologie

#### 3.2.1 GNU/Linux

#### 3.2.2 C++/C

#### 3.2.3 OpenAPI

#### 3.2.4 HTTP

[7] [4]

#### 3.2.5 Mock server

[1]

#### 3.2.6 Souborový systém v uživatelském prostoru (FUSE)

[13] [3]

#### 3.2.7 DBus

#### 3.2.8 Keyring

[10]

## Kapitola 4

# Popis implementace a nasazení aplikace

- Seznam použitých knihoven

### 4.1 Definice API

### 4.2 Mock server

### 4.3 Vyžívané cesty/soubory v Linuxové adresářové struktuře

#### 4.3.1 Konfigurační soubor

#### 4.3.2 SQLite databáze

### 4.4 Autentifikace

### 4.5 Práce se soubory

#### 4.5.1 Otevření souboru v příslušné aplikaci

[14]

### 4.6 Nasazení aplikace

#### 4.6.1 DPKG

#### 4.6.2 RPM

#### 4.6.3 Sestavení ze zdrojových souborů

## Kapitola 5

# Testovací sada

- Testy pro funkce třídy API

### 5.1 Google Test

## Kapitola 6

## Závěr

# Literatura

- [1] BLOOM, J. *MockServer* [online]. Mock Server, 2020 [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://www.mock-server.com/#what-is-mockserver>.
- [2] BOCCHI, E., DRAGO, I. a MELLIA, M. Personal Cloud Storage Benchmarks and Comparison. *IEEE Transactions on Cloud Computing*. 2017, sv. 5, č. 4, s. 751–764. DOI: 10.1109/TCC.2015.2427191. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7096995>.
- [3] BURIHABWA, D., FELBER, P., MERCIER, H. a SCHIAVONI, V. SGX-FS: Hardening a File System in User-Space with Intel SGX. In: *2018 IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom)*. 2018, s. 67–72. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8590996>.
- [4] CARLUCCI, G., DE CICCIO, L. a MASCOLO, S. HTTP over UDP: An Experimental Investigation of QUIC. In: *Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on Applied Computing*. Association for Computing Machinery, 2015, s. 609–614. DOI: 10.1145/2695664.2695706. ISBN 9781450331968. Dostupné z: <https://doi.org/10.1145/2695664.2695706>.
- [5] *Deploy Google Drive for desktop* [online]. Google, 2021 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://support.google.com/a/answer/7491144?hl=en>.
- [6] *Dropbox* [online]. Dropbox, 2021 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.dropbox.com/?landing=dbv2>.
- [7] FIELDING, R. a RESCHKE, J. *Hypertext Transfer Protocol (HTTP/1.1): Semantics and Content* [Requests for Comments]. RFC Editor, červen 2014 [cit. 2021-04-25]. DOI: 10.17487/RFC7231. Dostupné z: <https://www.rfc-editor.org/info/rfc7231>.
- [8] *Google Drive for developers - API Reference* [online]. Google, 2021 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://developers.google.com/drive/api/v3/reference>.
- [9] *Google Workspace* [online]. Google, 2021 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://workspace.google.com/>.
- [10] *What is: Linux keyring, gnome-keyring, Secret Service, and D-Bus* [online]. RTFM: Linux, DevOps, and system administration, 12. července 2019 [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://rtfm.co.ua/en/what-is-linux-keyring-gnome-keyring-secret-service-and-d-bus/>.
- [11] *PCloud* [online]. pCloud, 2021 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.pcloud.com/eu>.

- [12] *Syncthing* [online]. Syncthing, 2021 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://syncthing.net/>.
- [13] VANGOOR, B. K. R., TARASOV, V. a ZADOK, E. To FUSE or Not to FUSE: Performance of User-Space File Systems. In: *15th USENIX Conference on File and Storage Technologies (FAST 17)*. 2017, s. 59–72. Dostupné z: <https://www.usenix.org/conference/fast17/technical-sessions/presentation/vangoor>.
- [14] *Xdg-utils* [online]. freedesktop.org, 2019 [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://freedesktop.org/wiki/Software/xdg-utils/>.



## Příloha A

# Dokumentace projektu Validované datové uložště

## Příloha B

### Obsah přiloženého média