

Posudek disertační práce

## Dynamické směrování v distribuovaných souborových systémech

Ing. Luboš Matějka

Cílem disertační práce Ing. Luboše Matějky bylo navrhnout technologii distribuovaných souborových systémů vhodnou pro podporu aplikací s mobilními klientskými zařízeními. Oblast, odpovídající spolupráci distribuovaných souborových systémů s mobilními zařízeními je poměrně široká.

V rámci řešení mechanismů podporujících replikaci dat v distribuovaných souborových systémech byl navržen systém KIVFS, který zvyšuje efektivitu replikací a rozšiřuje funkce existujících řešení o dynamické směrování. Přínos řešení je prezentován v kapitolách 7 až 9 textu práce.

Druhá až pátá kapitola jsou věnovány technologiím, o které se distribuovaný souborový systém KIVFS opírá. Kapitola 2 je přitom primárně zaměřena na výčet bezdrátových technologií potřebných pro připojování mobilních klientských prvků. Kapitola 3 je věnována topologii vlastního Internetu a jejímu vlivu na komunikační zpoždění. Následující kapitola 4 je výčtem metod směrování používaných v Internetu.

Nejvýraznější vazbu na disertační práci řešený problém má kapitola 5. Ta je přehledem mechanismů využívaných v existujících distribuovaných systémech souborů (meziprocesová komunikace, konzistence souborů, logické hodiny, transakční zpracování, replikace, transparence a bezpečnost). Je zároveň přehledem existujících technologií distribuovaných souborových systémů současnosti a jejich funkční podpory pro

- konzistenci kopií souborů a
- optimalizaci směrování datových toků.

Kapitola 6 definuje základní cíle projektu - **návrh distribuovaného souborového systému pro mobilní zařízení, zajištění postupné replikace ukládaných dat (Multi-Master RW On-line) a optimalizaci komunikace na aplikační úrovni.**

Vlastnímu řešení problému - základním funkcím systému KIVFS - kódování přenášených dat, zajištění konzistence a popisu struktury jednotlivých složek (VFS, DB, FS) je věnována část kapitoly 7. Ta je uzavřena testem pro skupinu tří serverových prvků a jednoho fixně připojeného klienta. Konečně, kapitola 8 popisuje mechanismus Multi-Master RW On-line a kapitola 9 optimalizaci směrování.

Kapitoly 7 až 9 tak informují o řešeních o která se opírá systém KIVFS, a o výsledcích, jichž bylo dosaženo při jejich testování. V rámci obhajoby bych rád dostal odpověď na následující otázky, týkající se právě těchto kapitol:

1. Jak podrobněji vypadala struktura, která byla použita pro testování KIVFS, vyjadřují Výpis 7.1 (str.58), Obr. 7.5 (str.63), Tab. 7.5 (str.64), Tab. 7.6 (str.65), Obr. 7.6 (str.66), Obr. 7.12 (str.79) a Obr.9.1 (str.90)? Jak vypadalo reálné rozložení serverů (případně jejich složek  $DB_i$  a  $FS_i$ ) na jednotlivé počítače a proč byl test realizován pro pouze jednoho klienta  $K$  připojeného k serveru  $FS_2$  ?
2. Logický čas, o který se KIVFS opírá, jsou skalární Lamportovy hodiny mezi DB moduly. Jejich výhodou je, že celkový přenos časových známek závisí na počtu modulů jen lineárně (na rozdíl od vektorových maticových hodin). Projeví se tento vliv výrazně i u jednoduchých struktur jako je např. ta, popsaná Obr.9.1 (str.90)?
3. Fragmentace souborů při jejich přepisu a rozhodování o logickém čase na úrovni práce s metadaty v DB modulech je zřejmě primárním zdrojem výsledků dosažených při testech odpovídajících Tab. 8.1 (str.86). Jak takové výsledky závisí na statistice operací Write a Read ?
4. Byly v rámci řešení brány v úvahu jiné struktury než přímá vazba počítačů (úplný graf), FS serverů, DB modulů a VFS front-endů?

## Hodnocení

Disertační práce Ing. Luboše Matějky je orientována na problém, jehož řešení je výrazným přínosem a je prakticky využitelné.

Konkrétní distribuované architektury souborových systémů závisí na množství metod souvisejících s rozkládáním souborů/dat ve skupinách počítačů topologicky propojených vhodnou počítačovou sítí. Předkládaná disertační práce se orientuje na dvě specifické oblasti, ve kterých současné prakticky využívané systémy podporu neposkytují buď vůbec, nebo jen poměrně neefektivně. Jsou to:

- zajištění on-line replikace a
- optimalizace směrování datových toků v souborovém systému.

Pokud jde o strukturu práce, rozhodně bych dal přednost přesnější a trochu více formální definici struktury souborového systému. Pro zobrazení konkrétní reality by možná bylo vhodnější dovolit i slabší vazbu mezi pamětí pro reálné soubory, metadata a virtualizující "front-endy" než jak ji ukazuje Obr. 7.1 a propojení zajistit vhodným mapováním.

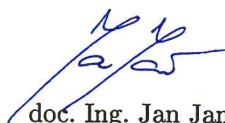
Práce je psána přehledně (v češtině), vytknout jí mohu spíš nadbytečné informace v úvodních kapitolách 2 až 4, které mohly nahradit jen opravdu zkratkovité odkazy na běžné publikace.

Výsledky práce Ing. Luboše Matějky byly publikovány na mezinárodních konferencích (mezi nimi dva příspěvky zajímavě citované) a ve dvou recenzovaných zahraničních časopisech.

Ing. Luboš Matějka svou prací v problematice distribuovaných systémů souborů prokázal svou schopnost řešit teoreticky zajímavý problém a prezentovat dosažené výsledky.

Disertační práci na základě uvedených skutečností a s ohledem na splnění požadavků Studijního a zkušebního řádu ZČU a §47 zákona č. 111/98 Sb. **doporučuji** k obhajobě.

V Praze dne 10. března 2018



doc. Ing. Jan Janeček, CSc.

## Oponentní posudek disertační práce Ing. Luboše Matějky

### Dynamické směrování v distribuovaných souborových systémech

#### a) Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Deklarovaným cílem práce je navrhnout a implementovat nový souborový systém umožňující efektivní propojení mobilních zařízení a geograficky rozsáhlých datových úložišť. S tím souvisí návrh systému replikací tzv. Multi Master RW Online replikace. Dále se autor zaměřuje na možnost fungování tohoto souborového systému v geograficky rozsáhlých aplikacích a navrhuje systém efektivní volby datové cesty na aplikační úrovni. Stanovený cíl je pro danou oblast významný a jeho řešení poskytne nové možnosti pro řešení aktuálních případů.

Předložená disertace pokračuje v řadě prací KIV ZČU věnovaných principům operačních systémů zaměřených na datové aplikace.

#### b) Vyjádření k postupu řešení, použitým metodám a splnění určeného cíle

Autor navrhl a implementoval nový souborový systém KIVFS, umožňující efektivní propojení mobilních zařízení. Dále navrhl systém replikací, umožňující nejen číst, ale i zapisovat na libovolnou repliku v rámci distribuovaného souborového systému tak, že systém sám je schopen provést asynchronní replikaci dat na další uzly bez toho, aby uživatel musel čekat, až se dokončí replikace na všechny uzly. S ohledem na možnost fungování KIVFS v geograficky rozsáhlých systémech navrhl systém efektivní volby datové cesty na aplikační úrovni.

V disertaci se autorovi podařilo demonstrovat splnění deklarovaných cílů, tj. vyřešení problému přístupu mobilních zařízení k rozsáhlým datovým skladům a jejich sdílení využitím distribuovaného souborového systému.

#### c) Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele

Výsledky byly ověřeny v rámci experimentálního systému KIV ZČU a prokázaly užitečnost navrhovaného řešení, tedy možnost současného zaměření se jak na rozsáhlé datové systémy, tak i na mobilní aplikace. Původním přínosem jsou navržené a publikované algoritmy a jejich ověření.

#### d) Vyjádření k systematice, přehlednosti a formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce

Formální úprava práce splňuje obvyklé požadavky na disertaci. Práce je logicky členěna. Prvních pět kapitol shrnuje současný stav studované problematiky a přechází k formulování cílů a vlastního přínosu. Jednotlivé kapitoly a podkapitoly logicky navazují a demonstrují orientaci disertanta v dané problematice. Autor volí odpovídající jazykové prostředky k prezentaci základních myšlenek práce.

e) Vyjádření k publikacím studenta

Autor úspěšně publikoval danou problematiku v letech 2005 – 2017 na mezinárodních i tuzemských konferencích a rovněž v roce 2014 v časopise *Journal of Networks*. Doporučuji soustředit se ve větší míře na publikace na mezinárodním fóru.

f) Doporučení k obhajobě

Předloženou práci doporučuji k obhajobě.

V Brně dne 7.1.2018

Prof. Ing. Miroslav Švéda, CSc.

