

FILESYSTEM CONSISTENCY CHECK FOR UNIVERSAL DISK FORMAT

Vojtěch Vladyka

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xvlady00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Petyovský

E-mail: petyovsky@feec.vutbr.cz

Abstract: This paper focus on creation of tool for detection and correction UDF filesystem in OS Linux. It describes all available error detection mechanisms described by ECMA-167 standard and possible solution how to correct found errors.

Keywords: UDF, fsck, Linux, error detection, error correction, filesystem

1 ÚVOD

V počítačové technice jsou data to, co má hodnotu. Proto je nutné při ukládání dat do souborového systému klást důraz na detekci případných chyb a možnosti jejich korekce. Pokud tato možnost chybí, nelze považovat úložné řešení za spolehlivé.

Právě z tohoto důvodu byla započata práce na nástroji *udffsck* pro OS Linux, protože v současné chvíli tento nástroj neexistuje jako open source řešení. Cílem této práce je navrhnout nástroj pro detekci a korekci chyb na souborovém systému *Universal Disk Format* (UDF).

2 FILESYSTEM CONSISTENCY CHECK

Filesystem Consistency Check (*fsck*) je Unixový nástroj určený pro kontrolu a opravu souborových systémů. Tento nástroj ovšem pouze zapouzdřuje nástroje specializované pro daný souborový systém který má být kontrolován a poskytuje tak uživateli univerzální ovládací rozhraní. Problém před kterým stála tato práce byl právě v absenci nástroje *fsck* pro souborový systém UDF (dále v textu), protože právě absence nástroje na kontrolu souborového systému je zásadním omezením použitelnosti daného souborového systému.

Nástroj *fsck* je mnou aktuálně rozpracován v linuxovém balíčku *udftools*. Cílem práce je po jeho dokončení zařazení do softwarového repozitáře balíčku *udftools* [1], který je součástí většiny dominantních linuxových distribucí.

3 UNIVERSAL DISK FORMAT

Universal Disk Format (UDF) je souborový systém, který vznikl jako následovník souborového systému ISO 9660, vyvinutého pro CD. UDF během svého vývoje prodělalo řadu rozšíření aby odpovídalo na požadavky médií, pro které bylo přednostně určeno. Takto se postupně rozšířilo od CD na DVD a BD. Ovšem díky svému zaměření na univerzálnost a přesnositelnost je i v této době úpadku optických médií optimální volbou pro přenos dat mezi různými operačními systémy například na flash discích.

UDF je popsán přednostně dokumentem *Universal Disk Format Specification* [2] a také standardem ECMA-167 [3]. Vzhledem k faktu, že balíček *udftools* podporuje UDF do verze 2.01 (rozšíření pro

DVD-RW) tak i moje implementace míří k této verzi přestože nejaktuálnější verze je 2.60 (rozšíření pro Blu-Ray.) Po aktualizaci zbytku balíčku nebude problém povýšit i nástroj `udffsck`.

4 DETEKCE CHYB A JEJICH OPRAVA

Detekce chyb je jádrem celé práce. UDF díky svému návrhu nabízí několik detekčních mechanismů. Jedná se o tyto:

- Kontrolní součet (Checksum)
- Cyclic Redundancy Check (CRC)
- Redundance deskriptorů souborového systému
- Příznak zápisu

Kontrolní součet (Checksum) zajišťuje kontrolní mechanismus všech identifikátorů (tagů) deskriptorů¹ souborového systému. Jedná se o prostý součet hodnot všech bytů tagu vyjma místa pro výsledek samotný a následné modulo 256.

Cyclic Redundancy Check (CRC) zajišťuje kontrolu samotných deskriptorů, přičemž referenční hodnota je uložena v tagu deskriptoru a tudíž zajištěná kontrolním součtem. Používá se CRC-CCITT, které je definováno těmito parametry:

- Délka: 16 bit
- Vstupní polynom: 0×1021
- Výchozí hodnota: $0 \times \text{FFFF}$
- Vstupní data nejsou zrcadlena (t.j. není provedena bitová rotace nad bytem)
- Výstupní CRC není zrcadleno
- Nad výstupním CRC není provedena operace XOR

Redundance deskriptorů je použita u skupiny deskriptorů s názvem *Volume Descriptor Sequence* (VDS). Ta obsahuje všechna metadata² týkající se souborového systému jako takového, nikoliv dat. VDS je uloženo ve dvou exemplářích jako *Main VDS* a *Reserve VDS*. Další případ redundance je v případě *Anchor Volume Descriptor Sequence* (AVDP) což je výchozí bod pro načtení souborového systému. Ten je uložen alespoň ve dvou exemplářích, často však i ve třech.

Příznak zápisu je mechanismus týkající se konzistence dat. Povinností ovladače souborového systému je v případě zahájení zápisové operace nastavit položku *Integrity Type* v deskriptoru *Logical Volume Integrity Descriptor* ([3, s. 62-63]) jako *Open Integrity Descriptor* a vrátit ho do stavu *Closed Integrity Descriptor* až po ukončení zápisové operace nebo odpojení oddílu. Tímto je zajištěno, že v případě přerušení zápisové operace bude oddíl označen jako nekonzistentní a může s ním být podle toho nakládáno.

Z tohoto výčtu je evidentní, že je možné detekovat chyby v metadatach souborového systému, případně detekovat nedokončený zápis dat, ale snadná korekce je možná pouze u VDS a AVDP. Korekce poškození samotných dat je nemožná kvůli absenci mechanismu na detekci chyb. Tato detekce je zajištěna přímo pomocí firmware jako CRC (ECC) datového média.

¹Deskriptor, neboli popisovač je struktura obsahující metadata² souborového systému.

²Metadata jsou data, která popisují jiná data. V tomto případě popisují způsob uložení dat na souborovém systému

5 NÁVRH NÁSTROJE UDFFSCK

Nástroj `udffsck` je koncipován jako interaktivní nástroj s možností automatických korekcí. Funkce nástroje je rozdělena do dvou fází:

1. Detekce chyb popsaných v kapitole 4 a jejich nahlášení uživateli - podle míry poškození buď dojde až ke kontrole souborového stromu nebo detekce skončí v některé z předcházejících fází. Typické body kde může detekce uvíznout je zničení všech AVDP (obsahuje ukazatel na VDS), zničení obou LVD (*Logical Volume Descriptor*, obsahuje ukazatel na kořenový adresář) nebo zničení *File Entry* kořenového adresáře, případně některého z podadresářů. Pokračování v kontrole poté není již možné, protože se nelze řídit daty v poškozených deskriptorech.
Je na zvážení přidání možnosti použití takových deskriptorů i přes jejich poškození, protože tato možnost může umožnit alespoň obnovu části dat v případě katastrofického poškození souborového systému.
2. Korekce chyb kde je to možné a zápis opravené verze. Pokud detekce prošla až k souborovému stromu, je možné provést i korekci v deskriptorech dat v případě nějakých nedokončených zápisů.

Návrh počítá s začleněním `udffsck` mezi ostatní `fsck`, takže dodržuje standardizované návratové hodnoty. Vstupní parametry standardizovány nejsou, protože každý souborový systém má jiné požadavky na kontrolu.

6 ZÁVĚR

Byla nastíněna problematika detekce chyb na souborovém systému UDF a možnosti jejich korekce. Bylo nastíněno několik variant jak lze provést jejich korekci včetně případných možností pro obnovu při velkém poškození.

V době psaní této práce je projekt rozpracovaný a umožňuje provést detekci všech chyb vyjma neukončené zápisové operace a koreci poškozeného AVDP a VDS.

Od započetí práce jsem v kontaktu se současným správcem balíčku `udftools` i s tvůrci různých nástrojů pro korekci UDF pro OS Free BSD. Stejně tak byla snaha o zkontaktování autorů nástroje `udf_fsck` v Apple macOS ale nebyla vyslyšena. Podobně dopadla i snaha o kontakt s tvůrci nástroje `udfct` od společnosti Philips, který provádí kontrolu média vůči standardu a slouží v současnosti jako referenční testovací řešení pro srovnání s mnou vyvíjeným nástrojem.

Práce v tuto chvíli směřuje k implementaci opravných algoritmů pro souborový strom a rozsáhlému testování na různých platformách a médiích. Je v plánu testování provést na architekturách x86, x86_64, ARM a Power8 pro ověření správné funkce na platformách s různou endiánitou.

REFERENCE

- [1] *pali/udftools*. In: *GitHub* [online]. 2016 [cit. 2016-11-21]. Dostupné z: <https://github.com/pali/udftools>
- [2] *Universal Disk Format Specification*. Revision 2.01. Cupertino, California: Optical Storage Technology Association, 2000.
- [3] *ECMA-167*. 3rd Edition. Geneva, Switzerland: ECMA, [online] 1997. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <https://www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST/Ecma-167.pdf>