

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**JEDNOÚČELOVÝ OPERAČNÍ SYSTÉM
FREENAS A JEHO NAsAZENÍ**

**ONE PURPOSE OPERATING SYSTEM
FREENAS AND IT'S IMPLEMENTATION**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VÁCLAV NAVRÁTIL

VEDOUCÍ PRÁCE: ING. LADISLAV BERÁNEK, CSc., MBA

V Českých Budějovicích 20. dubna 2009

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 20. 4. 2009

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Ladislavu Beránkovi, CSc., MBA
za cenné rady při psaní této práce.

Anotace

V rámci této bakalářské práce jsou zkoumány vlastnosti běžně dostupných NAS operačních systémů založených na jádrech operačních systémů FreeBSD, Linuxu a OpenSolarisu.

V teoretické části práce je popsán současný stav a jsou prezentovány základní informace o jednotlivých systémech.

V praktické části práce je popsána metodika a průběh testování NAS systémů nainstalovaných na pokusný počítač. Testování je zaměřeno na tři oblasti. V první oblasti je testována schopnost systémů pracovat s hardwarem pokusného počítače. Druhá oblast je zaměřena na zjištění přenosové rychlosti NAS systémů. Poslední oblast zkoumá vliv jednotlivých NAS operačních systémů na spotřebu elektrické energie.

Abstract

This work has examined features of the commonly available NAS operating systems based on kernels of FreeBSD, Linux, and OpenSolaris.

Described in the theoretical part of the work is a detailed explanation of today's' current situation, along with basic information regarding these NAS systems that are being tested.

The practical part discusses varying methods and the processes of testing NAS systems, when installed on an experimental machine. Testing is divided into three areas. The first one is targeted on testing the ability of those NAS systems to be installed on an experimental computer. The second part is the speed of NAS systems benchmarked. The last part is the actual testing of the influence of the different NAS systems on electric consumption, on the experimental machine.

Obsah

1.	Úvod	8
2.	Cíle práce.....	10
3.	Současný stav	11
3.1	NAS technologie	11
3.1.1	Historie.....	11
3.1.2	Výhody NAS zařízení v malé firmě.....	12
3.1.3	Výhody NAS zařízení v domácnosti	12
3.1.4	Obecné nevýhody NAS systémů	13
3.2	Popis NAS distribucí	14
3.2.1	FreeNAS.....	14
3.2.2	Openfiler	18
3.2.3	SME Server	21
3.2.4	NexentaStor	23
3.2.5	NASLite-2M	26

4. Porovnání NAS distribucí	29
4.1 Metodika	29
4.2 Výsledky	38
4.2.1 Hardwarová kompatibilita	38
4.2.2 Přenosová rychlost	39
4.2.3 Spotřeba	43
4.2.4 Celkové výsledky	45
5. Vlastní zkušenost se systémem FreeNAS.....	47
5.1 Profesionální zkušenost	47
5.2 Osobní zkušenost	48
6. Diskuse	51
7. Závěr	53
8. Seznam zkratek	55
9. Literární zdroje	58

1. Úvod

Téma své bakalářské práce jsem si zvolil, protože se jedná o problematiku mně blízkou.

Na přelomu let 2007 a 2008 jsem ve zdravotnickém zařízení **THERAP – TILIA**, se kterým externě spolupracuji, realizoval počítačovou síť, jejímž prvkem bylo rovněž NAS zařízení. Zásadním požadavkem k nasazení tohoto síťového prvku byla jeho cena. Proto jsem musel použít řešení postavené právě na jednoúčelovém operačním systému a klasické "low endové" počítačové sestavě.

Několik dní jsem nesystematicky testoval operační systémy FreeNAS a Openfiler. Tyto operační systémy jsem vybral na základě práce Syeda Atif Aliho OpenSource NAS solution. [22] Překvapivě jsem došel k opačným výsledkům a rozhodl se pro nasazení systému FreeNAS. Až do dnešního dne nenastaly se systémem samotným žádné vážné problémy a vyžaduje pouze běžnou údržbu.

Postupně jsem systém FreeNAS implementoval do své vlastní domácí sítě, a to opět bez větších problémů a k všeobecné spokojenosti.

Téma své bakalářské práce jsem tedy vybral na základě své zkušenosti se systémem FreeNAS a zájmu systematicky otestovat více, v podstatě všechny běžně dostupné, NAS operační systémy a vytvořit tak hodnotný dokument s potenciálem napomoci při výběru jednoúčelových NAS operačních systémů.

V první části této práce pojednávám obecně o systémech NAS a vhodnosti jejich použití. V další části se věnuji popisu dostupných jednoúčelových NAS operačních systémů s důrazem na systém FreeNAS a praktickým zkušenostem s jeho nasazením. Jako třetí část uvedu metodiku a výsledky testování NAS systémů pro účely malé firmy.

2. Cíle práce

Cílem teoretické části této práce je popsat současný stav systému FreeNAS a ostatních dostupných NAS operačních systémů. Popsány budou jak systémy distribuované pod nějakou ze svobodných licencí, tak i systémy proprietární. V rámci tohoto popisu bude brán zřetel hlavně na samotné funkce popisovaných NAS systémů.

Dalším z cílů teoretické části je prezentace vlastních zkušeností autora s nasazením systému FreeNAS a vymezením jeho úlohy v rámci projektu FreeNAS.

Cílem praktické části je otestovat vlastnosti zkoumaných NAS operačních systémů.

Předmětem zkoumání bude:

- 1) hardwarová kompatibilita jednotlivých systémů
- 2) rychlost přenosu náhodných souborů o různých velikostech mezi klientským počítačem a testovaným NAS systémem
- 3) ověření vlivu nasazení různých NAS systémů na spotřebu experimentálního stoje.

3. Současný stav

3.1 NAS technologie

3.1.1 Historie

V polovině 80. let, krátce po svém založení, představila společnost Sun Microsystems, Inc. koncept NFS. O něco později prezentovaly firmy IBM a Microsoft svou technologii SMB, později známou jako CIFS.

Tyto dva protokoly, které umožňují připojit síťový disk tak jako by byl přímo fyzicky přítomný v lokálním počítači, byly prvním milníkem na cestě k NAS zařízením. Mnoho firem začalo svá data ukládat centralizovaně na NFS nebo Windows fileserverech, k nimž zaměstnanci vzdáleně přistupovali. Jednalo se v některých případech o stovky až tisíce uživatelů. [19]

Tento přístup výrazně zlepšil efektivitu uložení dat. Všechna důležitá data byla uložena na vzdáleném serveru, jednotliví uživatelé s k nim dostaly z každého počítače ve firmě a vedení firmy mělo jistotu, že data jsou pravidelně zálohovaná a v případě poruchy uživatelského zařízení nedojde ke ztrátě důležitých dat, protože provádět zálohu jednoho centrálního serveru je levnější a snazší než zálohovat každý uživatelský počítač.

Nároky na servery se v průběhu let postupně zvyšovaly a docházelo tak k oddělení jednotlivých služeb na samostatné fyzické stroje s různým nastavením a různými systémy specializovanými právě na vykonávání pouze jedné činnosti.

Tento vývoj dal vzniknout NAS zařízením, která se zaměřují na správu dat. Je pro ně typická podpora RAIDu - možnosti vytvářet datová úložiště s určitým stupněm redundance, tak aby při výpadku jednoho či více disků nedošlo ke ztrátě dat.

3. 1. 2 Výhody NAS zařízení v malé firmě

Hlavní výhodou je možnost centralizovaně ukládat data. Uživatelé mají díky síťovým diskům přístup ke svým datům z různých stanic po celé firmě. Výhodou je i snadná správa celého zařízení, kdy stačí zálohovat pouze jeden rozsáhlý systém místo desítek či stovek klientských počítačů.

3. 1. 3 Výhody NAS zařízení v domácnosti

V domácnosti je hlavní výhodou NAS zařízení usnadnění sdílení dat mezi jednotlivými členy domácnosti, kdy mají všichni přístup ke stejným složkám a mohou tak například paralelně přistupovat ke svým fotografiím bez toho, aby každý z nich musel mít kopii dat uloženou na svém počítači.

Moderní NAS systémy pro domácnosti navíc podporují streamování multimédií pomocí protokolů UPnP, DAAP a jiných, proto mohou sloužit jako srdce multimediální domácnosti, v níž je možné pomocí DVD přehrávače nebo herní konzole procházet složky na discích NAS zařízení a přehrávat v nich uložený multimediální obsah na obrazovce televize či domácího kina. [23]

3. 1. 4 Obecné nevýhody NAS systémů

Jako zásadní nevýhoda NAS serverů je v prostředí zvláště malých firem zdánlivý pocit bezpečí, který přináší použití RAIDových polí. Častokrát je NAS považovaný za dostatečný prostředek k zálohování dat. Přičemž si uživatelé neuvědomují možnost vzniku chyby v důsledku lidského faktoru. [9] Omylem smazaný soubor je odstraněn a možnost jeho obnovy je velmi omezená. Je pravda, že tento problém je u některých NAS systémů kompenzován možností vytvářet otisky disku - snapshoty. Ale ani toto řešení není stoprocentně funkční v případě fyzického poškození či zničení NAS systému.

3.2 Popis NAS distribucí

3.2.1 FreeNAS

FreeNAS je jednoúčelová BSD distribuce v aktuální stabilní verzi postavená na FreeBSD 6.4. Konceptně vychází z distribuce m0n0wall z níž čerpá především svým minimalistickým pojetím a webovým rozhraním s použitím PHP skriptů. [8]

Systém FreeNAS začal v roce 2005 vyvíjet Francouz Olivier Cochard-Labbe, který do současnosti působí jako vedoucí malého mezinárodního vývojového týmu. [2]

Mezi hlavní přednosti tohoto systému patří nízké nároky na hardwarové vybavení počítače, na němž je instalován. Samotná instalace má necelých 70 MB a je možné ji provozovat z LiveCD, USB Flash Disku, paměťové karty nebo samozřejmě z pevného disku počítače. [13] Samotné nároky na výkon systému jsou také velmi nízké. K správnému fungování FreeNASu postačí jakýkoliv procesor Pentium s minimálně 96 MB RAM. Toto je oproti konkurenčním systémům

<i>Aktuální stabilní verze</i>	<i>0.69 z 17. 1. 2009</i>
<i>Podporované architektury</i>	<i>x86 a x86-64</i>
<i>Správa přístupu ke složkám</i>	<i>LDAP, Active Directory, vlastní správa uživatelů</i>
<i>Podporované souborové systémy</i>	<i>UFS, FAT, FAT32, EXT2, EXT3 a NTFS</i>

výrazná výhoda, protože umožňuje nenáročnou implementaci do sítě bez finančních nároků na nákup nového stroje. Samozřejmě použití takovéto minimalistické konfigurace nelze obecně doporučit, ale pro získání zkušeností se systémem a jeho integrací do lokální sítě je zcela dostačující.

Krom nízké náročnosti na hardware je předností FreeNASu i široká paleta podporovaných funkcí a služeb [7].

Základními službami systémů jsou:

- CIFS/SMB
- FTP
- TFTP
- SSH
- NFS
- AFP
- UPnP
- Rsync
- Unison
- iSCSI Target
- iTunes/DAAP
- Webserver
- BitTorrent

Z tohoto výčtu je patrné, že systém FreeNAS bude fungovat v jakékoli síti, ať již bude tvořena klienty s operačním systémem Windows, Mac OS nebo jiným systémem historicky vycházejícím z Unixu. FreeNAS se ovšem neomezuje pouze na komunikaci s počítači. Především v domácnostech může být zajímavá funkce UPnP Audio/Vizuálního serveru s jehož pomocí je možné streamovat multimediální soubory přímo do zobrazovacích zařízení, herních konzolí, mobilních telefonů a dalších zařízeních podporujících sadu protokolů Universal Plug and Play. Kompletní přehled zařízení s oficiální podporou UPnP je možné najít na <http://www.upnp-ic.org/kshowcase/view/>. Především pro uživatele platformy Apple Mac a obecně pro všechny uživatele Apple iTunes je určena podpora protokolu pro multimediální streaming DAAP. Při použití tohoto protokolu pak FreeNAS funguje jako databáze multimediálního obsahu pro všechny počítače s Apple iTunes na dané lokální síti.

V prostředí malých firem může být užitečná funkce Webserveru a to k tvorbě nenáročného firemního intranetu. Je ovšem nutné podotknout, že použití těchto služeb přesahujících primární účel NAS zařízení má vliv na výkon systému a může nejen zpomalovat ostatní primárně NASové služby, ale také zvyšovat nároky na hardware.

Mezi další funkce operačního systému FreeNAS patří:

- Software RAID
- Šifrování disků
- S. M. A. R. T.
- Firewall
- Power a Noise Management
- UPS
- SNMP
- Dynamic DNS
- E-mail reporting
- File Editor a File Manager

Významnou předností systému FreeNAS je jeho podrobně zpracovaný manažer hlučnosti a spotřeby elektrické energie. Disky v době, kdy nejsou používány lze zcela vypnout, což snižuje nejen spotřebu energie a hlučnost zařízení, ale také zvyšuje životnost disků.

Monitorovací funkce, které dovolují sledovat stav sítě a pevných disků, jsou rovněž užitečné a ve spojení s pravidelnými emailovými reporty dovolují i ve omezeném prostředí dobře sledovat stav systému.

Ve firemním prostředí je jistě velkou devizou i možnost vytvářet šifrované disky a zabezpečit tak svá data před odcizením.

System je nyní dostupný z <http://www.freenas.org>. Poslední stabilní verze je verze 0.69 ze 17. ledna 2009. System FreeNAS je šířen pod jednou z nesvobodnějších licencí pod BSD Licencí. [8]

3.2.2 Openfiler

Openfiler je NAS systém založený na distribuci od firmy rPath, konkrétně se jedná o distribuci s názvem rPath Linux. V dnešní stabilní verzi je jádrem systému linuxové jádro verze 2.6.

S vývojem systému Openfiler začal v roce 2001 Mukund Sivaraman z firmy Xinit Systems. Tato firma v roce 2003 založila projekt, kterému věnovala dosud vyvinuté zdrojové kódy systému a na začátku roku 2004 vyšla první verze systému Openfiler. [6]

<i>Aktuální stabilní verze</i>	<i>2.3 respin z 3.2.2009</i>
<i>Podporované architektury</i>	<i>x86 a x86-64</i>
<i>Správa přístupu ke složkám</i>	<i>LDAP, Active Directory</i>
<i>Podporované souborové systémy</i>	<i>EXT2, EXT3 a XFS</i>

Samotný systém má relativně velké nároky na výkon počítače na nějž je instalován. Procesor architektury x86 nebo x86-64 s minimálním taktem 1 GHz, operační paměť nejméně 512 MB. Samotná instalace pak zabírá přibližně 1,5 GB místa na pevném disku, přičemž velikost instalačního média je 315 MB. [24] System nedisponuje jinou možností

než jej instalovat na pevný disk počítače, což ztěžuje první orientaci v systému, která se nedá získat za použití neinvazivního LiveCD. Další nevýhodou instalace na pevný disk je zvýšení hlučnosti a spotřeby elektrické energie, protože systém během svého běhu nemůže vypnout disk z něhož je provozován. V neposlední řadě vzniká díky pohyblivým částem v pevném disku větší riziko závady než při použití technologie bez pohyblivých částí. Samozřejmě je možné tuto nevýhodu kompenzovat a systém provozovat i z jiných zařízení než jen z pevného disku. Tato vlastnost ale není implicitně systémem podporována a vyžaduje další investice do hardware, případně samotnou instalaci značně znesnadňuje. [16]

Na systému Openfiler je možné provozovat tyto služby:

- CIFS/SMB
- NFS
- Webserver
- FTP
- iSCSI target
- Rsync

Je vidět, že kromě služby Webserveru, neposkytuje Openfiler žádné další služby nad rámec NAS systému. Nicméně pro samotnou NAS funkcionalitu nejsou žádné další služby potřeba.

Za nedostačující lze ovšem považovat funkcionalitu monitoringu disků a sítě, která zcela chybí. Mezi další funkce tohoto systému tedy pouze patří:

- Software RAID
- UPS
- E-mail reporting
- Snapshots
- Kótování

Ani další funkcionalita není nikterak široká. Nejzajímavější funkcí systému je možnost vytvářet unikátní otisky stavu disku v čase takzvané snapshoty, které jsou určeny pouze ke čtení a změna "ostrých" dat na disku na ně nemá vliv. Tato funkce je užitečná především v podnikové sféře jako ochrana před chybami uživatelů a zařízení, které způsobí poškození, ztrátu nebo zničení kritických dat. Pro stejnou sféru je určena i propracovaná kótovací funkce. Ta dovoluje nastavit skupinám i jednotlivým uživatelům limity v množství uložených dat a to nejen v závislosti na velikosti dat, tak i v závislosti na konkrétním počtu ukládaných souborů.

Systém Openfiler je dostupný z webu <http://www.openfiler.com>. Poslední stabilní verzí je verze 2.3 Respin vydaná 3. února 2009. Openfiler je šířen pod licencí GNU GPL v. 2. Podpora k systému je

komerční a i podrobnější dokumentační materiály jako například Openfiler Administrator Guide jsou dostupné pouze za úplatu. [16]

3. 2. 3 SME Server

SME server je distribuce založená ve své aktuální stabilní verzi na linuxovém jádře 2. 6. A distribuci CentOS. Nejedná se přímo o NAS zařízení, ale o kompletní server spravující firemní či domácí přístup k internetu. Funguje jako firewall, proxy, mail server, web server a samozřejmě poskytuje základní NAS funkcionalitu. Do této práce byl zařazen především pro své jednoduché nastavení. [12]

<i>Aktuální stabilní verze</i>	7. 4 z 21. 11. 2008
<i>Podporované architektury</i>	x86
<i>Správa přístupu ke složkám</i>	LDAP, Active Directory, vlastní správa uživatelů
<i>Podporované souborové systémy</i>	EXT3

Historie tohoto systému sahá skoro až ke kořenům NAS systémů. S vývojem začala roku 1998 kanadská firma Mitel. Systém vydávala pod názvem ezWorkgroup. [11] Spolupráce mezi firmou Mitel a zakladatelem projektu e-Smith Joe Morrisonem dala v roce 2000 vzniknout projektu SME Server. [3][5]

SME Server může fungovat na počítači s procesorem architektury i586 nebo i686 s minimální frekvencí 400 MHz, operační

paměti 256 MB RAM a nejméně 4 GB velkým pevným diskem. Instalace je možná pouze na pevný disk. Zajímavou funkcí tohoto systému je automatické vytvoření RAID pole při instalaci. Pokud je instalace prováděna na dva disky je automaticky zvolen RAID 1 - zrcadlení, pokud je instalace prováděna na 3 – 5 disků je zvolen RAID 5 a při instalaci na více disků je použit RAID 6. [12]

Funkce systému jsou rozsáhlé a orientované na firemní sféru, základní vlastnosti systému jsou tyto:

- NFS
- SMB/CIFS
- FTP
- PPTP
- SSH
- SNMP
- Proxy
- Print Server
- Firewall
- Mail Server – SMTP, POP3, IMAP, Antivirus & SPAM Assassin
- Web Server

Z tohoto výčtu je vidět, že se jedná o plnohodnotný server, který může snadností své instalace a nastavení zaujmout právě v podnikovém prostředí. Nevýhodou může být poměrně velká náročnost jádra systému pocházejícího ze systému CentOS na

hardware, ale s trochou pozornosti při vybírání komponent by ani toto neměl být zásadní problém.

Mezi další zajímavé funkce systému SME Server patří dobře integrovaný systém na zálohování dat, kdy v samotné instalaci existuje několik modulů na zálohu na pásky nebo jiná síťová zařízení a to jak v kompletním zálohovacím modu tak modu inkrementálním. Výhodou je jistě i automatická aktualizace systému a velmi snadná možnost jeho rozšíření pomocí balíčků v RPM formátu.

Systém je dostupný z http://wiki.contribs.org/Main_Page. Aktuální stabilní verze je 7. 4 vydaná 21. listopadu 2008. SME Server je šířen pod GNU GPL licencí. [12]

3. 2. 4 NexentaStor

Je komerční NAS operační systém postavený na spojení jádra systému SunOS 5.11 a dvou linuxových distribucí - distribucí Debian a Ubuntu.

Vývoj tohoto systému započal krátce poté, co firma Sun Microsystems, Inc. v červnu roku 2005 zveřejnila

<i>Aktuální stabilní verze</i>	1. 1. 7. z 8. 4. 2009
<i>Podporované architektury</i>	x86 a x86-64
<i>Správa přístupu ke složkám</i>	LDAP, Active Directory, vlastní správa uživatelů
<i>Podporované souborové systémy</i>	ZFS

system OpenSolaris pod svobodnou CDDL licenci. Za produktem NexentaStore stojí společnost Nexenta Systems, která mimo jiné společně s HackeZone vyvíjí svobodnou distribuci Nexenta OS založenou na provázání jádra systému OpenSolaris s linuxovými distribucemi Debian a Ubuntu. [14]

System NexentaStor je poměrně náročný. Jeho minimální požadavky jsou 32 (není doporučen) nebo 64 bitový procesor, operační paměť o velikost 768 MB a přibližně 750 MB volného prostoru na pevném disku. Požadavky pro optimální fungování jsou ovšem daleko větší. Z důvodu předpokládaného serverového nasazení a nedostatku ovladačů zařízení pro jádro OpenSolarisu je tento systém choulostivý na výběr hardware a při jeho nasazení je třeba dbát zvýšené opatrnosti při výběru odpovídajících komponent. [15]

NexentaStor je zaměřen na korporátní sféru. Služby, které tento systém nabízí, budou nejlépe vyhovovat velkým firmám. Mezi základní funkce tohoto systému je třeba zařadit:

- ZFS snapshots
- WORM (Write Once Read Many)
- CIFS (implementované na úrovni jádra)
- FTP
- NFS
- SSH
- Rsync
- Software RAID
- ZFS šifrování
- S. M. A. R. T.
- SNMP
- Email reporting

Velkou devizou systému NexentaStor je právě souborový systém ZFS, který nativně podporuje možnost tvorby inkrementálních otisků diskového oddílu – snapshotů, transparentní kompresi výrazně urychlující zápis a stálou kontrolu konzistence zapsaných dat. Pro ZFS je také typická prakticky nepřekonatelná kapacitní hranice 16 EB. [10]

Operační systém NexentaStor je možné zakoupit na webové adrese <http://www.nexenta.com/store>. Ceny se pohybují podle maximální datové kapacity od 1 100 \$ za licenci pro systém s kapacitou 4 TB až k pravidelnému ročnímu poplatku 45 000 \$ za systém

bez kapacitních omezení. Poslední stabilní verze systému je NexentaStor 1. 1. 7, která vyšla 8. dubna 2009. [15]

3. 2. 5 NASLite-2M

Je minimalistická komerční distribuce multimedialního NAS systému založeného na linuxovém jádře 2. 4. NASLite-2M náleží do rodiny produktů, která obsahuje:

NanoNAS - NAS systém fungující z jednoho floppy disku.

<i>Aktuální stabilní verze</i>	1. 02 z 23. 3. 2009
<i>Podporované architektury</i>	x86
<i>Správa přístupu ke složkám</i>	žádná
<i>Podporované souborové systémy</i>	EXT2, EXT3

NASLite-2 - NAS systém s podporou základních NAS funkcí.

NASLite-2M - NAS systém s podporou služeb na streamování multimedialních souborů. [18]

První verze systému NASLite byla vydána v roce 2004 společností CEE Network Services, Michigan, USA, tato verze byla a stále je šířena jako svobodný software pod licencí GNU GPL. Druhá verze vydaná roku 2006 je již šířena jako proprietární software bez zdrojových kódů.

Tento postup je licenčně problematický. Protože jádro Linuxu a i ostatní komponenty obsažené v systému NASLite-2 respektive NASLite-2M jsou šířené pod svobodnou licenci GNU GPL, která ve svém druhém paragrafu podobné jednání vylučuje.¹ [20]

Nároky na hardware má tato distribuce naprosto minimální. Celková velikost instalačního balíku je 8,5 MB Optimální konfigurace pro její plné fungování je jakýkoliv procesor Pentium, 64 MB RAM a 32 MB volného místa na pevném disku, USB Flash disku nebo paměťové kartě. Minimální konfigurace pak představuje procesor 486DX a 32 MB RAM. Příjemná je i možnost celý systém nejprve otestovat z LiveCD. [17]

Funkčně je tento systém určen do domácností, protože postrádá mnohé funkce nezbytné pro podnikovou sféru. Veškeré nastavení je nutné dělat pomocí klávesnice přímo u NAS zařízení nebo vzdáleně pomocí nezabezpečeného protokolu TELNET. WebGUI slouží pouze k zjišťování aktuálního stavu systému, nedají se přes něj dělat žádné změny. Další nevýhodou je absence správy přístupu k adresářům, jednotlivé disky mohou být pro všechny uživatele přístupné na čtení i

¹ V souvislosti s tímto problematickým výkladem GNU GPL licence kontaktoval autor této práce Free Software Foundation (FSF) [gnu.org #431799]. Autor vyjádření FSF zatím neobdržel, a proto není možné podezření z porušení GNU GPL licence nijak podložit.

zápis, pouze na čtení, nebo nebyt přístupné vůbec. Jako poslední věc je třeba zmínit, že systém NASLite-2M nepodporuje softwarový RAID.

Funkce systém jsou tyto:

- SMB/CIFS
- FTP
- NFS
- AFP
- Rsync
- DAAP
- UPnP
- S. M. A. R. T.

System je velmi jednoduchý, ale i tak plně dostačuje nenáročnému domácímu použití. Do podnikové sítě se nehodí především kvůli absenci šifrování, podpory softwarového RAIDu a správy přístupu k adresářům.

NASLite-2M je dostupný na webu <http://www.serverelements.com/> za cenu 34,95 \$. Poslední aktuální verze je verze 1.02 z 23. března 2009. [17]

4. Porovnání NAS distribucí

4.1 Metodika

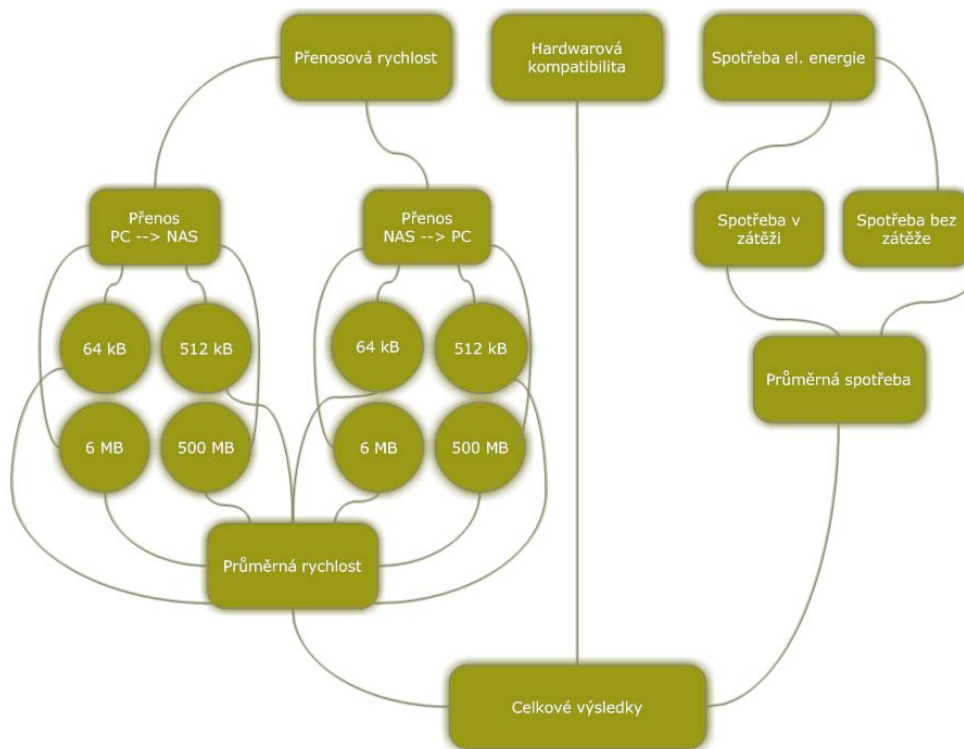
Porovnáváno bude celkem pět systémů.

1. FreeNAS
2. Openfiler
3. SME Server
4. NexentaStor
5. NASLite-2M

Hodnocení NAS systémů v rámci této práce je založeno na třech testech vycházejících z běžných potřeb domácností a malých firem. Jednotlivé testy mají za cíl prověřit tyto vlastnosti zkoumaných NAS systémů:

1. schopnost práce s méně obvyklými kusy hardware;
2. přenosovou rychlost souborů při použití protokolu SMB;
3. snížení energetických nároků v době, kdy je systém nepoužíván.

Schéma 1 – Diagram průběhu testování NAS distribucí.



V každém testu bude možné pro daný systém získat 0 - 10 bodů. Body budou přiděleny podle pořadí výsledků.

Tabulka 1 - Systém přidělování bodů.

pořadí systému v testu	přidělené body
1.	10 bodů
2.	8 bodů
3.	6 bodů
4.	4 body
5.	2 body

Součet konečného množství bodů bude určující pro celkové hodnocení NAS systémů. Totální neúspěch v některém z testů má za následek vyloučení daného systému z dalších testování.

Pokud nepůjde provést pouze část testu, bude systém penalizován dodatečnou ztrátou bodů.

Konfigurace testovacího stroje je následující:

Tabulka 2 - Hardwarová konfigurace testovacího počítače.

Hardware testovacího stroje	
Procesor	Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 2,40GHz
Počet jader	1
Rychlost CPU	2,42 GHz
Velikost Cache	512 kB
Velikost operační paměti	3× 256 MB DDR 266 MHz
Základní deska	MSI 865PE Neo2-V
PCI zařízení	Digitus Gigabit PCI Card 10/100/1000 Mbit 32-bit Realtek
	Silicon Image, Inc. Adaptec AAR-1210SA SATA HostRAID Controller
	Silicon Image, Inc. PCI0680 Ultra ATA-133 Host Controller
IDE zařízení	Hewlett-Packard CD-Writer Plus 9100b
	WDC WD400EB-42CPF0 (kapacita: 37.27 GB)
	ST3802110A (kapacita: 74.53 GB)
	ST3802110A (kapacita: 74.53 GB)
	ST3802110A (kapacita: 74.53 GB)
SATA zařízení	SAMSUNG HD103UJ (kapacita: 931 GB)

Nepříliš obvyklou sestavu jsem zvolil proto, aby bylo možné otestovat, zda si dané systémy poradí i s nestandardním hardwarem. Kritéria tohoto testu jsou jednoduchá a spočívají v tom, že veškeré konfigurovatelné hardwarové vybavení je nastaveno na základní tovární hodnoty.² Pokud je systém schopný nabootovat a po instalaci namapovat všechna zařízení potřebná ke správnému provozu NAS serveru je tento test splněn.

Protože se jedná o testování funkčnosti v rámci domácí a malé podnikové sítě zvolil jsem testování rychlosti pouze přes CIFS/SMB, protože majorita počítačů v těchto sítích je vybavena operačním systémem z rodiny Microsoft Windows.

Zvažoval jsem ještě testování rychlosti přes protokol FTP. Upustil jsem od něj, protože přenos dat pomocí protokolu FTP je používán většinou při přenosu souborů přes Internet, kde je mnohem významnější rychlost připojení než schopnost NAS stroje rychle odesílat.

Přenosová rychlost mezi NAS testovacím strojem a stanicí se systémem Windows Vista byla testována pomocí čtyř měření. V každém bylo v obou směrech přenášeno velké množství souborů o náhodném obsahu a známé velikosti.

² Výjimkou byla změna pořadí bootování v BIOSu, tak aby jako první zařízení byla prohledána mechanika CD-ROM, a zakázání Floppy Disku.

Tabulka 3 - Počet přenosů a velikost dat při přenosu dat jedním směrem.

Velikost přeneseného souboru	Počet přenosů	Celková velikost přenesených dat
64 kB	1000	62,50 MB
512 kB	1000	500,00 MB
6 MB	1000	5,86 GB
500 MB	100	48,83 GB

Generování náhodných souborů probíhalo malým programem napsaným v C#. Tento program nejprve vygeneroval příslušný počet náhodných souborů a poté je přenášel na vybrané datové úložiště NASu. Po skončení cyklu přenosů smazal vygenerované soubory z klientského počítače a opět přenášel soubory, tentokrát ale z NASu na klientský počítač.

U systémů, jsou testována dvě úložiště. Jedním z nich je samostatně připojený SATA disk a druhým buďto jeden ATA disk nebo, pokud to daný systém umožňuje, RAID 5 diskové pole vytvořené ze všech tří ATA disků. Systémy bez funkce softwarového RAIDu jsou penalizované ztrátou dvou bodů z celkového hodnocení.

Výsledková tabulka je průměrem všech naměřených hodnot v obou směrech a na obě datová úložiště.

Přenosová rychlost je počítána pro každý jednotlivý přenos souboru zvlášť. Ze známé velikosti generovaného souboru a času

započatí respektive ukončení přenosu. Jednotlivé údaje jsou ukládány do dvou csv souborů. Jeden zaznamenává rychlost přenosů z klientského počítače na NAS server a druhý rychlost stejných přenosů opačným směrem.

Nepřesnost výsledků při měření touto metodou může být způsobena časem potřebným k zaznamenání času začátku a konce přenosu, ale protože tento čas je malý a při každém měření stejný je chyba zanedbatelná a na výsledky měření nemá žádný vliv.

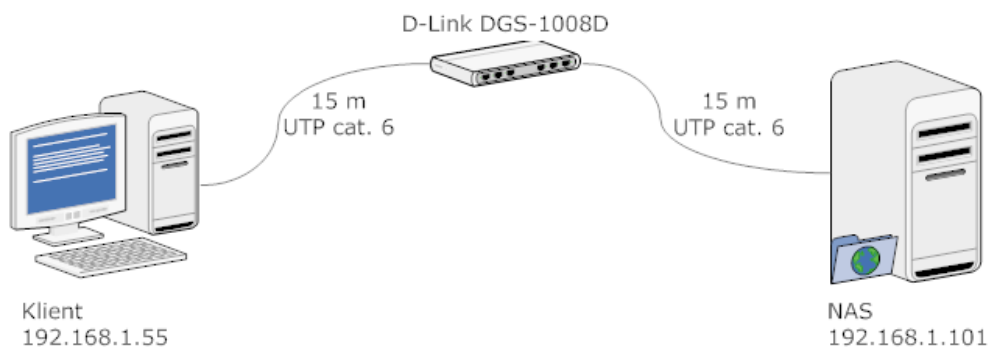
Konfigurace klientského počítače:

Tabulka 4 - Konfigurace počítače sloužícího jako klient.

Hardware testovacího stroje	
Procesor	Intel(R) Core(TM)2 Quad CPU Q9300 @ 2,50GHz
Počet jader	4
Rychlost CPU	2,499 GHz
Velikost Cache	6144 kB
Velikost operační paměti	4× 2GB DDR II 800 MHz
Operační systém	Microsoft Windows Vista Ultimate 64-bit
Základní deska	Gigabyte GA-EP45C-DS3R
IDE zařízení	LITE-ON DVDRW SHM-165H6S ATA Device
	SAMSUNG HD300LD (kapacita: 279GB)
SATA zařízení	WDC WD10EACS-00D6B0 (kapacita: 931 GB)

Spojení mezi testovaným systémem a klientským počítačem je realizováno pomocí 2× 15 m UTP kabelu kategorie 6 a gigabytového switchu D-Link DGS-1008D.

Schéma 2 – Zapojení počítačové sítě pro testování NAS systémů.



Energetická náročnost jednotlivých sestav je měřena pomocí zařízení Energy Logger 3500, a to po dobu jedné hodiny při zátěži všech disků a znovu po dobu jedné hodiny bez jakékoliv zátěže. Energy Logger 3500 zaznamenává aktuální spotřebu zařízení každou minutu díky čemuž je možné vytvořit přesné grafy vývoje spotřeby.

4.2 Výsledky

4.2.1 Hardwarová kompatibilita

Prvním testem prošly čtyři z pěti testovaných systémů. Hardwarově nekompatibilní byla pouze distribuce NexentaStor, kterou na testovací sestavu nebylo možné ani nainstalovat. Z tohoto důvodu musela být z dalšího testování vyloučena.

Drobné problémy měli i distribuce Openfiler a SME Server pro jejichž správnou instalaci bylo nutné příkazem "edd=off" vypnout podporu pro Enhanced Disk Drive. Nejednalo se ovšem o žádné vážné nedostatky. Proto je tabulka výsledků celkem jednoduchá:

Tabulka 5 - Výsledky testu hardwarové kompatibility.

testovaný systém	počet získaných bodů
FreeNAS	10 bodů
NASLite-2M	10 bodů
NexentaStor	0 bodů
Openfiler	8 bodů
SME Server	8 bodů

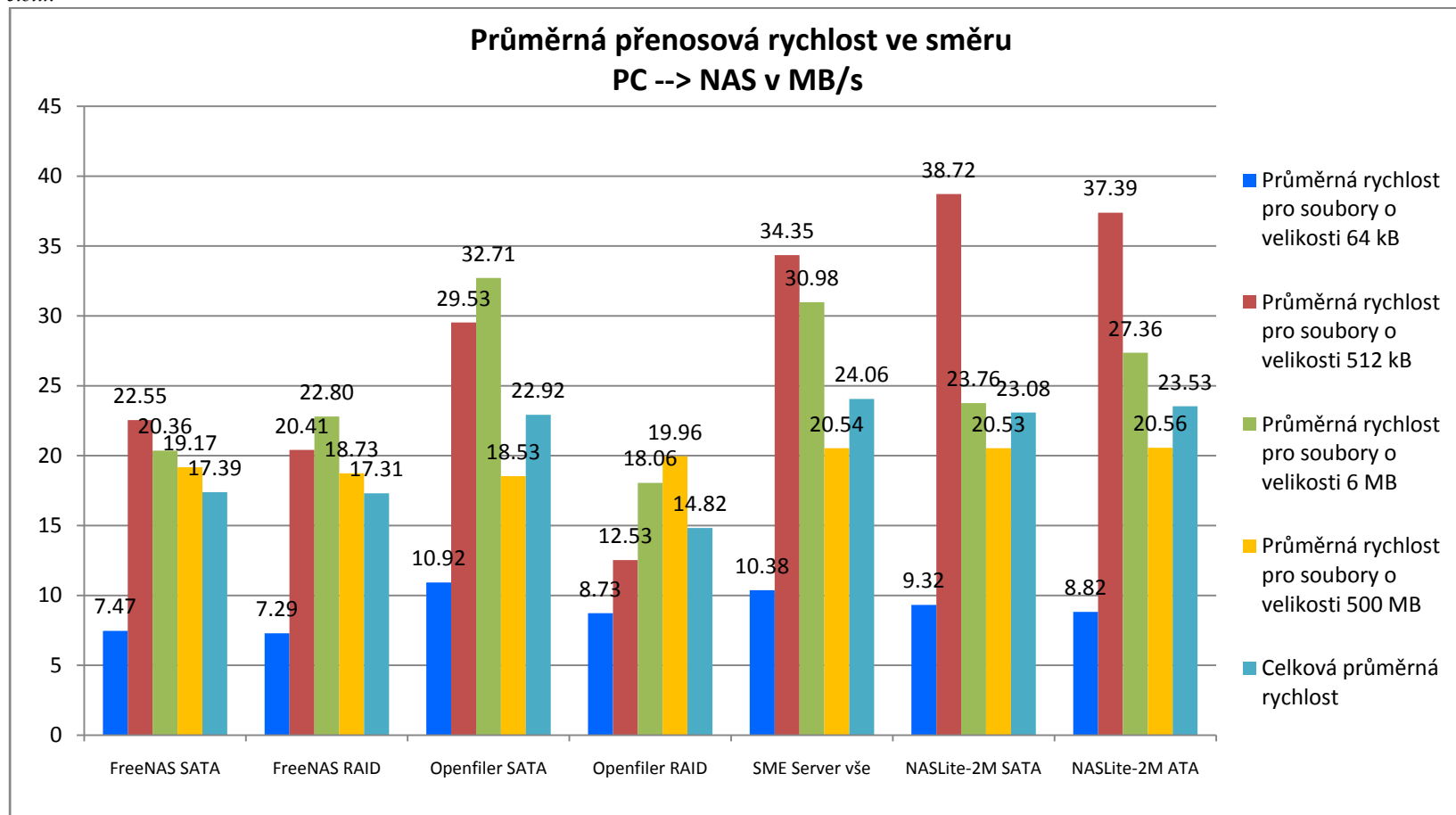
4. 2. 2 Přenosová rychlost

Výsledky druhého testu, testu přenosové rychlosti, je nutné rozdělit do několika částí.

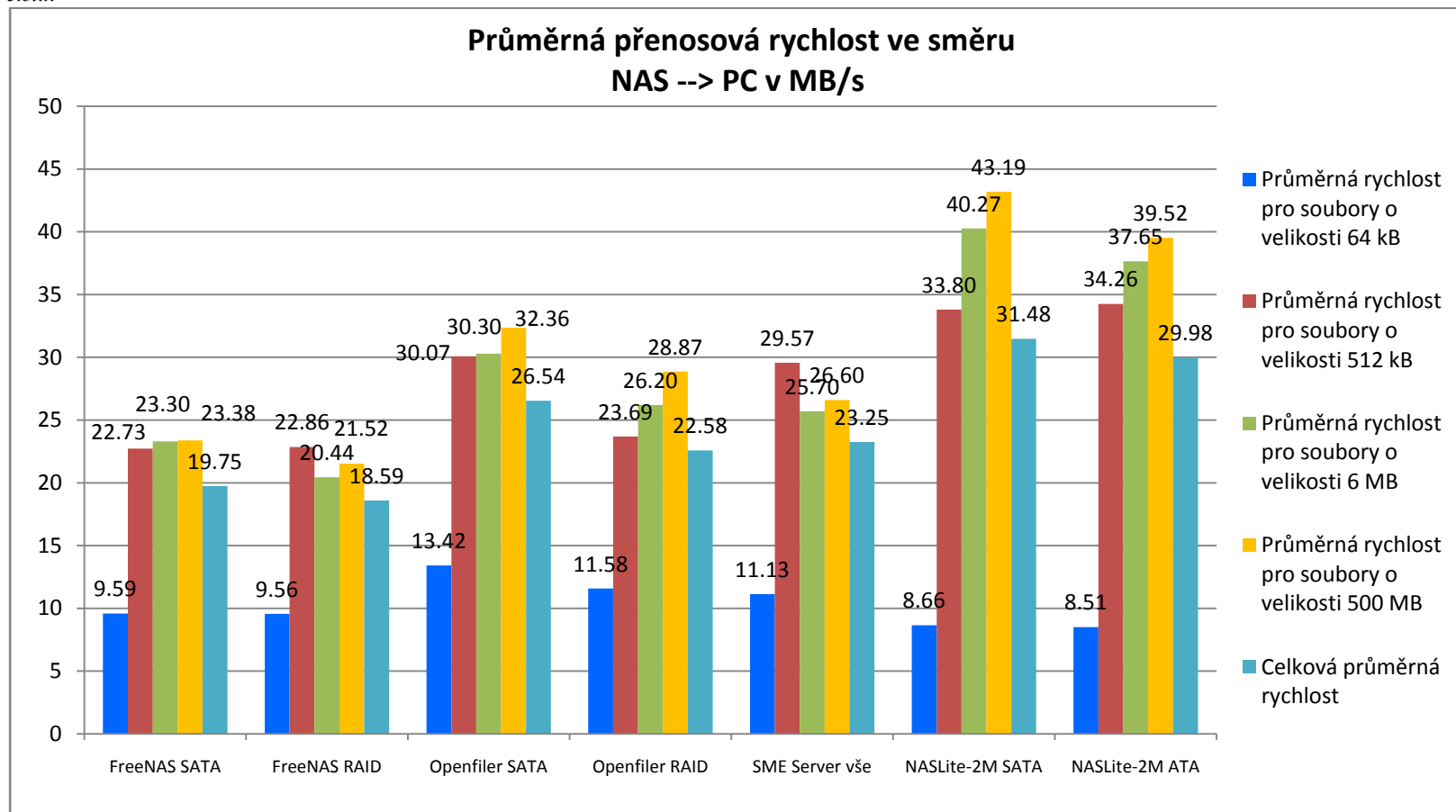
Zařízení podporující vytvoření softwarového RAID 5 pole jsou hodnoceny podle pořadí a nejsou penalizovány. Zařízení bez podpory vytvoření softwarového RAIDového pole jsou penalizované ztrátou dvou bodů. SME Server funguje v režimu RAIDu naprosto automaticky a tak nebylo možné testovat přenosovou rychlost přenosu přímo na jednotlivé disky. Tato funkcionality neomezují správný běh NAS zařízení a tak nebyl tento systém dodatečně nijak penalizován.

Podrobné výsledky jsou zřetelné z grafů.

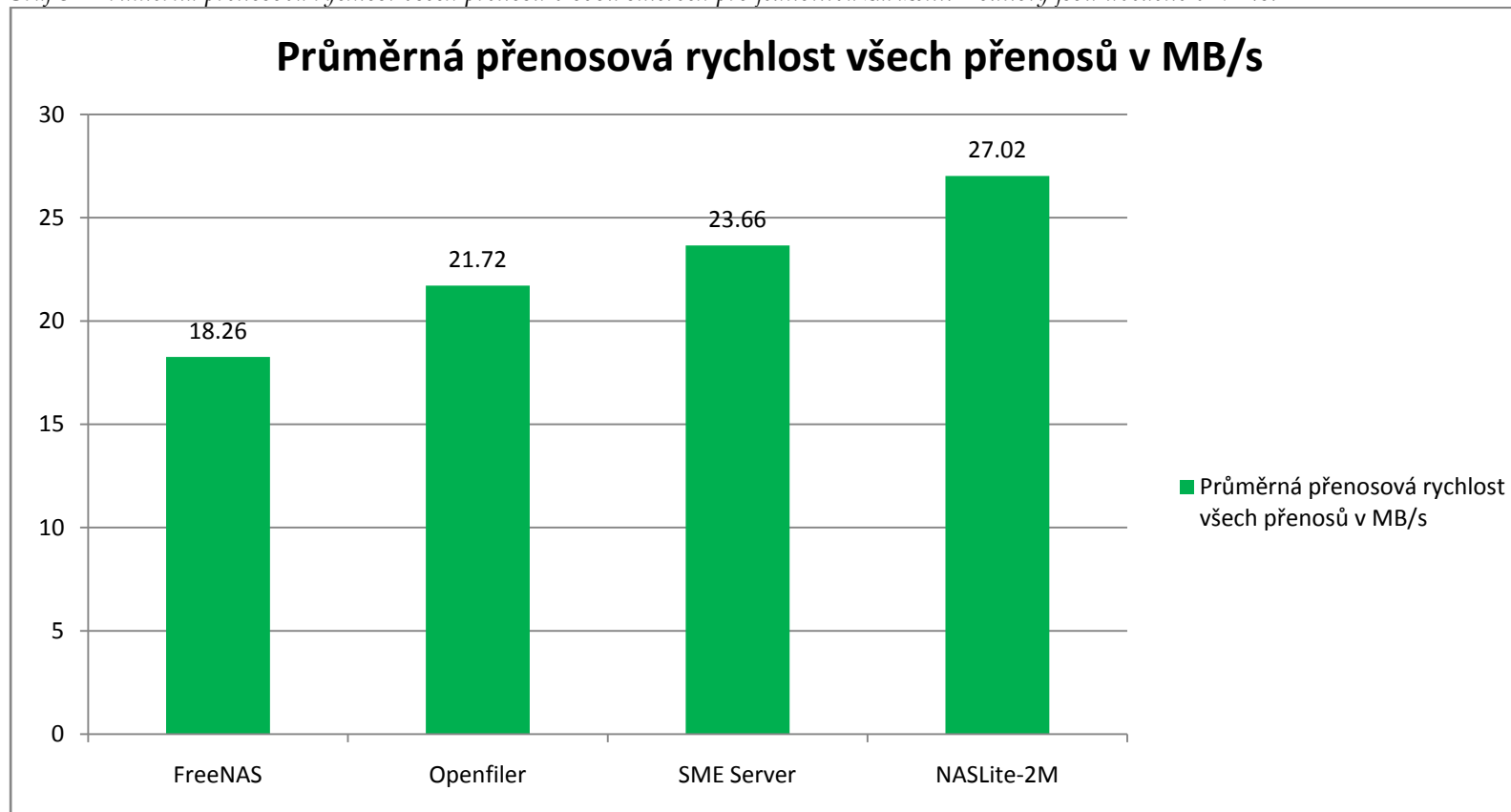
Graf 1 - Průměrná přenosová rychlost mezi klientským počítačem a NAS serverem. Hodnoty jsou uvedeny v MB/s a zaokrouhleny na dvě desetinná čísla.



Graf 2 - Průměrná přenosová rychlost mezi klientským počítačem a NAS serverem. Hodnoty jsou uvedeny v MB/s a zaokrouhleny na dvě desetinná čísla.



Graf 3 - Průměrná přenosová rychlost všech přenosů v obou směrech pro jednotlivá zařízení. Hodnoty jsou uvedené v MB/s.



Tabulka 6- Výsledky testu přenosových rychlostí.

testovaný systém	počet získaných bodů
FreeNAS	2 body
Openfiler	4 bodů
SME Server	6 bodů
NASLite-2M	10 bodů - 2 body = 8 bodů

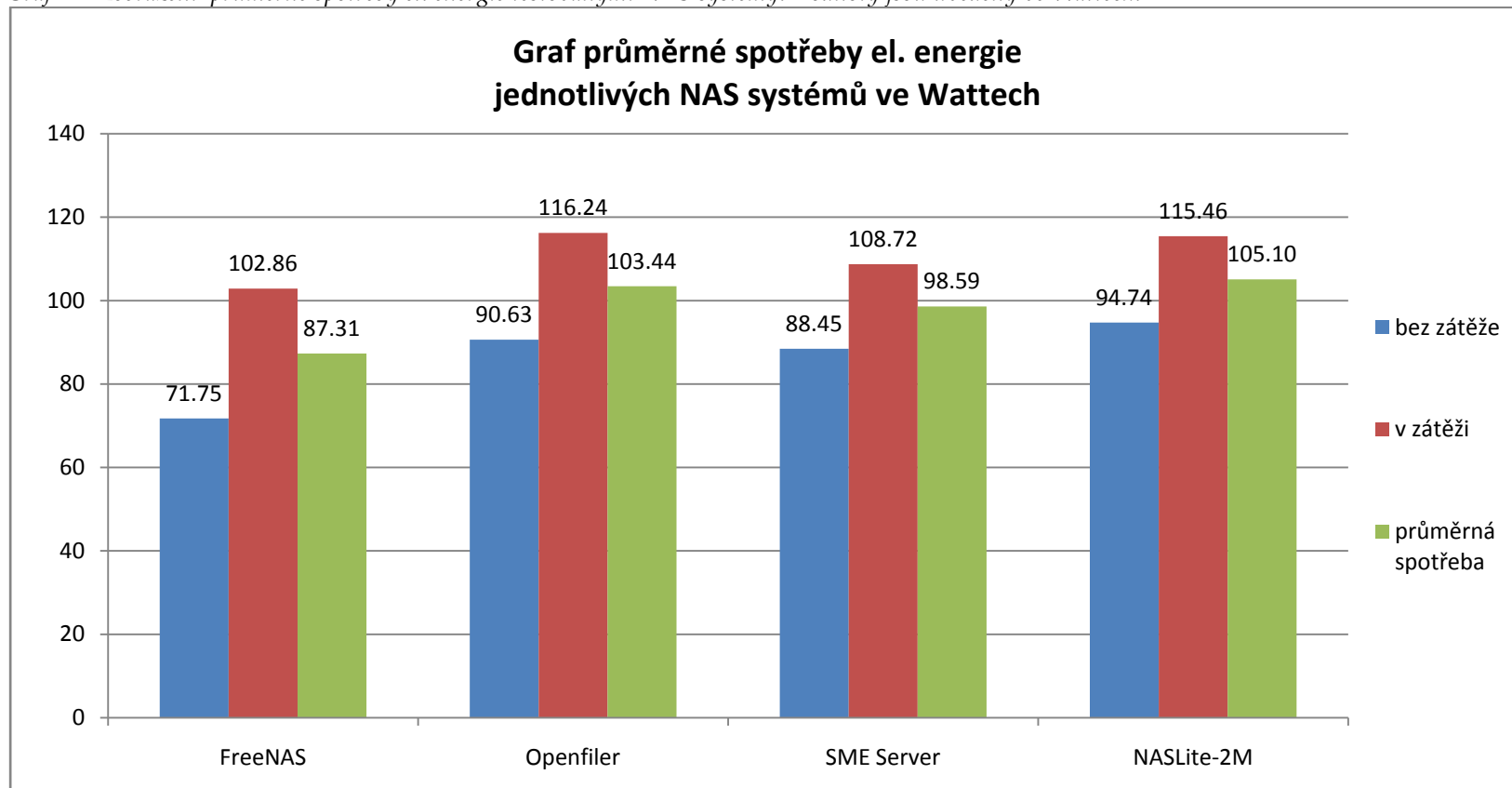
Z těchto výsledků je jasně vidět, že systém NASLite-2M umožňuje v průměru nejrychlejší přenos souborů, a to jak ze svého disku na klientský počítač, tak i obráceně. Problém mu ale činí zápis souborů o velikost 6 MB a čtení velmi malých souborů o velikost 64 kB, které čte dokonce pomaleji než systém FreeNAS, jenž se umístil v tomto testu úplně na konci.

Propad systému FreeNAS je zcela zřetelný. Až na drobný náskok ve čtení souborů o velikost 64 kB má nejhorší výsledky.

4. 2. 3 Spotřeba

V rámci posledního testu byla měřena spotřeba NAS zařízení v klidovém stavu a při zátěži.

Graf 4 - Zobrazení průměrné spotřeby el. energie testovanými NAS systémy. Hodnoty jsou uvedeny ve Wattech.



Tabulka 7 - Výsledky testu spotřeby elektrické energie.

testovaný systém	počet získaných bodů
FreeNAS	10 bodů
NASLite-2M	4 body
Openfiler	6 bodů
SME Server	8 bodů

Z výsledného grafu plyne, že systém s absolutně nejmenší spotřebou je FreeNAS. Naopak největší spotřebu má systém NASLite-2M. Výsledky jsou skoro zrcadlově otočené vůči výsledkům předešlého testu přenosové rychlosti.

4. 2. 4 Celkové výsledky

Hodnocení je prováděno prostým součtem bodů získaných v předchozích testech.

Tabulka 8 celkové výsledky.

testovaný systém	počet získaných bodů
FreeNAS	22 body
NASLite-2M	22 body
NexentaStor	Systém vyloučen pro nekompatibilitu HW
Openfiler	18 bodů
SME Server	22 body

Konečné výsledky jsou si velmi podobné. Jako nejlepší systémy vyšly FreeNAS, NASLite-2M a SME Server. Ovšem rozdílem mezi nejlépe hodnoceným systémem a nejhůře hodnoceným systémem jsou pouze 4 body.

5. Vlastní zkušenost se systémem FreeNAS

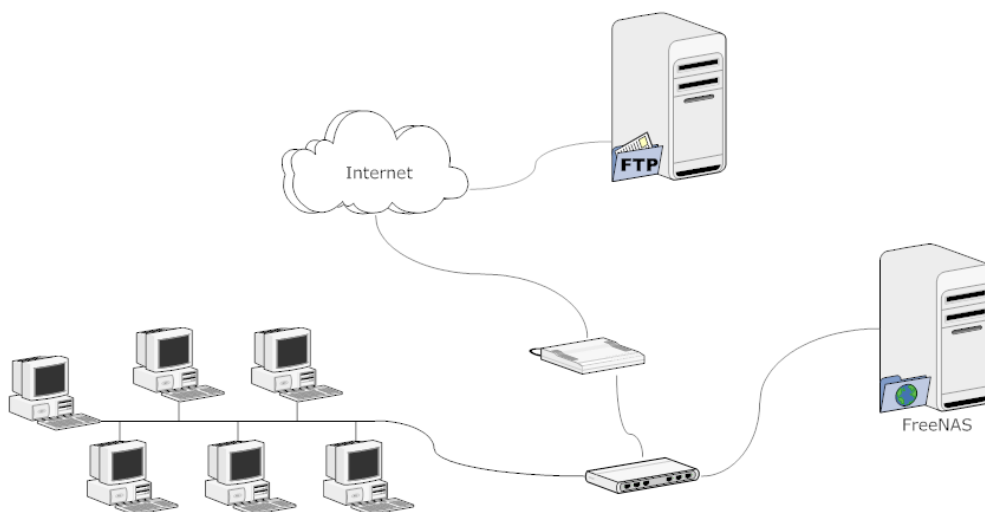
5.1 Profesionální zkušenost

Jak jsem již uvedl v úvodu své práce s nasazením a administrací NAS systému, konkrétně operačního systému FreeNAS, mám dlouhodobé zkušenosti.

Již více než rok spravuji NAS server postavený na systému FreeNAS. NAS je tvořen starším počítačem s procesorem Pentium IV 2,4 GHz, 512 MB operační paměti a malým 20 GB diskem pro instalaci systému. Data jsou ukládána na softwarový RAID 5 tvořený třemi disky o velikosti 80 GB.

Toto zařízení je centrálním úložištěm dat pro zdravotnické zařízení THERAP – TILIA. Na klientských počítačích s operačními systémy Windows XP a Windows Vista běží medicínský software PC Doktor, který automaticky před ukončením práce zálohuje svou databázi na NAS zařízení pomocí protokolu SMB. V rámci firmy jsou tak data ukládána redundantně na klientských počítačích a na NAS serveru. Třetí záloha dat nastává každý všední den v noci, kdy je pomocí Cronu spuštěn program, který data z daného dne exportuje na externí FTP server.

Schéma 3 – Topologie počítačové sítě ve zdravotnickém zařízení THERAP – TILIA.

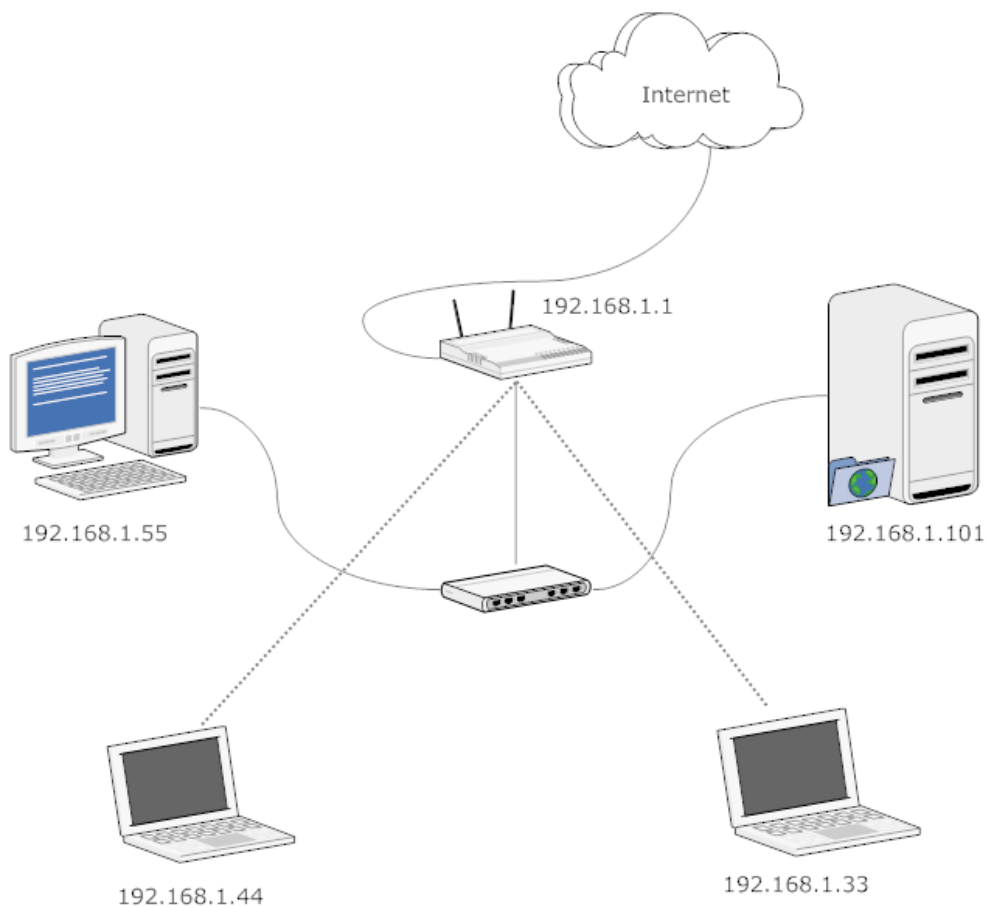


Za více než rok provozu tohoto zařízení nedošlo k žádným významným poruchám. Jediným vážnějším incidentem byl rozpad RAIDového pole, jenž nastal po havárii jednoho z disků. Tento problém byl vyřešen výměnou disku a obnovením pole. Data zůstala konzistentní a nedošlo k žádným ztrátám.

5.2 Osobní zkušenost

Druhý NAS rovněž postavený na systému FreeNAS, tentokrát ale v jeho 64 bitové verzi, spravuji doma. Používám počítač s dvoujádrovým procesorem Pentium D o frekvenci 3,0 GHz a s 2 048 MB operační paměti. Tento systém je osazen sedmi disky a spravuje multimediální data a zálohy pro celou domácnost vybavenou třemi počítači.

Schéma 4 – Topologie mé domácí počítačové sítě.



Ve svých začátcích s tímto systémem jsem byl nucen několikrát požádat o pomoc na diskusním fóru projektu FreeNAS. Toto diskusní fórum funguje jako most mezi vývojáři a uživateli. Má otázka byla velmi rychle zodpovězena samotným autorem projektu.

Později, když jsem hledal funkci, která by vynutila FTP připojení přes explicitní TLS/SSL mi dokonce jeden z autorů projektu Volker Theile přislíbil, že v další verzi bude tato možnost zabudována přímo do nastavení služby FTP přes WebGUI.

V současnosti se podílím na překladu distribuce FreeNAS do českého jazyka pomocí projektu Launchpad na server <https://launchpad.net/~freenas>. Z celkových 1 500 vět a frází k překladu jsem přeložil přibližně 600. Nyní zbývá přeložit necelých 400 frází a bude existovat kompletní česká mutace webového prostředí pro FreeNAS.

6. Diskuse

Výsledky získané v předložené práci se shodují se závěry, ke kterým došel ve své práci Syed Atif Ali. [22]

Naměřené nízké přenosové rychlosti na systému FreeNAS potvrzují slova autora tohoto projektu Olivera Cochard-Labbera, který o tomto problému hovořil na konferenci BSDCan2007 v Kanadě. [4] Řekl, že nízká přenosová rychlost systému FreeNAS oproti ostatním systémům postaveným na Linuxu je způsobena špatnou implementací Samby na jádro systému FreeBSD.

O měření vlivu nasazení různých NAS operačních systémů na spotřebu elektrické energie se v literatuře zatím nikdo nezabýval a proto není možné výsledky předložené v práci porovnat s jinými literárními zdroji.

Obecně lze usuzovat, že spotřeba jednotlivých systémů je ovlivněna především jejich ovladači pro daná zařízení a nastavením úsporných mechanismů.

Hardwarová nekompatibilita systému NexentaStor je způsobena nedostatkem vhodných ovladačů na relativně nově svobodně zveřejněný systém. [21] Do budoucna lze předpokládat, že se tento stav zlepší.

Pokud tedy budeme vybírat systém pro starší počítač, třeba k domácímu nasazení, je vhodný systém FreeNAS nebo NASLite-2M,

jsou nenáročné na výběr hardwaru a při jejich instalaci není třeba řešit žádné potíže s hardwarem či nastavením.

Dále z výsledků plyne, že potřebám provozu náročného na přenosovou rychlost nejlépe vyhovuje distribuce NASLite-2M. Ovšem nevýhodou jejího nasazení je absence úsporných mechanismů, která způsobuje, že systém běží stále naplno a spotřebovává velké množství energie. Problematická je také absence autentifikace a Softwarového RAIDu. Systém je tak snadno napadnutelným každým útočníkem, který se dostane do sítě, a i drobná porucha hardwaru může znamenat významnou ztrátu dat.

Chceme-li naopak provozovat systém nenáročný na spotřebu elektrické energie, jako nejvhodnější se jeví systém FreeNAS, který ve výsledcích testování vlivu nasazeného operačního NAS systému na spotřebu elektrické energie vyšel nejlépe.

7. Závěr

Operačních systémů s primární NAS funkcí existuje v současné době několik. Jako Open Source jsou k dispozici systémy FreeNAS, Openfiler a SME Server. Další dva systémy NASLite-2M a NexentaStor jsou distribuovány jako komerční software.

Praktické zkušenosti se systémem FreeNAS a s ostatními jsou převážně pozitivní, přestože se systémy v některých ohledech funkčně liší.

Při praktickém testování systémů pak bylo možné dojít k těmto závěrům:

- 1) Komerční distribuce NASLite-2M sází na výkon a rychlost zařízení a díky své minimalistické koncepci jí zcela chybí implementace úsporných režimů. Disky se většinu času otáčejí plnou rychlostí. Tento přístup může mít, kromě vyšších nákladů na elektrickou energii, vliv na životnost osazených pevných disků.
- 2) FreeNAS je distribuce, která má velmi dobře implementované mechanismy pro úsporu elektrické energie. Toto a pravděpodobně celkový koncept systémů BSD - nižší výkon, vyšší stabilita, způsobuje špatné výsledky při testování přenosových rychlostí.
- 3) SME Server postavený na distribuci CentOS jde střední cestou, kdy je schopný dosahovat relativně vysokých rychlostí čtení i

zápisu a udržovat spotřebu elektrické energie na přiměřené hladině.

- 4) Openfiler je distribuce, která pravděpodobně kvůli nevhodným ovladačům nedokáže dosahovat vysokých rychlostí přenosu a ani není nijak energeticky úsporná.
- 5) Obecně lze říci, že naměřené výsledky jsou pravděpodobně způsobeny těmito faktory:
 - ovladače;
 - implementace Samby do systému;
 - různý pohled na poměr stability a výkonu v systémech a distribucích na nichž jsou NAS systémy postaveny;
 - priority autorů při vytváření "továrního" nastavení.

Do budoucna by bylo vhodné pokračovat dlouhodobým testováním stability jednotlivých NAS řešení.

8. Seznam zkratek

- **AFP** - Apple Filing Protocol
- **BIOS** - Basic Input/Output System
- **BSD** - Berkeley Software Distribution
- **CDDL** - Common Development and Distribution License
- **CIFS** - Common Internet File System
- **DAAP** - Digital Audio Access Protocol
- **DVD** - Digital Versatile Disc
- **Dynamic DNS** - Dynamic Domain Name System
- **EXT2** - druhá verze Extended File System
- **EXT3** - třetí verze Extended File System
- **FAT** - File Allocation Table
- **FAT32** - 32bitová verze File Allocation Table
- **FTP** - File Transport Protocol
- **GNU GPL** - GNU's Not UNIX General Public License (všeobecná veřejná licence GNU)
- **IMAP** - Internet Message Access Protocol
- **iSCSI** - Internet Small Computer System Protocol
- **LDAP** - Lightweight Directory Access Protocol
- **NAS** - Network Attached Storage
- **NFS** - Network File System
- **NTFS** - New Technology File System
- **OS** - Operating System - operační systém
- **POP3** - Post Office Protocol verze 3
- **PPTP** - Point-to-Point Tunneling Protocol

- **RAID** - Redundant Array of Independent Disks
- **Rsync** - nejedná se zkratku ale o název programu na synchronizaci souborů
- **S. M. A. R. T.** - Self-Monitoring, Analysis, and Reporting Technology
- **SMB** - Server Message Block
- **SME** - Small Medium Enterprise
- **SMTP** - Simple Mail Transfer Protocol
- **SNMP** - Simple Network Management Protocol [1]
- **SPAM** - není zkratka ale obecný název pro nevyžádanou poštu
- **SSH** - Secure Shell
- **TELNET** - Telecommunication network
- **TFTP** - Trivial File Transfer Protocol
- **TLS/SSL** - Transport Layer Security / Secure Sockets Layer
- **UFS** - UNIX File System
- **UPnP** - Universal Plug and Play
- **UPS** - Uninterruptible Power Supply
- **USB** - universal serial bus
- **WebGUI** - Web Graphic User Interface
- **XFS** - toto není zkratka, ale název žurnálovacího serverového souborového systému
- **ZFS** - Zettabyte File System - dnes už tento akronym není uváděn a ZFS je ponecháno pouze jako název souborového systému

Je možné si povšimnout zajímavé vlastnosti zkratky GNU, jejíž význam je GNU's Not Unix. Jedná se o takzvanou rekurzivní zkratku, která ve svém významu uvádí opět sebe samu. Tato hříčka je často používána pro vytvoření názvů služeb a programů ve světě Linuxu a Open Source vůbec.

9. Literární zdroje

1. BOUŠKA, Petr. *SNMP - Simple Network Management Protocol* [online]. 2006 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.samuraj-cz.com/clanek/snmp-simple-network-management-protocol/>>.
2. *BSDCan2007: Olivier Cochard-Labbe* [online]. 2007 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.bsdcn.org/2007/schedule/speakers/11.en.html>>.
3. BusinessUnix. *SME Server - History* [online]. [2005] [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.businessunix.com/history.html>>.
4. COCHARD-LABBE, Olivier. *Presenting FreeNAS* [online]. 2007 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <http://www.bsdcn.org/2007/schedule/attachments/5-FreeNAS_Olivier_Cochard-Labbe.pdf>.
5. DistroWatch.com. *SME Server* [online]. 2001-2009 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://distrowatch.com/table.php?distribution=smeserver>>.
6. DUNN, Darrell. Low-Cost Storage Tools : Open-Source Projects Provide Increasing Choices. *Processor* [online]. 2007 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.processor.com/editorial/article.asp?article=articles/p2942/23p42/23p42.asp&guid=&searchtype=&WordList=&bJumpTo=True>>.
7. *FreeNAS Knowledgebase* [online]. [2006] [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.freenaskb.info/kb/>>.
8. FreeNAS Team. *FreeNAS: The Free NAS Server* [online]. [2005-2009] [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://freenas.org/>>.

9. CHIRILLO, John , BLAUL, Scott . *Storage Security: : Protecting SANs, NAS and DAS*. Spojené státy americké : John Wiley & Sons, Inc., 2003. 406 s. ISBN 978-0764516887.
10. KRČMÁŘ, Petr. *Co umí souborový systém ZFS* [online]. 2006 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.root.cz/clanky/co-umi-souborovy-system-zfs/>>.
11. Mitel, Corp.. *Mitel Networks: Contact Us* [online]. 2001-2009 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.mitel.com/DocController?documentId=10196>>.
12. Mitel, Corp.. *SME Server:About* [online]. 2007-2009 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <http://wiki.contribs.org/SME_Server:About>.
13. NAS server: FreeNAS. *InfoWorld* [online]. 2007 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.infoworld.com/node/61883>>. ISSN 0199-6649.
14. Nexenta Project. *Nexenta get an aptitude for OpenSolaris* [online]. 2007-2009 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.nexenta.org/os>>.
15. Nexenta Systems. *ZFS-based software storage solutions* [online]. 2005-2009 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <http://www.nexenta.com/corp/index.php?option=com_virtuemart&Itemid=129>.
16. Openfiler Team. *Openfiler* [online]. c2009 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.openfiler.com/>>.
17. Server Elements. *NASLite-M2* [online]. [2008] [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.serverelements.com/naslite-M2.php>>.
18. Server Elements. *Server Elements Product Comparison* [online]. [2008] [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.serverelements.com/naslite-comparison.php>>.

19. SIMS, Gary . *Learning FreeNAS*. Velká Británie : Packt Publishing, 2008. 244 s. Dostupný z WWW: <<http://www.packtpub.com/learning-freenas/book>>. ISBN 978-1-847194-68-8.
20. STALLMAN, Richard. *Transcript of Richard Stallman at the 2nd international GPLv3 conference* [online]. 2006 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://fsfe.org/projects/gplv3/fisl-rms-transcript.en.html#liberty-or-death>>.
21. SUN Microsystems, Inc.. *HCL for OpenSolaris* [online]. 1994-2009 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.sun.com/bigadmin/hcl/data/os/>>.
22. SYED, Atif Ali. *OpenSource NAS solution* . Spojené arabské emiráty : Scribd, 2007. 5 s. Dostupný z WWW: <<http://www.scribd.com/doc/29643/OpenFiler-vs-FreeNAS>>.
23. UPnP Forum. *About the UPnP™* [online]. 1999-2009 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.upnp.org/about/default.asp>>.
24. YUEN, Patric. *Openfiler vs FreeNAS: Tips for building your own NAS* [online]. [2003-2009] [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://blog.patyuuen.com/lessons/openfiler-vs-freenas-tips-for-building-your-own-nas/>>.