



Přehled používaných technologií pro dlouhodobé ukládání dat

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Brno, 2006

Štěpán Balcar

Prohlašuji, že tato práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval samostatně. Všechny zdroje prameny a literaturu, které jsem při vypracování používal nebo z nich čerpal, v práci řádně cituji s uvedením úplného odkazu na příslušný zdroj.

V Brně, 2006

.....

Na tomto místě bych rád vyjádřil poděkování Mgr. Davidovi Hájičkovi, vedoucímu mé diplomové práce, za podnětné připomínky a navedení správným směrem. Také bych rád poděkoval všem, kteří mi byli při psaní oporou.

Shrnutí

Tato práce podává srovnávací přehled současných technologií používaných pro dlouhodobé ukládání dat. Poukazuje na výhody a nevýhody jednotlivých přístupů a poskytuje hlubší náhled na jednu z technologií – optická média. Podrobněji se zabývá touto technologií ve vazbě na nezávislé testování a použití v komerční i nekomerční sféře. Dále poskytuje výhled do budoucna skrze začínající optické technologie modrého laseru, srovnává největší konkurenty v tomto odvětví, jak pro použití v komerčním, tak v profesionálním sektoru.

Klíčová slova

storage, pevný disk, pásková zařízení, DAS, NAS, SAN, média, CD, DVD, Blu-ray, HD-DVD, UDO, PDD, emulace, migrace, numerická apertura, pitová struktura, knihovna optických médií

Obsah

1 Úvod	1
1.1 Motivace	1
1.2 Vytyčení cílů	1
2 Základní pojmy	2
2.1 Definice	2
2.2 Přístupy k ukládání	4
3 Technologie pro ukládání dat	6
3.1 Dle typu propojení zdroje a úložiště dat	6
3.2 Dle typu koncových zařízení	8
3.3 Srovnání	12
4 Optická média	16
4.1 Použití v Národní knihovně ČR	16
4.1.1 Slepá ulička	16
4.1.2 Výzkum	17
4.1.3 Parametry optických médií	21
4.2 Měření kvality v Computer Press	24
4.3 Komerční systémy	25
5 Nové technologie pro optiku	29
5.1 Blu-ray	29
5.2 HD-DVD	34
5.3 Srovnání Blu-ray a HD-DVD	37
5.4 UDO	42
5.5 PDD	47
5.6 Srovnání UDO a PDD	51

6 Závěry	54
Literatura	56
Příloha A	58
Příloha B	61

1 Úvod

1.1 Motivace

Ukládání dat (data storage) je stále více a více chápáno jako strategická a kritická činnost všech podniků a organizací. IT manažeři sice často musí přesvědčovat vedení společností o tom, jak jsou data a jejich management důležité. Ředitelé často nechtějí chápat, že záloha a možnost rychlé obnovy dat jsou kriticky důležité pro chod organizace. Návrhy na komplexní a strategická řešení ukládání dat někdy narážejí na nesouhlas kvůli ceně či nedostatku kvalifikovaných IT pracovníků. Přes to všechno však putuje podle studie IDC¹ téměř polovina výdajů za IT do oblasti ukládání a zálohování dat. V následujících letech by se tato položka měla zvýšit až na 75% prostředků investovaných do IT řešení ve firmách a organizacích.

Proto je klíčové, mít dostatek relevantních informací pro budování komplexních storage řešení tak, aby byla efektivní a maximálně využívala dostupných prostředků a technologií. S vizí budoucího vývoje je třeba navrhovat systémy pro ukládání dat tak, aby byly alespoň částečně zpětně kompatibilní a hlavně rozšiřitelné a data na nich přenositelná do jiných novějších systémů. Tato práce se bude zabývat především technologií pro ukládání dat a koncovými zařízeními pro tento účel používanými, ale je třeba mít stále na paměti, že data storage je proces a ne jednou vyděrovaný kód do papírového štítku. (I když děrné štítky jsou paradoxně stálejší, než mnoho „moderních“ technologií.)

1.2 Vytyčení cílů

Po prostudování dostupných zdrojů informací, účasti na konferenci SNIA² a náhledu na již zpracovaná témata v této oblasti, jsme s vedoucím práce Mgr. Hájičkem vytyčili tyto cíle:

- Přehledně zmapovat technologie a přístupy používané pro ukládání dat, ve srovnání poukázat na výhody a slabiny jednotlivých řešení
- U jednoho řešení ukázat konkrétní implementaci, problémy a použití – optická média
- Poskytnout výhled do budoucna popsáním začínajících slibných technologií v oblasti optických médií

¹ Industrial Development Corporation, <http://www.idc.com>

² Storage Networking Industry Association, <http://www.snia.org>

2 Základní pojmy

2.1 Definice

V oblasti ukládání dat, stejně jako v celé IT, se používá mnoho termínů a zkratk. V zájmu srozumitelnosti následujícího textu alespoň ty nejpoužívanější uvádím a vysvětluji. Dále podotýkám, že budu používat mnohá anglická označení, protože je to v praxi běžné, i když by v některých případech patrně bylo možné najít český ekvivalent.

data storage – ukládání dat

mass storage – ukládání velkého množství dat, zařízení pro toto ukládání

direct attached storage – datové úložiště přímo připojené ke zdroji dat

network attached storage – datové úložiště připojené ke zdroji dat pomocí sítě

storage area network – distribuované „inteligentní“ síťové úložiště

(S)ATA – (serial) advanced technology attachment – rozhraní pro připojení pevných disků

HDD – hard disk – pevný disk

IP – internet protokol

Fibre channel – rozhraní pro propojení mass storage systémů

SCSI – small computer system interface – rozhraní pro přenos dat

iSCSI – internet SCSI – rozhraní pro spojování storage systémů přes síť pomocí IP protokolu

CD, DVD – Compact Disc, Digital Versatile Disc nebo Digital Video Disc – optická média

HD – High Definition – vysoké rozlišení

WORM – write once read many – vlastnost technologie umožňující jednou zapsat data a poté je mnohonásobně přečíst bez možnosti je modifikovat

MTBF – Mean Time Between Failure – průměrná doba, než nastane chyba systému

MSBF – Mean Swap Between Failure – průměrná doba, než nastane chyba systému, počítá se na počet cyklů vložení nového média u páskových storage systémů

TCO – Total Cost of Ownership – celkové náklady na vlastnictví technologie

customizace – úprava systému vzhledem ke konkrétním požadavkům, „řešení na míru“

TOC - Table Of Contents – místo na CD, kde jsou informace o struktuře uchovávaných dat

EFM – Eight to Fourteen Modulation – druh modulace signálu u CD

ESM – Eight to Sixteen Modulation – druh modulace signálu u DVD

master – forma

PCM, Dolby Digital, Dolby Digital Plus, DTS, DTS-HD, Dolby TrueHD – zvukové formáty

DRM – Digital Rights Management – systém ochrany obsahu

AACS – Advanced Access Content – systém ochrany obsahu

CSS – Content Scrambling System – systém ochrany obsahu

HDCP – High-bandwidth Digital Content Protection – systém ochrany obsahu

Data Management – správa dat

Data Lifecycle – cesta dat od vzniku, práci s nimi až po archivaci

HSM – Hierarchical Storage Management – podobné jako Data Lifecycle, jen s tříděnými daty

RAID – Redundant Array of Independent (or Inexpensive) Discs – pole pevných disků, zapojených v různých režimech

RAID 0 – Rozkládání dat na více disků, systém ukládá bloky souboru současně na více disků, tím se ukládání urychlí, ale není zajištěna žádná ochrana dat, žádná redundance, pokud selže byť jediný disk, všechna data budou ztracena

RAID 1 – Zrcadlení disků, systém ukládá data redundantně ve stejné kopii na více disků. Čtení se tak může zrychlit a v případě poruchy disku je kopie dat přístupná na „zrcadle“.

RAID 2 – Netypická implementace, rozkládání dat na více disků, ovšem na bitové úrovni, ne na blokové jako u RAID 0

RAID 3 – Také zřídka užívaná konfigurace, rozkládání dat na více disků po bytech a jeden dedikovaný paritní disk

RAID 4 – běžná implementace umožňující rozkládání dat po blocích jako RAID 0 a jeden paritní disk. Pokud selže datový disk, je možné zrekonstruovat data z paritních informací. Paritní disk však může být úzkým místem systému z hlediska ukládání.

RAID 5 – Rozkládání dat na více disků po bytech, spolu s daty se rozkládají také redundantní informace pro opravu chyb, to poskytuje systému dobrou toleranci chyb.

RAID 5 je jedna z nejoblíbenějších implementací.

RAID 6 – Rozkládání dat na blokové úrovni plus paritní informace rozložené po všech discích.

RAID 7 – Ochranná známka společnosti Storage Computer Corporation, přidává do RAID 3 a RAID 4 cache

RAID S – Proprietární systém společnosti EMC Corporation s rozkladem parity přes pole disků, používaný ve storage systémech Symmetrix

kombinováním RAID implementací je možné docílit většího výkonu systému a větší tolerance chyb, kdy je možné zrekonstruovat veškerá ztracená data při současném výpadku i více disků při zachování funkčnosti systému. Fantazii se meze nekladou, pouze ty finanční.

RAID 0+1, RAID 1+0,...

2.2 Přístupy k ukládání

Základním problémem v ukládání dat je fakt, že se jedná o nikdy nekončící proces, ke kterému existuje řada možných přístupů. Že data nevydrží na médiu věčně, případně že není možné je přečíst za libovolně dlouhou dobu či v libovolném programu, to je jasné každému, kdo se k ukládání dat někdy přiblížil. Jak ale přistupovat k ukládání dat zodpovědně a efektivně?

Jedním z možných přístupů je **emulace**. Ta je založena na myšlence, že data se nejpřesněji zobrazí a budou funkční v původním prostředí. Aplikace, operační systém i původní hardware může být emulován pomocí vhodných softwarových nástrojů. Systém emulace původních podmínek se uplatňuje již dlouhou dobu, ne však pro účely archivace, ale při přechodech mezi hardwarovými platformami. V současné době se běžně využívá systém virtuálního stroje, jak v prostředí MS Windows (VirtualPC), tak v Linuxu (WMWare), kde se na softwarové úrovni vytvoří určitá hardwarová platforma, na kterou se instalují již originální verze operačního systému a aplikací.

Největším propagátorem emulace pro účely archivace je Jeff Rothenberg¹, který ve svých pracích *Avoiding technological quicksand: finding a viable technical foundation for digital preservation* a *Ensuring the Longevity of Digital Information* prezentuje emulaci jako nejefektivnější metodu dlouhodobé archivace. Vyzdvihuje výhody zachování původního formátu, kdy existuje pouze jedna verze dat, což je jednodušší na jejich správu a zároveň nehrozí riziko ztráty nebo změny dat, které je vždy přítomno při migraci do modernějších formátů. Při emulaci dochází pouze k přenášení původních dat na novější nosiče, což je ovšem nevyhnutelné také u jiných metod. Velkou výhodou emulace je také to, že po vytvoření jednoho emulátoru jsme schopni zpracovat více druhů dat vytvořených ve stejném hardwarovém prostředí.

Nevýhodou je nutnost popsat do detailu funkce emulovaného softwaru a hardwaru. U HW je popis obsáhlý a realizace náročná, ale většinou přesně proveditelná, protože technické specifikace hardwarových součástí mají přesně určenou funkčnost. U emulace SW je situace náročnější o to, že nelze postihnout všechny možné vstupy programu a reakce na ně. Současně je emulace závislá na metadatech popisujících data, která chceme emulátorem zpracovat (archivovat, přečíst), korektnost těchto metadat je klíčová.

Metodou v současné době patrně nejpoužívanější je **migrace**. Principem migrace je konverze formátu dat. Nejedná se pouze o přehrávání dat na jiný nosič, tato dílčí metoda je nutností ve většině archivačních přístupů a je nazývána *refreshment*, migrace mění data samotná, ovšem tak, aby byla zachována informační hodnota. Rozlišujeme migraci ve třech stupních. Nejjednodušší je migrace mezi aplikacemi obsahující změnu formátu (doc na pdf). O migraci se jedná i v případě, že obě aplikace podporují daný formát, ale výstup se u stejných dat liší, je třeba zajistit, aby výstupy byly totožné. Druhým stupněm migrace je konverze mezi operačními systémy například z MS Windows do Linux. Druhý stupeň většinou zahrnuje i migraci stupně prvního z důvodu nekompatibility aplikací nutných pro čtení dat. Migrace třetího stupně je přesun mezi různými platformami například z Apple Macintosh na IBM PC. Ta je opět většinou spojena s

¹ Jeff Rothenberg, RAND Corporation senior computer scientist, <http://www.rand.org>

migracemi nižších stupňů z důvodů přílišné odlišnosti platforem, systémů i aplikací. V praxi se s takovouto komplexní migrací často nesetkáme, naopak lze pozorovat snahu, vyhnout se jí i za cenu několikanásobné migrace nižšího stupně, například konverze dat do „meziformátu“ jako dočasné řešení na cestě k formátu cílovému.

Migrace je v praxi osvědčená metoda, kterou používá většina organizací z důvodu finanční nenáročnosti. Je však třeba postupovat obezřetně. Nevhodná migrace může mít zásadní negativní vliv na integritu dat. Například konverze ze starších verzí dokumentů MS Word do novějších často vykazují markantní změny ve vzhledu dokumentu. Naopak konverze wordovského dokumentu do formátu pdf může být ve vytištěné podobě k nerozeznání, ale vlastnosti elektronické verze dokumentu mohou být diametrálně odlišné například co do možností editovat dokument, interaktivity a křížových odkazů. Proto se při migraci vždy archivuje i původní podoba dat. Při dlouhodobém užívání metody však vyvstává otázka, které verze dat je nutné archivovat. Původní originál se archivuje vždy, jenže po provedení migrace se archivuje i změněná verze, na tu se po určité době znovu aplikuje migrace. Vznikne v pořadí již druhá verze původních dat, která se archivuje spolu s předešlými verzemi. V některých institucích navíc vznikají také nové verze z úplně původních dat. Může tak postupem času vzniknout neomezené množství mírně pozměněných verzí stejných dat. Někdy i stejných formátů, ale vytvořených různými aplikacemi a tedy někdy dokonce nekompatibilní. Takto prováděná migrace dat způsobuje jejich značnou redundanci a s velkým počtem kopií (verzí) klesá věrohodnost archivovaných dat a jejich skutečná informační hodnota. Proto, znovu opakuji, je třeba k migraci přistupovat zodpovědně a s rozmyslem, nejedná se o pouhé kopírování dat.

Existují i další přístupy k procesu ukládání dat, například **archivace prostředí**. Ta je založena na myšlence využívání původního prostředí, které zaručuje stoprocentní čitelnost a bezchybný přístup k datům. Zachováním-archivováním původního hardwarového vybavení, operačního systému a aplikací spolu s dokumentem je požadovaná čitelnost dat zajištěna. Tato metoda má samozřejmě výraznou nevýhodu v relativně krátkém časovém období funkčnosti hardwaru a jeho nedostupnosti na trhu v budoucnosti, proto je málo využívána.

V zásadě tedy mluvíme pouze o dvou základních přístupech, migraci a emulaci, které se dají do jisté míry kombinovat pro dosažení maximální efektivity. Jak píše Marta Vohnoutová¹ ve článku *Long-term archive architecture*, v praxi existuje mnoho různých formátů dat a také přístupy k jejich archivaci musí být různé. Proto není třeba soutěžit a přít se, která metoda je lepší, ale využít benefity obou metod ve prospěch archivace. Existují však i data na jejichž archivaci nemůžeme použít ani jednu z uvedených metod. Pokud se jedná například o elektronicky podepsaný dokument, není možné použít migraci, protože, jak už víme, migrace dokument mění a u takového dokumentu není možné změnit byť jen jeden bit. Emulace se zatím nejeví jako dostatečně spolehlivá metoda, protože prokázat formálně správnou funkci emulátoru je nelehké, ne-li v některých případech nemožné. V takových případech je třeba použít formát, který nemusí být migrován ani emulován. Takový, dostatečně standardizovaný, formát existuje, je to prostý text v kódování UTF-8. Ale o tom více v samostatném výše uvedeném dokumentu.

1 Ing. Marta Vohnoutová, Consultant Siemens Business Services s.r.o., <http://www.sbs.siemens.cz>

3 Technologie pro ukládání dat

V současné době existují dva hlavní způsoby, jak dělíme zařízení pro data storage. Podle způsobu propojení zdroje dat a datového úložiště na DAS (Direct Attached Storage), NAS (Network Attached Storage), SAN (Storage Area Network), jak je popisuje například Roman Rusnok ze společnosti COMA¹. A dle konkrétního typu koncového zařízení na diskové mechaniky a disková pole, optické mechaniky a knihovny optických médií, páskové mechaniky a systémy. Tato práce se bude zabývat především typy a parametry koncových zařízení, ale krátký přehled dělení podle spojení zdroje dat a úložiště je jistě na místě.

3.1 Dle typu propojení zdroje a úložiště dat

Jako historicky první se objevil model **Direct Attached Storage**, kdy jsou samotná storage zařízení připojena vždy k jednotlivým serverům. Toto řešení je sice jednoduché na instalaci a je relativně levné, ale všechna data z úložní jednotky i do ní musí procházet serverem, takže často dochází k přetížení serveru a k malé výkonnosti systému. Nelze sdílet storage prostředky mezi jednotlivými servery, systém je limitován omezenou vzdáleností úložišť od serverů, nelze jej jednoduše spravovat z jednoho místa a není lehce zálohovatelný.

Mezi DAS zařízení můžeme zařadit např. interní disky samotného serveru nebo jednoduché diskové pole postavené zpravidla na technologii SATA nebo SCSI disků připojených k serveru buď technologií SCSI nebo Fiber Channel v konfiguraci Point-to-Point.

Řešení typu **Network Attached Storage** je poněkud odlišné, a to především tím, že poskytuje sdílení zdrojů na souborové a nikoliv na blokové úrovni. Řešení NAS je jednoduché k instalaci i ke spravování, díky vysoké podpoře řady protokolů dovoluje sdílet soubory i v heterogenních prostředích (MS Windows, Linux, UNIX, Apple, Netware apod.), umožňuje jednotný management, ale je nepoužitelné pro aplikace databázového typu, protože nepracuje na *block level* úrovni. Upotřebitelné je jen na *file level* úrovni, tzn. pro fileservy, pro archivaci souborů, vytváří „ostrůvky“ storage prostředků, velmi nesnadno upgradovatelné. NAS řadič bývá často „úzkým místem“ celého řešení a v neposlední řadě je zde i relativně velké zatížení klasické LAN, do které bývá NAS řešení obvykle připojováno.

Mezi NAS řešení patří infrastruktura serverů jako systém souborů DFS (distributed file system), adresářová služba Active Directory, eDirectory či také využití stávajícího antivirového (Symantec) a zálohovacího (BackBone NetVault) řešení.

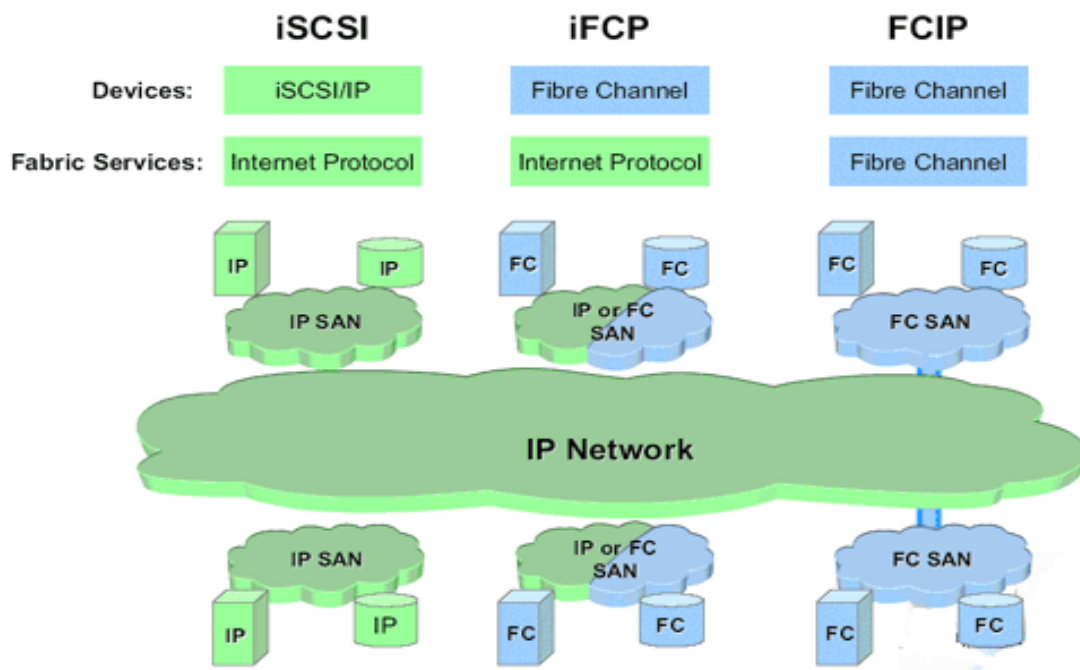
¹ COMA zálohovací systémy a.s., <http://www.coma.cz>

Poslední variantou storage modelů je **Storage Area Network**, což je kvalitativně jiné řešení, vycházející z dedikované specializované sítě jen pro výměnu dat mezi storage zařízeními a mezi servery. Toto řešení přináší zvýšení výkonu a zlepšení dostupnosti dat, neboť umožňuje přistupovat k datům po velice rychlých linkách a dovoluje tyto linky spojovat pro dosažení ještě větší rychlosti. Řešení má případně schopnost „zastoupení“ jednotlivých linek, při přerušení některé z nich (tzv. *fail over*, *multipath*). SAN je sice relativně nákladnější než předchozí řešení, ale má mnoho předností, jako dokonalé sdílení a využití storage zdrojů, vysoký výkon (2/4/10 Gbps), velmi efektivní zálohování a obnova dat, možnost replikací dat do velkých vzdáleností a především schopnost prakticky nekonečného a neomezeného růstu.

Tento růst však závisí také na vzájemné spolupráci různých výrobců, respektive schopnosti zařízení komunikovat nějakým „normalizovaným“ způsobem. V dnešní době tuto funkcionalitu na úrovni spojování diskových polí v jeden svazek umožňuje pouze řešení TagmaStore od společnosti Hitachi Data Systems¹. Kde je možné vytvářet jednotlivé LUN (Logical Unit Number) na úrovni několika diskových subsystémů od různých výrobců. Řešení SAN jsou většinou drahá kvůli technologii FC (Fiber Channel), na které jsou výkonná SAN prostředí postavena. SAN prostředí je možno také postavit na technologiích iSCSI (Internet SCSI), kde je řešení mnohonásobně levnější nebo FCIP (Fiber Channel over Internet Protocol) a iFCP (Internet Fiber Channel Protokol).

Pro propojení geograficky vzdálených lokací můžeme využít buď zabudovaných standardních FC protokolů a vytvořit pouze TCP/IP prostředím „tunel“, který zajistí využívání všech služeb, jež jsou pro FC storage zařízení dostupné. To je řešení FCIP. V tomto případě ale není příliš dobře zajištěna reakce na výpadky v TCP/IP sítích, kdy dojde k zahlcení směrovače nebo výpadku některé linky. Řešení iSCSI a iFCP využívají přímo protokolu IP. Všechny druhy IP protokolu mají implementován nějaký způsob reakce na zahlcení, jeho předcházení a podobně, proto je obnova rychlosti přenosu po výpadku daleko efektivnější. Řešení iSCSI a iFCP využívají více TCP spojení v jedné relaci (díky IP protokolu), zatímco FCIP přenáší data pouze jedním „TCP tunelem“, což může vést až k 20% poklesu výkonu oproti iSCSI a iFCP. (Jak je doloženo v materiálu *Performance of iSCSI, FCIP and iFCP*[38])

¹ Hitachi Data Systems, <http://www.hds.com>



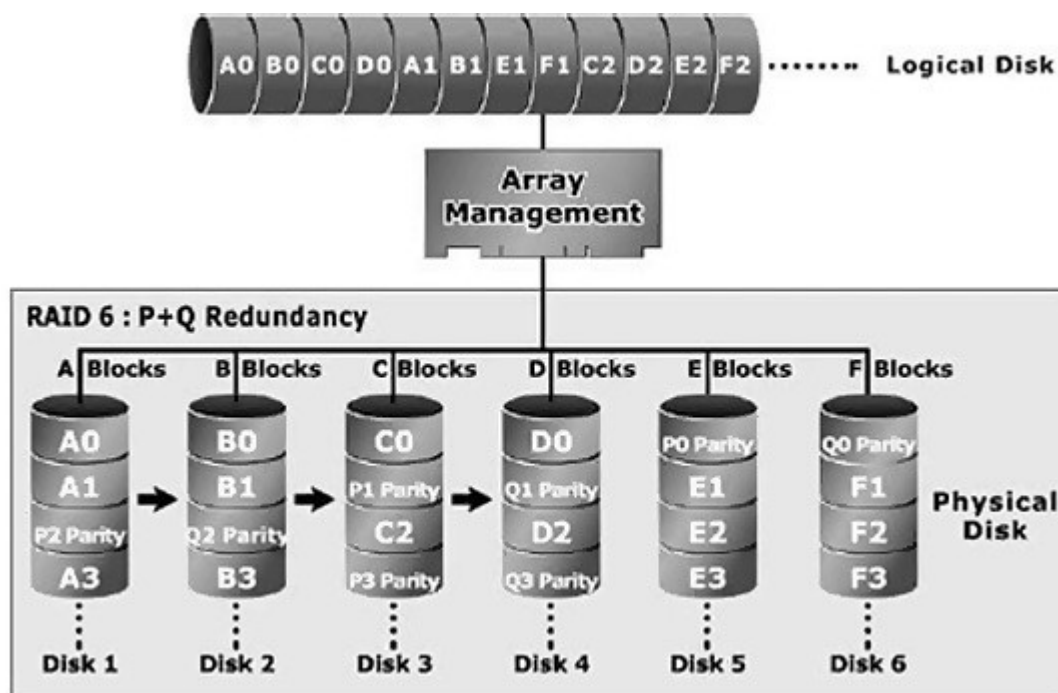
obrázek 3.1 Storage Area Network, použití protokolů v IP síti

3.2 Dle typu koncových zařízení

Běžně užívaným a velice rozšířeným způsobem ukládání dat v domácnostech, ale i malých a středních firmách, je zápis na **pevný disk**, případně do diskového pole. V případě (S)ATA disků tento přístup nabízí nejnižší cenu za megabajt při zachování velice krátké doby náhodného přístupu k datům. Současně dnešní disky dokáží čelit přetížení až 10G a díky celokovovému zapouzdření odolávají dobře i působení vnějších magnetických polí. Nízká cena za megabajt a vysoká rychlost čtení i zápisu jsou jasným kladem a velkou předností ukládání na pevný disk. Pokud ale chceme disponovat také „velkou“ kapacitou a nemuset se obávat ztráty dat při výpadku disku, musíme přistoupit k systému diskových polí.

Diskové pole je seskupení dvou nebo více disků, které se tváří na straně serveru jako jedna logická jednotka. Většinou se jedná o snadno spravovatelné zařízení s webovým rozhraním. V dnešní době jsou nejrozšířenější seskupení disků v **RAID5**, kdy se konfigurace skládá z datových disků a jednoho paritního disku. V poslední době se začíná u většiny výrobců diskových polí (např: Hitachi, NEXSAN, PetaStor) objevovat seskupení disků v RAID6, kdy konfigurace obsahuje datové disky a dva paritní disky. RAID6 jako RAID5 využívá rozprostření paritních informací na všech discích v poli, vytváří však dvě nezávislé vypočtené paritní informace. Rychlost čtení je srovnatelná s RAID5, avšak zápis je o něco pomalejší, protože je nutné vypočítat a uložit dvě sady paritních informací. Disková pole tohoto typu bývají často vybavena funkcionalitou tzv. *hot-spare disku*, který v případě havárie jakéhokoliv disku

v diskovém poli zastoupí jeho funkci. Po výměně vadného disku se zpravidla data z hot-spare disku přesunou na disk nový. Kvalitní disková pole by měla obsahovat dva redundantní controllery a výkonnou cache. U nových modelů diskových polí např: Hitachi je možné použít funkce „*cache partitioning*“ kdy lze jednotlivým aplikacím, které jsou provozovány na diskovém poli přiřazovat různou velikost cache z důvodů výkonnosti.

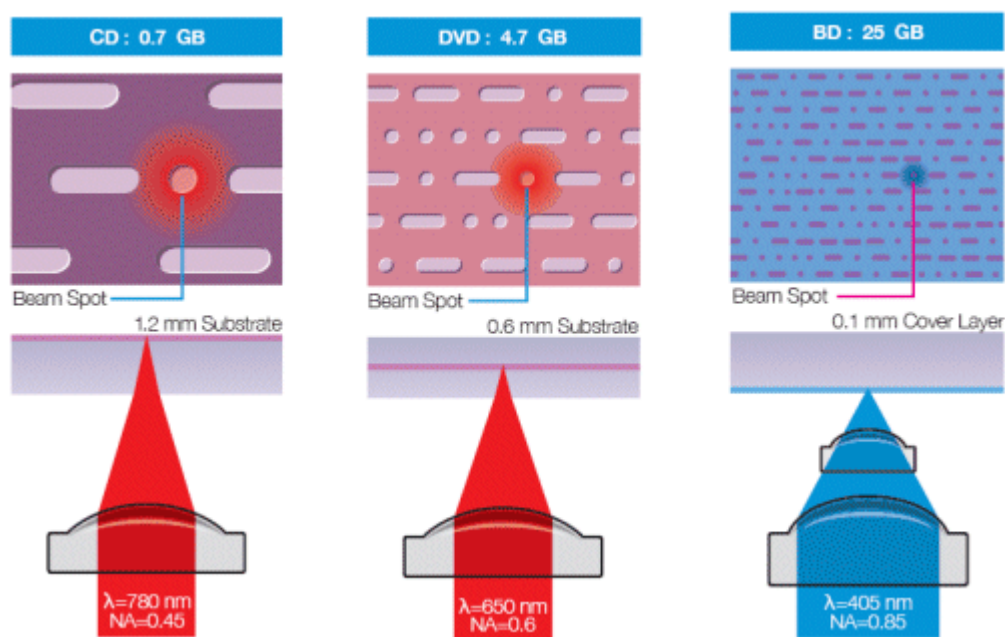


obrázek 3.2 Diskové pole RAID Level 6

Ukládání dat na **optická média** je rozšířené snad do všech domácností a podniků. Každý z nás se s ním, v některé z jeho forem, jistě setkal. Vypalování dat na CD či DVD lze však provádět v různé kvalitě a různým způsobem. Svým charakterem jsou systémy, pracující na tomto principu, určeny především pro dlouhodobé uchovávání dat s neměnným obsahem. Při archivaci na nepřepisovatelná média se tento postup vyznačuje „*nativní WORM*“ funkcionalitou. (Write Once Read Many), nepřepisovatelnost dat je zaručena fyzikální povahou zápisu a nemůže tedy dojít ke smazání dat chybou SW či HW, selháním lidského faktoru apod. Dalším rysem ukládání na optické disky je zpětná kompatibilita a standardizace. Oproti různým formátům např. páskových technologií je u DVD mechanik standard unifikován a je tedy zaručena čitelnost dat na dříve zapsaných médiích v podstatě na kterékoliv mechanice. Toho se drží i nové technologie Blu-ray a HD-DVD, tzn. že na Blu-Ray nebo HD-DVD mechanice bude možné přečíst i CD a DVD zapsaná současnou technologií (pokud tedy výrobci dostojí svým slibům a umístí do nových mechanik kromě „modrých laserů“ i starší červené).

Pokud však srovnáváme tuto technologii s páskami nebo diskovými poli, nutně musíme uvažovat o **knihovnách optických médií** neboli **jukeboxech**, protože pouze tyto systémy s několika mechanikami a archivem CD/DVD nosičů, jsou schopny konkurovat ostatním technologiím z hlediska kapacity. Tyto jednotky jsou připojeny obvyklým interfacem pro rychlé periferie (většinou SCSI) k hostitelskému počítači. Nadstavbou tohoto hardwaru je obvykle softwarový systém, který umožňuje spravovat jukebox jako virtuální disk pokrývající velké množství optických médií, bez ohledu na to, který z optických disků je v dané chvíli založen v jednotce. Použitím předřazeného disku či diskového pole ve funkci *cache* paměti získává takto koncipovaný zálohovací systém také požadovanou rychlost přístupu k datům. Nevýhodou systémů používajících optická média je právě jejich závislost na těchto médiích. Jak vyplývá z výzkumu Národní knihovny ČR, která archivaci na CD/DVD používá, výběr správného média je pro použitelnost systému kritickým faktorem.

Jako příklad takového systému je možno uvést knihovnu optických disků Sunrea TeraBox, která dosahuje kapacity až 9TB při zachování velice příznivé průměrné doby přístupu k médiu 12 sekund, megabitovým síťovým přístupem a platformově nezávislým softwarovým rozhraním.



obrázek 3.3 Srovnání stávající optiky CD, DVD a optiky budoucí BD

Hlavním médiem sloužícím dnes k archivaci dat jsou **magnetické datové pásky**. V minulosti byly rozměrné a obtížně se s nimi manipulovalo, ty současné jsou uchovány v malých snadno použitelných kazetách. Pro rozmanité účely jsou k dispozici magnetopásková zařízení různých formátů, rychlostí a kapacit. Z mainframové magnetopáskové jednotky s desetipalcovými

kotouči a půlpalcovou páskou s devíti stopami se vývoj posunul k dnešním cartridgím, s nimiž lze snadno a rychle manipulovat. Během posledních třiceti let se objevilo mnoho nových formátů magnetopáskových zařízení, dnes se prakticky používají tři z nich: **DLT** (Digital Liner Tape), **AIT** (Advanced Intelligent Tape), **LTO** (Linear Tape Open).

Digital Linear Tape byla vyvinuta v osmdesátých letech minulého století společností Digital Equipment a je adaptací starší dvoukotoučové mainframové metody záznamu, kdy vyjímatelné médium používá pouze jeden kotouč pásky a z tohoto kotouče se páska navíjí na protilehlý kotouč mechaniky. Podle informací na internetových stránkách DLT již byly prodány více než dva miliony DLT mechanik a více než 90 milionů kazet. V poslední verzi systémů SDLT600 výrobce a producent těchto páskových zařízení Quantum corp.¹ garantuje kapacitu 300GB při datovém toku 36MB/s a dokonce 600GB při datovém toku 72MB/s v případě použití komprese. To vše se zárukou čtení jednu generaci zařízení zpět.

Advanced Intelligent Tape vyvinula v roce 1996 společnost Sony². Tato technologie uchovává data prostřednictvím spirálového záznamu dat na 8milimetrovou pásku, podobnou té, která se používá ve videokamerách standardu Hi-8. Oproti konkurenci disponuje větší podélnou hustotou záznamu a užší páskou, a proto jsou AIT kazety menší než ostatní typy cartridgí. Umožňují tedy vznik páskových knihoven, které obsahují větší množství dat a zabírají méně místa. AIT mechaniky používají technologii Advanced Lossless Data Compression společnosti IBM, která pro data různého typu nabízí poměr komprese 2,6 : 1 na rozdíl od poměru 2 : 1 běžně používané komprese u jiných páskových kazet. Verze Super AIT (SAIT-1) v podstatě odpovídá verzi AIT-3, používá však půlpalcovou pásku a poskytuje kapacitu 500GB pro ukládání dat ve vlastním formátu. Verze AIT-3 nabízí kapacitu 100GB při datovém toku 12MB/s a 260GB při datovém toku 31MB/s v případě použití komprese. Nejnovější verze AIT-4 slibuje až 1,3TB.

Technologie otevřeného formátu **Linear Tape Open** začaly v roce 1997 společně vyvíjet společnosti Hewlett-Packard³, IBM⁴ a Seagate Removable Storage Solutions (nyní Certance LLC⁵). Otevřenost této technologie spočívá v tom, že pásky a páskové mechaniky může vyrábět více firem a produkty různých výrobců jsou navzájem kompatibilní. V minulosti mohla být data na pásce načtena pouze mechanikou, která je zapsala. LTO používá lineární vícekanálový serpentinový zápis na půlpalcovou pásku s magnetickým servomechanismem pro korekci chyb a hardwarovou kompresi dat. Zabudovaný elektronický modul uchovává a vyhledává informace o historii pásky a další informace o jednotce. Původně byly na trh uvedeny dvě varianty technologie LTO, a to Accelis a Ultrium, které měly v prvním případě optimalizovat rychlost a ve druhém kapacitu. Po variantě Accelis však nebyla poptávka a příslušné produkty tedy byly staženy. Varianta Ultrium, která představuje přímou konkurenci technologii Super Digital Linear Tape (SDLT), používá uvnitř zásobníku pro navíjení pásky jediné jádro cívky. Současné pásky třetí generace např. Ultrium-460 mohou uchovávat 200GB při toku dat 30MB/s a s kompresí 400GB při toku dat 60MB/s. Současně garantují dvě generace zpět čtení a jednu generaci zpět zápis.

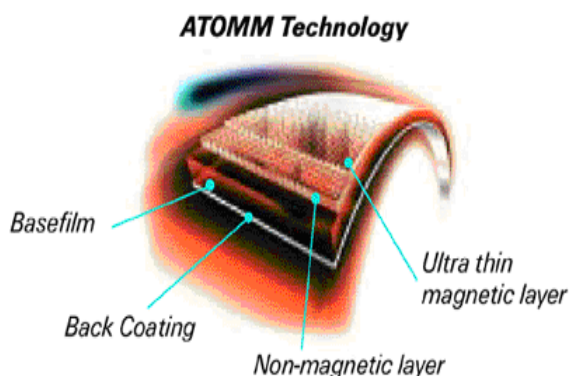
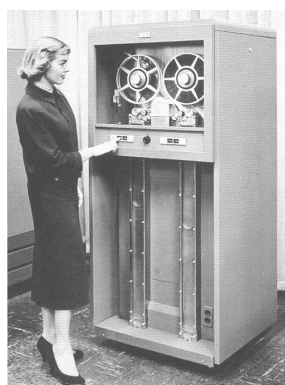
1 Quantum Corporation, <http://www.quantum.com>

2 Sony Corporation, <http://www.sony.net>

3 Hewlett-Packard, <http://www.hp.net>

4 International Business Machines, <http://www.ibm.com>

5 Centrance LLC, <http://certance.interbrand.net>



obrázek 3.4 Ilustrační obrázek k páskovým zařízením

3.3 Srovnání

Srovnávat rozdílné přístupy a technologie pro ukládání dat a předstírat, že jde o objektivní komparaci by bylo nerespektující. Jak jsem již v textu naznačil, je ukládání dat proces, který ovlivňuje řada atributů. Technologie, která je nejvhodnější pro ukládání dat v jedné firmě či instituci, v jednom případě či pro jeden konkrétní účel, může být zcela nevhodná v případě jiném. Proto není možné jednoznačně zhodnotit parametry storage systémů a sestavit žebříček, na jehož vrcholu bude vítěz – nejlepší technologie. V praxi je běžné, že jsou přístupy k ukládání dat kombinovány a v procesu archivace či zálohování je zastoupeno více různých technologií. Podle parametrů jako je aktuálnost a „živost“ dat, nutnosti rychlého přístupu k nim, objemu či citlivosti jsou voleny technologie nejvhodnější. Pokusme se ale přiblížit jednotlivé přístupy k ukládání dat z hlediska IT manažera. Vždy jsou některé aspekty procesu ukládání dat důležitější než ostatní, podle čeho se zodpovědná osoba nejčastěji rozhoduje? Poukažme teď na výhody či nevýhody jednotlivých technologií v jednom parametru.

Kapacita

V tomto ohledu je vítěz jednoznačně technologie ukládání na magnetické pásky respektive knihovní systém, který pracuje s několika páskovými mechanikami a automaticky je schopen měnit jednotlivá pásková média. Takovéto systémy dokáží pojmut až 2500TB nekomprimovaných dat, s použitím kompresních algoritmů, které jsou integrovány do obslužných programů těchto knihovních systémů, se kapacita může až ztrojnásobit. V porovnání s takovým ohromným množstvím dat se nemůže rovnat žádné pole pevných disků ani komerčně dostupných knihoven optických médií. U RAID polí se maximální nabízená kapacita blíží hranici 200TB a knihovny optických médií, které jsou na trhu před nástupem modrého laseru, nabízejí kapacitu kolem 40TB.

Rychlost přístupu k datům

V rychlosti přenosu dat a přístupu k nim je opět jedna z technologií daleko před konkurenčními systémy. Jsou to pevné disky. Přístupovým dobám v řádu milisekund a přenosovým rychlostem kolem 250MB/s nemohou knihovní systémy v žádném případě konkurovat. Přístupové doby u těchto knihoven jsou závislé na tom, zda jsou data k dispozici na některém z vložených médií, pak jsou připravena v řádu desítek milisekund, pokud je však třeba médium vyměnit, tato doba se posune na jednotky sekund. Samozřejmě je možné práci s některými daty předvídat a připravit je dopředu, což také knihovny dělají, ale běžnější je kombinace právě s polem pevných disků, které je pro rychlou práci s daty zdaleka nejlepší. Pokud jde o přenosové rychlosti, opět jsou knihovní systémy až za pevnými disky. U pásek se jedná o 50 – 70MB/s, práce s CD/DVD umožňuje data přenášet rychlostmi kolem 25MB/s. Opět předpokládáme zvýšení těchto rychlostí po zavedení technologie modrého laseru.

Poruchovost

Pokud jde o spolehlivost a poruchovost jednotlivých systémů, je jakékoliv porovnání velice těžké. Záleží na způsobu, jakým je s danou technologií nakládáno. Systémy automatizované, s vyloučením lidských zásahů, jsou většinou odolnější a spolehlivější. Pokud systém pracuje s médii, která jdou vyměnit ručně, hrozí riziko špatného zacházení s tímto médiem, jeho poškození a následné poruchy systému. Na druhou stranu může někdy lidský zásah havárii zabránit. Podstatný je také vliv prostředí, kde je technologie používána, vlhkost vzduchu, otřesy, teplota a podobně. Pokud se však pokusíme technologie srovnat objektivně, musíme vycházet z parametru, který většina výrobců uvádí a při srovnávání storage systémů je běžný. MTBF (Mean Time Between Failure) parametr uvádí průměrný čas, který uplyne, než nastane chyba zařízení. Tento parametr si nelze vykládat absolutně, pokud výrobce uvádí MTBF 300 000 hodin, neznamená to, že v systému se neobjeví chyba 34 let, ale pro srovnání poslouží více, než dobře. 250 000 hodin je průměrná MTBF u páskových systémů, 100 000 hodin u knihoven optických médií a 1 200 000 hodin u pevného disku. Toto srovnání je však samozřejmě neobjektivní, protože diskové pole obsahuje disků více a s přidáním každého disku se zmenšuje MTBF. Například systém složený z 640ti disků o kapacitě 300GB poskytuje kapacitu 192TB, každý z disků vydrží bez poruchy 1,2 milionu hodin. To znamená, že celý systém má MTBF pouze 1875 hodin. Ani tato informace není tak úplně pravdivá, protože ne všechny disky jsou zatěžovány stejně a softwarové nástroje dokáží MTBF ještě trochu vylepšit, ale data storage zařízení vycházejí ze srovnání v tomto parametru rozhodně nejhůře. Ani pásky na tom nejsou tak dobře, jak by se mohlo zdát, protože velice důležitá část mechanik – čtecí hlava je komponenta namáhaná do té míry, že je třeba ji měnit průměrně každých 50 000 hodin. Vítězem této kategorie se tedy stávají knihovny optických médií, jejichž MTBF 100 000 je objektivních a v kombinaci se správným zacházením a výběrem správných médií lze MTBF ještě zvýšit.

Kompatibilita

Zde je srovnání jednoduché. Starost o kompatibilitu je téměř zbytečná u disků, kde je třeba zajistit pouze kompatibilitu rozhraní pokud se jedná o (S)ATA disky nebo SCSI rozhraní. Jinak je vše neměnné a pohodlné. Podobně je to u optických médií, kde je většinou zajištěna zpětná kompatibilita mechanik. Disky jsou na tom lépe, do staršího systému jde neztřídku připojit i technologicky novější disk, pokud se spokojíme s výkonem na hranici starého systému. DVD v CD mechanice přečíst nelze. Páskové mechaniky v tomto srovnání obstojí jen proto, že se technologie v tomto sektoru nerozvíjí tak dynamicky, jako je tomu například u optických médií. I přes to je však zajištěna zpětná kompatibilita pro čtení maximálně 2 generace zpět a zápis max. o 1 generaci starších médií.

Media

U diskových storage zařízení se o médiích nedá v pravém slova smyslu hovořit. Vše je součástí jednoho systému, i když je možné disk s daty vyjmout a nahradit. Málokdy je ale vyjmutý disk použitý jako médium pro archivaci dat. U systémů páskových nebo optických médií je výhoda v tom, že výměnou média získáváme současně buď záložní nebo archivační kopii dat. Tu lze pak bezpečně uložit na jiné místo pro archivaci nebo s ní jakkoliv manipulovat, tato možnost u diskových systémů není a z jistého úhlu pohledu značně omezuje funkcionalitu celého zařízení. Samozřejmě se hodí k jiným účelům a snadná výměna médií může být považována dokonce za nevýhodu, například za bezpečnostní riziko.

Cena za MB

Situace s cenou megabajtu se v posledních letech změnila. Dramatický pokles cen pevných disků a optických médií způsobil velké ztráty stagnujícímu trhu s páskovými zařízeními. Cena jednoho MB u disků se pohybuje kolem 1 Kč, u optických médií se jedná o koruny dvě, v případě pásek se ale blížíme k pěti. Pohled na cenu ale není tak jednoduchý, viz další odstavec.

TCO

Důležitějším parametrem, než cena za 1 MB, je tzv. *Total Cost of Ownership*. Jedná se o souhrn všech nákladů na provoz storage technologie. Do TCO se zahrnuje cena mechaniky, médií, spotřeby energie, servisních zásahů, nutné výměny komponent, cena ztráty a obnovy dat a podobně. Vzhledem k nízké MTBF u disků a nutnosti je častěji měnit, se celkové náklady na provoz diskových systémů zvedají. Stejně tak nutnost měnit čtecí hlavu u páskových zařízení je nepříznivá vůči nákladům. V tomto ohledu se proto dostávají do popředí knihovny optických médií, kde jsou náklady na provoz minimální a díky vyjímatelosti médií lze obsah snadno zálohovat případně rychle obnovit.

Rozšíření, použití, souhrn

Disková pole jsou všude, páskové mechaniky všude tam, kde se archivuje velké, ale opravdu velké, množství dat a optická řešení jsou rozprostřena také napříč celým trhem. Jak již bylo řečeno, každá z technologií má své přednosti a využití je různé. Většinou hraje roli i určitá zvyklost a setrvačnost. Jednou je do firmy některá technologie vybrána a pak se pouze pokračuje v jejím využívání a upgradu. Cesta vede přes důslednou customizaci, řešení na míru chceme-li. Opět je třeba mít na paměti myšlenku, že ukládání a archivace dat je proces, proto ve většině úspěšných řešení najdeme kombinaci alespoň dvou technologií. Disková pole jsou jednoznačně nejvýhodnější jako první stupeň práce s daty, možná i pro jejich prvotní zálohu. Jako druhý stupeň je dle mého názoru již vhodné zvolit systém s výměnnými médii, aby kromě systému rychlé obnovy dat po havárii mohl sloužit také jako systém archivační. Tedy aby média šla jednoduchým způsobem vyjmout a uskladnit na jiném místě. Vše záleží také na povaze dat, se kterými pracujeme. Jedná se o velké soubory nebo tisíce souborů malých? Je možné data komprimovat? Potřebujeme přístup on-line nebo jsme ochotni na požadovanou informaci pár vteřin počkat? Každopádně je dobré mít otevřenou mysl a zvážit všechny alternativy. Nabídka je široká a možnosti téměř neomezené.

4 Optická média

Ukládání dat na optická média je rozšířené zvláště v neprofesionálním domácím či firemním sektoru, ale i v případě archivace se jeví jako velice levný a v mnoha případech nejvhodnější způsob řešení. Knihovní systémy optických disků je možné využívat stejným způsobem, jako páskové roboty, při zachování velice levné a jednoduché možnosti každé jednotlivé médium ze systému vyjmout, nahradit, případně pořídit kopii. Také technologie budoucnosti, jak si dále ukážeme, s touto formou ukládání dat počítají. Už jen proto, že stále narůstající požadavky multimediálních aplikací jsou všudypřítomné, ať už mluvíme o integraci počítačů do domácích spotřebičů či domácích center zábavy nebo o přesahu IT do všech oborů lidské činnosti.

Pokud se ukládáním na optická média budeme zabývat podrobněji, zcela jistě narazíme na některé otázky, jež nebyly nikým zodpovězeny, ačkoliv jsou pro použití CD/DVD k archivaci klíčové. Je třeba mít na paměti jak statické vlastnosti používaného média, tak výhody či nevýhody zapojení těchto médií do procesu ukládání dat, tzn. reflektovat na vlastnosti celého systému, který pro data storage CD/DVD využívá.

Jak dlouho vydrží optická média a data na nich uložená nezměněná, nepoškozená? Je způsob jak tuto dobu determinovat či měřit? Můžeme ji ovlivnit výběrem médií či způsobem jejich uchovávání? Co dokáží knihovní systémy CD/DVD? Jaké jsou jejich parametry a možnosti rozšiřitelnosti o novější technologie? Na některé z těchto otázek se pokusili odpovědět v Národní knihovně ČR.

4.1 Použití v Národní knihovně ČR

4.1.1 Slepá ulička Národní knihovny ČR – tudy ne, přátelé

Jaké jsou statické vlastnosti optického média? Jaký vliv má na něj okolní prostředí? Statistické vyhodnocení stárnutí CD-R disků, provedených v NKČR¹ v období cca čtyř let podalo výsledky naznačující, že ve vyhovujících podmínkách stárnou tyto disky velmi pomalu. Vliv prostředí na disky je však jistý, dostupné informace hovoří především o vlivu vlhkosti, kyslíku a světla. Při pokusech tyto negativní vlivy minimalizovat, zvolili pracovníci NKČR několik různých přístupů. S regulací světla a vlhkosti mají v archivech dostatek zkušeností, eliminace vlivu kyslíku se ale ukázala být jednoduchým úkolem.

Původní myšlenka byla balit disky uložené v krabicích po 25 kusech do neprodyšného obalu s ochrannou atmosférou. Po zvážení možných alternativ a dosavadních výsledků stárnutí byla zvolena jednodušší metoda, **využití kyslíkového absorbéru**. Každá krabice je zabalena do polyetylenového obalu tak, aby byl obal nepropustný. Mezi obal CD a polyetylenový obal je

¹ Národní knihovna České republiky, <http://www.nkp.cz>

vložen kyslíkový absorbér. Přípravek na sebe váže kyslík v obalu (21% ve vzduchu), takže média jsou uchovávána v bezkyslíkové atmosféře. Protože je nutno předpokládat jisté netěsnosti a stárnutí obalu i určitou minimální propustnost materiálu, je kapacita absorbéru dimenzována tak, aby byla schopna absorbovat kyslík i z pronikajícího vzduchu při vyrovnávání tlaku po dobu cca 5ti let. Přípravek je používán v mnoha náročných oblastech, mimo jiné ve farmaceutickém průmyslu i v archivnictví a dle ujištění výrobce je vlastní emise jakýchkoli látek prakticky nulová. Po zvážení letitých zkušeností s touto metodou a ve srovnání s vlastnostmi ostatních materiálů doprovázejících CD bylo rozhodnuto, že tímto způsobem budou zabaleny všechny disky určené k archivaci. Pro objektivní vyhodnocení dlouhodobého vlivu se založí pokus, kde budou paralelně disky ze stejné šarže a stejné zapisovací jednotky ukládány na stejném místě jen s rozdílem balení/nebalení s kyslíkovým absorbérem.

Ing. Stanislav Psohlavec¹ ze společnosti AiP Beroun s.r.o., který osobně zajišťuje technické zázemí a praktickou stránku archivace a digitalizace sbírek NKČR, však po kontaktování výrobce použitého absorbéru zjistil, že jeho použití je v zásadě kontraproduktivní. Absorpce kyslíku je totiž podmíněna vznikem vodních par, přičemž u obvyklého přípravku může vlhkost v uzavřeném prostoru stoupnout na cca 80%, při chybném dávkování i výše. Ani nový přípravek FTM 2000, který je doplněn o absorbéry vlhkosti, nezaručuje nižší vlhkost než cca 60%. Taková úroveň vlhkosti je pro archivaci CD stále ještě dosti vysoká. Běžnými metodami, které jsou v archivnictví používány, lze docílit vlhkosti do 30%. Takto vysoká vlhkost je nežádoucí i pro další komponenty archivačního systému, proto bylo rozhodnuto, že cena za bezkyslíkové prostředí je příliš vysoká, než aby se NKČR ubírala tímto směrem. **Za současných podmínek byly započaté testy přerušeny a ukončeny.**

4.1.2 Výzkum

Metoda uchovávání v bezkyslíkovém prostředí tedy nebyla tou správnou cestou. V Národní knihovně ČR však byl v této souvislosti proveden rozsáhlý výzkum, který na mnohé otázky související s archivací na CD/DVD odpověděl. Všechny výsledky jsou založeny na důkladných testech, provedených firmou AiP Beroun s.r.o., vlastní měření disků a zpracování výsledků prováděli ing. Stanislav Psohlavec a ing. Ivo Vohradský, statistické rozbory zpracovala ing. Eva Jarošová CSc. z VŠE. Některá měření, dílčí výsledky a závěry následují.

V Národní knihovně ČR se staré tisky a vzácné rukopisy digitalizují již devátým rokem. Stejnou dobu se vytvořená data ukládají na CD-R (DVD-R) disky a analýza byla tedy provedena nad vzorkem více než 10 000 médií. Při čtení CD/DVD se připouští, že záznam je vždy částečně poškozen, proto byla zavedena cca 30% míra redundance („rezerva“) při zápisu na tato média. Z nadbytečných dat lze celý záznam bezproblémově zrekonstruovat. Optické disky jsou ukládány za běžných teplot do 20° C v temném prostředí, světlu jsou vystavovány pouze na dobu nezbytně nutnou pro manipulaci, vlhkost v úložném prostoru je do 30%. Ale žádný z těchto parametrů není patrně kritický. Z analýzy vyplynulo, že „stárnutí“ záznamu, jež je determinováno těmito vlivy, je

¹ Ing. Stanislav Psohlavec, výkonný ředitel AiP Beroun s.r.o., <http://www.aipberoun.cz>

pro kvalitu archivace méně důležitým faktorem, než počáteční výběr a technologické vlastnosti média a zejména způsob zacházení s médiem při přehrávání dat.

Pokud tedy chceme zodpovědně archivovat data na CD/DVD, musíme mít možnost média si vybrat a měřit jejich vlastnosti a při manipulaci postupovat s maximální možnou obezřetností.

Měření je třeba pro

výběr média

Provádíme na vzorku médií z šarže, kterou plánujeme koupit.

kontrolu provedeného záznamu

Bezprostředně po provedení záznamu, aby do archivu nebyl zařazen disk, na kterém je vlivem chyby zápisu již od začátku využíváno opravných kódů.

kontrolu vzorků z uložených disků

Aby byl zachycen případný vliv stárnutí. Testování již uložených disků je závislé na době archivace. Čím starší je záznam, tím větší vzorek médií z té doby testujeme.

Měřit je třeba bezprostředně po provedení záznamu, aby v případě nedostatečné kvality mohl být záznam ihned opakován, a aby do archivu nebyl uložen disk, který má už od počátku horší „rezervu“. Měření také upozorní na stárnutí vypalovací mechaniky. Při denním vypalování může být vhodné vyměnit mechaniku již za rok. Měření disků je vhodné po čase opakovat na vzorku archivovaných disků a při zaregistrování významného poklesu rezervy data ze starších disků zkopírovat na nová média.

Peny profesionálních přístrojů dovolujících měřit analogové i digitální vlastnosti záznamu se pohybují ve stovkách tisíc korun a jsou pro účely méně rozsáhlé archivace na optická média neefektivní a nedosažitelné. Nicméně díky dobrým vztahům se společností Gramofonové závody a.s.¹, která vlastní potřebné vybavení, proběhl v NKČR rozsáhlý test. Některé dílčí zajímavé výsledky následují (citace kurzívou), kompletní statistiky a výsledky je možné nalézt na adrese [3].

Posouzení výsledků proběhlo na dvou úrovních. V první úrovni byly všechny vybrané disky posouzeny vizuální kontrolou, která byla provedena stejnou metodikou, kterou je kontrolována a posuzována chybovost CD disků, matic a masterů ve výrobě CD a v masteringu. Veškeré práce probíhaly v čistých prostorách s možností čištění povrchu tlakovým dusíkem a běžně používanými rozpouštědly (propylalkohol, demineralizovaná voda), takže bylo možno spolehlivě odstranit prach a nečistoty lpějící na povrchu. Při mikroskopickém posuzování závad byla snaha nalézt konkrétní vady a ztotožnit je s vadami indikovanými při elektronickém měření. Významné, typické a zajímavé vady byly dle možnosti i fotograficky zdokumentovány.

Až na ojedinělé výjimky bylo možno jednoznačně rozdělit příčiny chyb do tří skupin. Mechanická poškození, pevně lpějící prach a výrobní vady.

Při posuzování vad disků bylo využito zařízení umístěných v čistých prostorách masteringu,

¹ Gramofonové závody a.s., <http://www.gzcd.cz>

zejména:

- pracoviště pro vizuální kontrolu, ostré usměrněné světlo, rozptýlené světlo
- stereomikroskop (zvětšení až 40x)
- systémový mikroskop (zvětšení 10/20x8)
- digitální fotoaparát Kodak DCS260
- CD audio přehrávač SONY CDP 555
- kontrolní věže CDA a Datarius

Snahou bylo rozlišit odstranitelné a neodstranitelné vady a vady vzniklé již ve výrobě a vady pocházející z používání. Protože na disku bylo obvykle nalezeno více vad, byla zavedena položka „prvotní (hlavní) příčina vyřazení“. Zde je zajímavé, že příčinou vadného disku byla ve 12ti případech výroba, z toho 3x nahodilé chyby, tj. chyby jejichž výskyt a průnik na trh nelze nikdy zcela vyloučit, 5x sériové chyby, tj. chyby které s největší pravděpodobností byly na větším množství disků případně i na všech vydaných a 4x chyby související s datovou strukturou disku, které byly na všech vydaných. Tři z těchto chyb souvisely s produkcí CD-ROM jedné firmy. Uživatel byl příčinou vadného disku jednoznačně v 53 případech, přičemž jednoznačně vedoucí příčinou je poškrábání a znečištění. U všech disku balených do pošetek (běžných průhledných polypropylenových obalů, které lze najít například u CD přiložených k časopisům) lze konstatovat, že poškrábání a znečištění souvisí s tímto balením.

Pokud byly na disku nalezeny vady výrobní, byl obvykle předpoklad, že vady nejsou hlavní příčinou problémů s diskem. Přesto byly nalezeny závady, které by neměly opustit výrobní závod a to zvláště závady, které jsou typicky sériové (tzn. vyskytují se na všech discích vyrobených v blízkém časovém období), jako je 1x boule (lokální nečistota pod matricí), 10x nečistota na matrici, 2x krupice na masteru (vadný povrch výrobního nástroje již z jeho výroby). Tyto vady jsou ve výrobě snadno zjištělné a takovéto disky by neměly být distribuovány. Ani zde však nebyly většinou vady tak závažné, aby jinak nepoškozené disky neplnily svoji funkci, tzn. tyto vady nemusely být příčinou vyřazení disků. Problémy s nimi přišly až při zatížení dalšími chybami pocházejícími z používání, především z drobných mechanických poškození a z prachu (výjimkou jsou nalezené výrobní vady, které byly prvotní příčinou nalezených chyb viz. výše). Zajímavý je náález osmi záznamů jevících chyby v TOC datech (Table Of Contents) a dvou vad, kdy disk obsahoval rozpor v těchto informacích. Disky ve formátu CD-EXTRA (všechny od jednoho výrobce) vykazují celoplošně téměř rovnoměrně rozložené vady. Disky při přehrávání „srší“ a „lupají“. Nelze vyloučit chyby pocházející již z premasteringu.

Další nalezené závady pocházející z výroby jsou náhodného charakteru: 5x byla nalezena větší chyba v pokovení (díra v reflexní vrstvě), jen 2x vměstek – nečistota v polykarbonátovém výlisku. Mechanická poškození povrchu pocházející z výroby nelze objektivně odlišit od mechanických poškození pocházejících z používání. Prachové částice pevně lpějící na povrchu mohou také snadno vzniknout při běžném používání, nicméně se zdá, že část těchto prachových částic může pocházet i z potisku, kdy disk je silně přitlačen k podložce. Tento typ závady byl jednoznačně identifikován při porovnání chybovosti nepotíštěných CD-R, které vykazovaly prakticky nulový výskyt vad tohoto typu, s CD-R disky potištěnými, které prošly tiskovým strojem dvakrát a u kterých byl tento typ vady identifikován na nejméně 10% disků.

Mechanická poškození jsou nejčastější nalezenou vadou. Při jejich hodnocení byla patrná snaha o rozlišení příčin vzniku těchto poškození, ale prakticky všechna mechanická poškození lze zdůvodnit chybnou manipulací s diskem. Vady lze rozdělit na lokální, které mají svou příčinu v kontaktu s hrubší nečistotou na rovné ploše (např. položení CD na stůl) nebo vzniklé při vkládání CD do mechaniky. Některá poškození jsou zcela typická pro „uskřípnutí“ disku při chybném vložení do mechaniky. Typické jsou i vady vzniklé posunem CD na znečištěném povrchu. Z tohoto hlediska jsou vysloveně nevhodné pro archivaci pošetky libovolného druhu. Byly nalezeny disky se stopami lepidla z pošetek, charakteristická jsou i poškození způsobená prsty při obtížném vyjímání disku z pošetky.

Významné je nalezení devíti poškození záznamu ze strany potisku, vždy s fatálními důsledky, protože je poškozována přímo pitová struktura. K tomuto poškození může dojít paradoxně při opatrném pokládání CD potiskem dolů, s ohledem na nepoškrábání čiré strany disku. Ostrá nečistota na podložce může poškodit disk závažněji než škrábnutí čirého povrchu. (Z toho nelze vyvozovat, že je lépe pokládat CD potiskem nahoru). Zde je signifikantní, že tyto vady se vyskytují prakticky výhradně u disků s jednoduchým minimálním potiskem a textem, kde základem ochrany reflexní vrstvy je jen velmi slabá základní laková vrstva. Tento typ vady se nevyskytl u disků s celoplošným potiskem, kdy ochranná vrstva je díky vrstvě barvy několikanásobně silnější. Poškození lakové vrstvy nad reflexní vrstvou je základem pro počátek koroze hliníku po rozhraní mezi obnaženými vrstvami. Takto postižené disky je nutno ihned nahradit

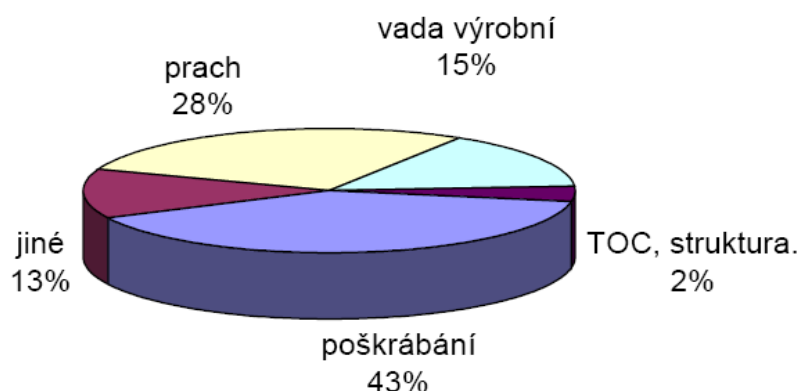
Souhrnně se dá tedy říct, že zacházení s disky je klíčové pro jejich použitelnost v archivačním procesu. Jak je patrné z následujícího grafu, téměř polovina nalezených vad byla způsobena fyzickým poškozením disku – poškrábáním. U vyřazených médií bylo téměř pětinašobně více poškození způsobeno přímo uživatelem, oproti poškození výrobnímu. Velký vliv má také výběr správného média, jak se ukázalo na testech částečně nebo zcela potištěných disků, případně chybovosti médií od konkrétního výrobce. Podrobnosti k tomuto lze nalézt na [3], nicméně rád bych poukázal ještě na jeden zajímavý aspekt, který hraje roli při výběru médií a tím je **využití periodicity při výrobě CD** (informace firmy Gramofonové závody a.s.).

Matrice používaná na vstřikolisu má omezenou životnost, targety se vyměňují pravidelně díky předvídatelné životnosti, je nutná periodická údržba zařízení. Každý tento zásah do technologie má za následek nový náběh výroby, během něhož se výroba „uklidňuje“. Dochází k usazení matrice, stabilizaci teplotního režimu formy i vstřikovaného polykarbonátu, doladění cyklu lisu za ustáleného chodu, vyčištění dopravních a pracovních prostorů, prostorů v nichž dochází k naprašování. Media vyrobená v této počáteční době jdou do odpadu (snižuje se tím výtěžnost). Teprve po určité době výroby dosáhnou media kvality akceptovatelné pro uživatele, proces zlepšování kvality však pokračuje. Nejlepší kvalita výroby pochází z následujícího období, které je déle bez zásahů - z uklidněné, kontinuálně běžící výroby. V této době klesá výskyt všech nahodilých vad. Toto období může být i velmi dlouhé, jeho konec je však vždy dán buď technologicky nebo postupně se zhoršujícími parametry, které si vyžadají nový zásah do technologie (např. výměna matrice). Rozhodnutí, kdy je již nutno takto zasáhnout do výroby, opět ovlivňuje výtěžnost. Je zřejmé, že kvalita vyráběných CD má z principu vždy periodický charakter a je vhodné této pravidelnosti využít a pořizovat média pro archivaci výhradně z ustálené výroby.

Přehled výsledků kontroly kvality problematických disků vybraných z povinných výtisků NKČR

CELKEM	mech. poškození					příčina vyřazení	
	škrába	jiné	prach	vada výrobní	TOC, strukt.	výroba	uživatel
	82	26	58	31	8	12	53

Složení nalezených vad



graf 4.1 Složení vad zjištěných u médií při testování v NKČR

4.1.3 Parametry optických médií

Pokud jde o vlastní měření parametrů disků určených pro archivaci, respektive testování médií pro určení vhodnosti k archivaci, rozlišujeme dvojí testování. Testování analogových parametrů média a testování digitálních parametrů média. Testování kompletní, tedy obou částí, se provádí vždy před zařazením disků do archivu, pro průběžnou kontrolu již zapsaných disků se používá pouze kontrola digitálních vlastností média. Přiblížme si nyní tyto analogové a digitální parametry.

Analogové vyjadřují fyzikální vlastnosti media, především geometrii pitové struktury záznamu, vlastnosti reflexní vrstvy a nosiče. Významná je i informace o vlastnostech a variacích „vedení stopy“ v horizontálním směru (tracking) a vertikálním (fokus). Celý záznam dat je založen na pitové struktuře. Pity jsou prohlubně na lisovaných CD, plochy se změněnou reflektivitou na CD-R. Mají délku (stejně jako mezery mezi nimi) tří až jedenácti základních délek a leží v ose stopy záznamu. V této struktuře je zakódována veškerá uložená informace. Celý čtecí proces je závislý na správném rozlišení délek jednotlivých pitů a mezer mezi nimi. Pokud by snímač rozeznal všechny délky správně, neuplatnil by se nijak mechanismus oprav během rekonstrukce dat a veškeré digitální chyby by byly nulové. Základem správného rozpoznávání délek je kvalitní

signál, který je snímán laserovou hlavičkou a převeden na analogový signál odpovídající tomu, jak hlavička „vidí“ pítu – tzv. HF signál. Tento analogový signál je převeden komparátorem na EFM signál, který je již analyzován digitálně. Prvotní je určení, kolik kvant byl který pit dlouhý. Již zde je zřejmé, jak zásadně může toto rozhodování a tedy kvalitu snímání ovlivnit amplituda snímaného signálu (větší signál, vyšší strmost při průchodu nulou, menší nejistota), symetrie (různá geometrie pro krátké a dlouhé pítu), sledování stopy (mechanický proces, odchylka osy stopy nebo roviny zaostření mění rozhodovací úroveň). Při nízké úrovni lokálních poškození a homogenním HF-signálu může být i při nízké amplitudě správně rozpoznávána délka pitů, bude tedy velmi nízká úroveň digitálních chyb odvozených z nesprávného rozpoznání délky. Disky se mohou jevit jako dobré. Je však zřejmé, že u disku s nižší amplitudou nebo vyšší asymetrií HF-signálu lze očekávat podstatně vyšší citlivost na libovolné poškození, znečištění disku, snížení odraznosti reflexní vrstvy atd.

Analogové vlastnosti jsou tedy pro posouzení kvality disku primární. Jsou dobře reprodukovatelné a poměrně objektivní. Jsou také dobře hodnotitelné, protože jsou analogové, tedy spojitě se měnící. Základní analogové parametry vyhodnocované na HF-signálu poskytovaném laserovou hlavou jsou amplitudy nejkratších a nejdelších pitů a asymetrie signálu. Velice signifikantní informací o kvalitě disku je i vyhodnocení spektra identifikovaných délek po komparaci. Toto měření je však výsadou velmi drahých zařízení určených pro výrobní podniky. Disky mající špatné základní parametry nejsou pro archivaci vhodné i když digitální vlastnosti mohou být dobré, jak bude vysvětleno dále. Veškeré vady disku se při snímání vždy projeví nejprve jako deformace snímaného HF-signálu. Úplný výpadek signálu obvykle souvisí s přímým poškozením pitové struktury, což je vada z výroby nebo důsledek poškození strany s potiskem. Tento případ je v podstatě dosti výjimečný, pomineme-li hrubší poškození povrchu disku, protože reflexní vrstva s pítu je snímána skrze tloušťku disku, jejíž povrch je pro laserovou hlavu značně rozostřen. Drobné nečistoty a poškození způsobí jen pokles amplitudy HF- signálu, nikoli jeho zánik. Chyba tady vzniká tím, že při náhlé deformaci HF-signálu nejsou správně vyhodnoceny délky pitů. **Horší analogové vlastnosti disku zvyšují citlivost na běžná poškození, nejsou však samy o sobě příčinou vzniku chyb.**

Digitální vlastnosti jsou odvozeny od monitorování procesu rekonstrukce zaznamenaných dat. Proud informací o délkách jednotlivých pitů a mezer mezi nimi je rekonstruován do původních zaznamenaných dat. Systém rekonstrukce ve více stupních, rozptýlení vlivu lokální ztráty dat na větší datový prostor, to vše přináší vysoké možnosti rekonstrukce dat i při značné chybovosti ve čtení signálu z disku. Při monitorování signálů dokumentujících aktivaci příznaků rekonstrukčních mechanismů lze dobře pozorovat úspěšnost rekonstrukčního procesu. Tato úspěšnost je velmi citlivě závislá na analogových vlastnostech disku, protože je jen obrazem správnosti převodu analogového signálu na digitální – rozpoznání původní délky jednotlivých pitů. Příkladně chyba ve vedení stopy (způsobená např. nepatrnou nečistotou pod maticí) může způsobit neopravitelné chyby nebo naopak nemusí být vůbec digitálně registrována. Záleží na tom, jak systém mechanického sledování stopy udrží laserový paprsek v ose stopy a zda odchylka od této osy nezbytná pro servosystém nepřekročí úroveň, kdy délka pitu je vyhodnocena nesprávně. Nepatrná změna mechanických vlastností snímacího systému, nastavení sledovacího servosystému, vede snadno ke změně amplitudy nebo geometrie signálu poskytovaného snímací hlavou. To se může

projevit neadekvátní změnou registrovaných digitálních chyb. Obdobný vliv při hraničních analogových parametrech mohou mít prakticky všechny změny vlastností snímací mechaniky i media. Je zřejmé, že disk ležící v analogových vlastnostech na hranici použitelnosti, může vykazovat minimální digitální vady. Při výhradně digitálním měření se může jevit dokonce jako bezvadný. Podstatná je u takového disku vysoká citlivost na jakékoli poškození či změnu podmínek snímání, která se projeví vysokým, původní příčině neúměrným, nárůstem digitálních chyb. Sem lze zařadit i známý efekt, že disk některé mechaniky „neberou“.

Lze tedy konstatovat, že digitální parametry dávají dobrou představu o jednoznačných poškozeních pitové struktury nebo povrchu. Dobrý výsledek digitálního měření bez znalosti analogových vlastností však nedává dostatečnou informaci o spolehlivosti záznamu. Hodnocení disků CD-R (DVD-R) pro archivaci na základě měření je plnohodnotné jen tehdy, je-li k dispozici analogové měření. Samostatné digitální měření lze využívat jen jako doplňkové měření disků u nichž je jistota, že jsou z analogového hlediska vyhovující. Jak již bylo řečeno výše, zjednodušené měření pouze digitálních parametrů je NKČR využíváno pro kontrolní měření archivovaných CD-R (DVD-R) disků nebo pro kontrolu stavu CD dodaných do NK jako povinné výtisky.

Postup při výběru a archivaci s použitím CD/DVD		
1	výběr správné šarže s využitím periodicity výroby	
2	měření analogických i digitálních parametrů médií a vyřazení nevyhovujících kusů (může proběhnout již u dodavatele médií)	
3	zápis dat s využitím rezervy na opravné kódy	postup obsluhy s maximální opatrností – minimalizace fyzického poškození médií
4	průběžná kontrolní měření digitálních parametrů médií	

tabulka 4.1

Archivace digitálních dat v NKČR tedy v současné době plně využívá technologii optických médií. Systematický a zodpovědný přístup postavil tuto technologii na stejnou úroveň jako páskové zálohovací systémy a pro potřeby NKČR (obecně pro organizaci s podobnými požadavky, viz odkazy dále) je nejvhodnější. Protože se však jedná z velké části o data nenahraditelná – související s jedinečností sbírek NKČR, je kopie dat ukládána paralelně s celým postupem archivace na CD/DVD také do datového úložiště, které zajišťuje páskový storage systém. To nijak nesnižuje postupy ukládání na optická média, ale naopak upevňuje a potvrzuje důvěryhodnost a jistotu celého archivačního procesu v NKČR. Kromě aplikace v Národní knihovně ČR je podobný způsob archivace používán v souvislosti s těmito projekty: Jednotná informační brána¹, Kramerius², Projekt Memoria³, WebArchiv⁴.

1 Jednotná informační brána, <http://www.jib.cz>

2 Systém Kramerius, <http://kramerius.nkp.cz>

3 Projekt Memoria, <http://www.memoria.cz>, <http://www.manuscriptorium.com>

4 Projekt WebArchiv, <http://www.webarchiv.cz>

4.2 Měření kvality CD a DVD v Computer Press

V časopisu Computer 6/2006 vyšel článek popisující test spolehlivosti DVD médií, který probíhá ve spolupráci s časopisem Home Cinema (Obě periodika vydává nakladatelství Computer press.¹⁾). Cílem testu není porovnat všechna média na trhu, ale ukázat principiálně, co lze od médií očekávat. Test se neopírá o měření profesionálními přístroji jako v případě NKČR, ale o měření komerčně dostupnými prostředky. Konkrétně v mechanice LiteOn SOHW-1653S s čipovou sadou MediaTek a SW nástrojů NERO.

V průběhu testu byla média vystavena „extrémním podmínkám“. Konkrétně se jednalo o denní několikahodinové vystavování datové strany médií přímému slunci. Vlhkost odpovídala podmínkám v běžné kanceláři, tedy podmínkám spíše domácím, než archivačním, manipulace s médii byla také běžná, disky nebyly testovány na cílené fyzické poškození. Jediným faktorem ovlivňujícím média bylo sluneční světlo. Jak se ukázalo (respektive potvrdilo základní domněnky v NKČR), je tento vliv zásadní, v tomto případě devastující.

Byla použita metodika měření, kdy jsou sledovány chyby čtení, v tomto případě především PIF (Parity Inner Failure), metoda je popsána například v článku *Testování DVD médií na CD-R serveru* [39]. Největší nárůst chyb byl zaznamenán u DVD+R médií, nejlépe si po prvním měření vedla média DVD-RW a DVD+RW. Média DVD+R a DVD-R se i v dalším měření zhoršovala a po třech měsících nešla přečíst vůbec. Média DVD-RW a DVD+RW se zhoršila, ale celkový výsledek byl stále dobrý. Nejlepší výsledky prokázala média lisovaná, druhé místo média přepisovatelná, DVD-R a DVD+R se pro nečitelnost neúčastnila posledních měření. Podrobné výsledky v následující tabulce.

¹ Computer press, <http://www.cpress.cz/>

Spolehlivost DVD médií					
Značka	Typ média	Chybovost při 1. měření	Chybovost při 2. měření	Chybovost při 3. měření	Hodnocení
Lisované filmové	DVD-ROM	0,06	0,07	0,09	čitelné
Lisované datové	DVD-ROM	0,12	0,12	0,12	čitelné
Verbatim	DVD-RW	0,06	0,17	0,14	čitelné
Memorex	DVD-RW	0,20	0,76	0,76	čitelné
Memorex	DVD+RW	0,37	1,15	1,26	čitelné pouze na nejkvalitnějších mechanikách
Verbatim	DVD+RW	1,45	1,97	2,06	čitelné pouze na nejkvalitnějších mechanikách
Verbatim	DVD+R DL	0,12	0,23	nečitelné	zcela nečitelné
Memorex	DVD-R	0,25	76,27	nečitelné	zcela nečitelné
Verbatim	DVD+r	0,67	170,18	nečitelné	zcela nečitelné
Verbatim	DVD-R	0,14	196,66	nečitelné	zcela nečitelné
Memorex	DVD+r	1,15	206,51	nečitelné	zcela nečitelné
<i>Chybovost = průměrný počet chyb PIF, menší číslo znamená lepší čitelnost</i>					

tabulka 4.2

4.3 Komerční systémy

Použití technologie optických médií pro archivaci není v žádném případě omezeno na státní instituce jako je NKČR. V komerčním sektoru je však přístup mírně odlišný od toho, který byl popsán v předchozí kapitole. Ve většině případů není kladen takový důraz na měření kvality médií precizními a drahými přístroji nebo vypracování metodiky manipulace s médii. Přístup komerční sféry je pragmatičtější, využívá v maximální možné míře moderních technologií ze všech koutů IT světa a jejich kombinací dosahuje velice levného a efektivního řešení, kde je kladen důraz na automatizaci, jednoduchost obsluhy a využití snadno nahraditelných komponent. Jestliže v NKČR bylo celé úsilí zaměřeno na výběr správného média a zachování jeho perfektního stavu a průběžnou kontrolu měřením, pak v komerčních systémech lze vysledovat přístup řekl bych komplementární. Důraz je kladen na jednoduchost, efektivní a rychlou operabilitu systému a včasnou a přesnou detekci možných chyb záznamu či poškození média. Také omezení zásahů člověka s tímto přístupem koresponduje.

Například společnost Sunrea¹ nabízí knihovní systémy optických médií TeraBox, které

¹ Sunrea a.s., <http://www.sunrea.cz>

podle informací této firmy na hlavu poráží páskové zálohovací systémy. Nemůžeme si tyto propagační materiály vykládat doslova, ale je fakt, že pokud do prostoru 65x65x195cm vtěsnáme více než 2500 médií o celkové kapacitě 12TB a předřadíme diskové pole, které bude plnit funkci obří cache paměti, získáme pozoruhodné zálohovací zařízení. Oproti klasickému páskovému zálohování získáme velice příznivou přístupovou dobu k jakýmkoliv datům kolem 11ti sekund a práci s dostupným levným médiem, které se díky bezkontaktnímu používání relativně méně opotřebí. Organizace dat do různých virtuálních knihoven ulehčí přístup a správu těchto dat. Je možné zohlednit organizaci dat podle různých nosičů (CD-R, CD-RW, DVD-R, DVD-RW,...), dle typu dat či podle požadované rychlosti přístupu k datům. To vše samozřejmě zajišťuje dodávaný software.

Použití v praxi nalezneme například v medicínských informačních systémech, konkrétně u systému **TeraBox Medical**. Dle materiálů společnosti Sunrea se jedná o flexibilní archivační zařízení typu „jukebox“, pracující s optickými médii CD-R/RW, DVD+R/RW, a DVD-R/RW. Je schopno pojmut až 12TB dat. Díky této kapacitě, která představuje průměrný roční objem dat středně velké nemocnice, jej lze použít jako centrální úložiště pro bezpečnou a dlouhodobou archivaci především obrazových dat. TeraBox Medical plní funkci DICOM-node, lze tedy na něj ukládat všechny snímky ze zobrazovacích modalit jakými jsou např. počítačový tomograf, magnetická rezonance, CR nebo DR rentgenové snímky, celá angiografická vyšetření apod. Systém zajišťuje dva druhy úložiště – dočasné a trvalé: *Dočasné úložiště*, které je umístěno na diskovém poli RAID, se vyznačuje rychlejší dostupností uložených dat, avšak menší kapacitou. Ukládají se do něj nově pořízené snímky, se kterými se v dané době často pracuje, a proto musí být rychle dostupné. Současně se tyto snímky ukládají i do úložiště trvalého. *Trvalé úložiště* je pak samotný archiv dat uložených na CD/DVD médiích, přičemž doba přístupu k požadovanému médiu se pohybuje v rozmezí 11 až 13 sekund. Kapacita tohoto trvalého úložiště je dána kapacitou použitých optických médií. Pokud data na libovolném médiu přestanou být aktuální, je možné konkrétní médium vyjmout, uložit jej na bezpečné místo (např. trezor či skříňový archiv) a v TeraBoxu jej nahradit dalším prázdným médiem. TeraBox Medical je dodáván s aplikačním rozhraním xVision, které zajišťuje jeho připojení k nemocničním sítím PACS pomocí rozhraní DICOM 3.0. Tento celek pak poskytuje služby DICOM STORE, DICOM QUERY a DICOM RETRIEVE. Doplňuji, že z parametrů požadovaných pro nemocniční IS dle zákona 260/2001 sbírky a pozdějších znění splňuje systém všechny požadavky kladené na frekvenci povinných záloh, přístupová práva či minimální dobu archivace. Pro názornost uvádím konkrétní parametry jednoho ze systémů TeraBox.

TERABOX 1920	
Maximální kapacita (TB)	9
Počet volných pozic	1870
Počet import/export mailslotů	1
MSBF (Medium swap between failure)	2 500 000
Průměrná doba přístupu k médiu (s)	13
Počet mechanik CD/DVD	8
Kompatibilita médií (čtení)	CD-R/RW, DVD+/-R/RW, DVD-RAM/ROM
Kompatibilita médií (zápis)	CD-R/RW, DVD+/-R/RW
Rychlost čtení / zápis (CD-R/RW)	40x (6000kB/s) / 24x (3600kB/s)
Rychlost čtení / zápis (DVD+/-R/RW)	8x
Rychlost čtení (DVD-RAM)	2x
Rychlost čtení (DVD-ROM)	12x
Pole pevných disků	8x 250 GB SATA
Typ diskového pole	RAID 5
Kapacita diskového pole (TB)	2
Síťové rozhraní	2x ethernet10/100/1000
Procesor	Intel P4 2,5 GHz
Paměť RAM	1024 MB ECC
Zdroj napájení	2x 450 W
Rozměry (mm)	650 x 650 x 1645
Hmotnost (kg)	139
Záruční lhůta	24
Servisní podpora	první rok v ceně

tabulka 4.3

Podobné systémy samozřejmě nalezneme také u výrobců zahraničních, například společnost Fortuna Power Systems¹ je jednou z předních společností nabízejících data storage řešení ve Velké Británii. Produkty této společnosti využívají všechny dostupné technologie dneška a začínají používat technologie budoucnosti. Zálohovací a archivační systémy jsou dostupné v řešení páskovém, diskovém a nebo využívají optických médií od CD až po Blu-ray a HD-DVD. V případě řešení používajících optických disků výrobce poukazuje na nevídanou flexibilitu systému. Tato částečně vyplývá ze zpětné kompatibility médií a široké nabídky různých typů, kdy při použití

¹ Fortuna Power Systems, <http://www.data-storage.co.uk>

CD-R nebo DVD-R médií využijeme nativní WORM technologii, kterou snadno odstraníme výměnou za prepisovatelná média, pokud WORM není žádána. Současně modulární stavba těchto „jukeboxů“ zajišťuje snadnou rozšiřitelnost a široká podpora ze strany výrobců mechanik i médií a masové použití ve firmách i domácnostech garantují dostatek kvalitních softwarových nástrojů pro provoz, údržbu, správu a možnost povýšení firmwaru jednotlivých mechanik, což zefektivňuje kontrolní mechanismy zápisu i čtení i měření parametrů médií. Společnost Fortuna Power Systems se orientuje i na začínající technologie v oblasti optiky jako jsou Blu-ray, HD-DVD nebo PDD, které dále rozšiřují zmiňované systémy. Podrobnější informace o těchto technologiích následují v dalších kapitolách. Knihovní systémy CD/DVD nabízejí i tradiční výrobci IT světa i domácí elektroniky jako je Plasmon¹, JVC² nebo Pioneer³.

JVC - MC-8600LU	
Disc capacity:	Up to 600 discs
Playback formats:	DVD-R, DVD-RAM, DVD-ROM, CD-ROM, CD-R, CD-RW
Recording formats:	DVD-R, DVD-RAM, CD-R, CD-RW
Max Storage capacity:	DVD-R: 5.6TB, DVD-RAM: 5.64TB
Max Record capacity:	DVD-R: 5.6TB, DVD-RAM: 5.64TB
Number of drives available:	Up to 6 with no loss of capacity
Disc magazines:	12 x 50-disc magazines (11 with 9-drive option or 10 with 12-drive option)
Disc load time:	4.5 seconds average
SCSI Interface:	High speed LVD SCSI interface (80 MB/sec).
Dimensions (WxHxD):	777 x 1641 x 807 (on caster base)
Operating voltage:	AC 120-240V 50/60 Hz
Power consumption:	140W
MSBF:	2.5 million
Operating Temperature:	5 to 35 degrees C
Operating Humidity:	10 to 80 percent RH
Write Transfer Speeds:	DVD-R (4x), DVD-RW (1x), DVD-RAM (3x), CD-R (12x), CD-RW (8x)
Read Transfer Speeds:	DVD-R (6x), DVD-RW (6x), DVD-RAM (3x), DVD-ROM (12x), CD-R (32x), CD-RW (12x), CD-ROM (32x)

tabulka 4.4

¹ Plasmon, <http://www.plasmon.com>

² JVC, <http://www.jvc.com>

³ Pioneer Electronics, <http://www.pioneerelectronics.com>

5 Nové technologie pro optiku

Současná situace na poli technologií pracujících s optikou je poměrně klidná a ustálená. Všechny formáty jsou dobře popsány a standardizované. To ale nemění nic na tom, že existuje celá řada srovnatelných a funkčně velice podobných, ne-li stejných formátů a technologií, které koexistují a výrobci stolních přehrávačů i počítačových mechanik musí na tuto situaci reagovat. Vzpomeňme nekompatibilitu DVD-R a DVD+R médií i jejich přepisovatelných variant, na jednovrstvá či dvouvrstvá DVD média obecně a na to, jak se s těmito odlišnostmi vyrovnával trh s elektronikou a počítači.

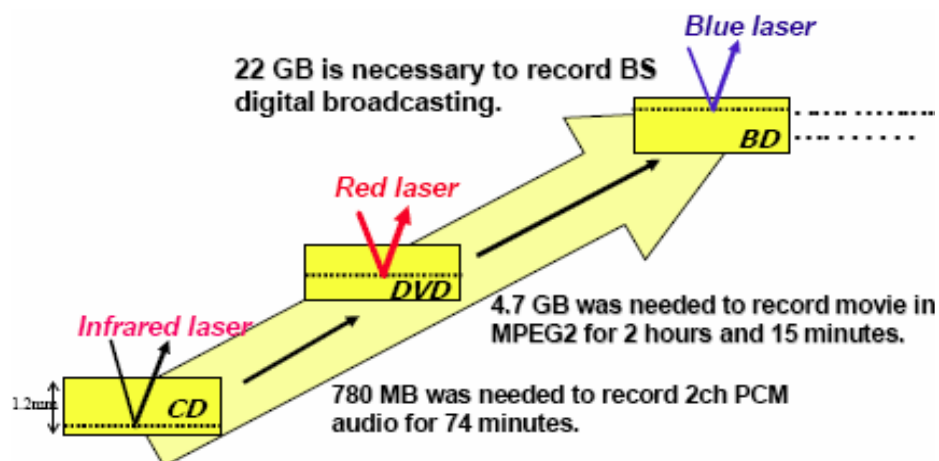
Podobná situace nás čeká i v souvislosti s vývojem budoucích technologií pro optiku, které přijdou v tomto roce na komerční trh. Rozlišovací schopnost laseru v mechanikách bude větší, jeho barva jiná, u médií najdeme jinou pitovou strukturu a jinou povrchovou ochrannou úpravu, ale v zásadě bude situace podobná. Souboj Blu-ray a HD-DVD na poli komerčního využití a UDO a PDD v profesionální sféře je v plném proudu.

5.1 Blu-ray

Blu-ray Disc¹ (BD) představuje novou generaci optických technologií, která reaguje na stále větší potřeby pro ukládání dat, související především s videem ve vysokém rozlišení a narůstajícími nároky na kapacitu datových nosičů vůbec. Blu-ray standard byl vyvinut skupinou společností vyrábějících spotřební elektroniku a IT. Tato skupina pod názvem Blu-ray Disc Association zaregistrovala ochrannou známku Blu-ray. V základním srovnání s hlavním konkurentem HD-DVD, přináší BD větší kapacitu na jednu vrstvu 25GB oproti 15GB, ale zpočátku mohou být výrobní náklady BD vyšší než u HD-DVD.

Název Blu(e)-Ray v překladu znamená modrý paprsek, ve skutečnosti technologie operuje s laserem modro-fialové „barvy“, který je používán pro čtení a zápis. Díky kratší vlnové délce laseru 405nm má paprsek větší rozlišovací schopnost a je tedy možné na jeden disk uložit více dat, než na běžné CD/DVD za použití červeného laseru, kde je vlnová délka 650nm (DVD) respektive 780nm (CD). Poslední tisková zpráva konsorcia hovoří o komerčním uvedení technologie v červnu 2006, což mimochodem odsunulo start herní konzole Play Station 3 společnosti Sony, jež bude obsahovat právě mechaniku Blu-ray.

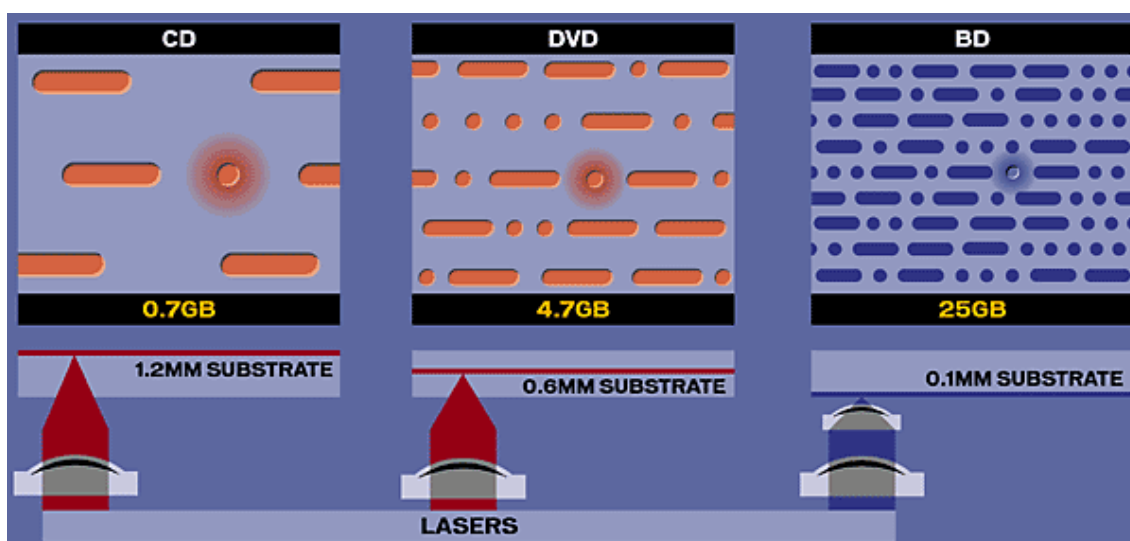
¹ Blu-ray Disc, <http://www.blu-ray.com>, <http://www.blu-raydisc.com>, <http://www.blu-raydisc.info>



obrázek 5.1 Vývoj od CD k BD

Technologie

Kratší vlnová délka modrého laseru umožňuje zvýšit hustotu zápisu na standardní dvanácticentimetrový disk. Na čím menší bod je laser schopen zaostřit, tím vyšší může být hustota zápisu. Důležitým faktorem je však také tzv. **numerická apertura**, což je optická vlastnost čočky laseru, která zjednodušeně řečeno udává rozpětí úhlů, při kterých je systém schopen přijímat či vyzařovat světlo. Jedná se o bezrozměrnou veličinu, čím vyšší hodnotu má, tím lepší je rozlišovací schopnost. U Blu-ray je tato hodnota 0,85, zatímco u konkurenčního HD DVD 0,65 (současné DVD má 0,6).



obrázek 5.2 Červený a modrý laser - vývoj od CD k BD

Média

Jednovrstvé BD médium dokáže pojmout přibližně čtyři hodiny HD videa a audia, dvouvrstvá média přibližně dvojnásobek. V testovací výrobě jsou již disky, které dokáží data ukládat do čtyř oddělených vrstev, tzn. pojmout až 100GB dat a výhled do budoucna počítá s kapacitou 200GB na jeden disk v osmi vrstvách. BD, podobně jako CD a DVD, existuje ve variantách BD-R (zapisovatelné médium), BD-RW (přepisovatelné médium). BD-ROM s daty, multimédií a softwarem budou dostupná také od června 2006. Rozměry BD se nijak neliší od běžných CD/DVD disků, tedy 12cm v průměru, dostupná bude také varianta osmicentimetrová (až 15GB) pro použití ve videokamerách a přenosných přehrávačích..

Velikost disku	Kapacita disku	
	Jednovrstvé BD	Dvouvrstvé BD
12cm	23,3/25/27 GB	46,6/50/54 GB
8cm	7,8 GB	15,6 GB

tabulka 5.1

Pevný obal média

Protože dle standardu Blu-ray jsou data zapisována velice blízko povrchu média a ochranná vrstva je pouze 0,1mm, byly první BD velice citlivé na prach a škrábance. Proto byla média uzavřena do pevného plastového obalu – cartridge. Takto uzavřené médium sice vydrží nešetné zacházení a eliminuje hrozící fyzická poškození média která, jak jsme si ukázali v předchozích kapitolách, mohou mít zásadní vliv na jeho použitelnost, ale v očích uživatelů DVD může tento přístup znamenat jisté nepohodlí, odlišnost od dosavadního přístupu (zpětnou nekompatibilitu) a pro výrobce jistě znamená zvýšené náklady na výrobu. Proto konsorcium uvítalo příspěvek jednoho ze členů, společnosti TDK¹, která představila čiré polymerové zapouzdření disku, jež poskytne médiu nebývalou ochranu a ponechá ho v očích uživatele nerozpoznatelné od jiných optických médií. Technologie Durabilis, jak se tato ochrana nazývá, údajně činí disky odolnými i proti poškrábání šroubovákem (jak se lze přesvědčit v článku na serveru news.com [40]) a běžně je lze čistit například papírovým kapesníkem. Pokud teorie nelže, mohl by tak být BD paradoxně i odolnější než HD DVD, které jsou v tomto ohledu velmi podobné klasickým DVD, s ochrannou vrstvou silnou sice 0,6mm, ale „non-durabilis“.

¹ TDK corporation, <http://www.tdk.com>



obrázek 5.3 Blu-ray disky

Kodeky

Způsob kódování audia a videa zásadním způsobem ovlivňuje potřebný datový prostor pro uložení požadovaného obsahu na disk. První filmy produkované na BD budou pravděpodobně používat stejné kódování videa, jaké používá běžné DVD a to MPEG-2. Již dnes se počítá s implementací dalších kodeků rodiny MPEG-4 H.264/AVC a kodeku VC-1 založeného na Microsoft Windows Media 9. Pokud použijeme první jmenovaný, BD pojme přibližně dvě hodiny HD obsahu, novější kodeky nám umožní využít až čtyři hodiny na jednu vrstvu.

Pro audio složku lze u BD samozřejmě využít nekomprimovaný zvuk a běžně využívané PCM, Dolby Digital, Dolby Digital Plus či DTS. Blu-ray přidává podporu formátů s vysokým rozlišením DTS-HD a Dolby TrueHD.

Ovládací software

V současných DVD žádný ovládací software nenajdeme. Vše je uděláno velmi jednoduše a jednotlivá menu jsou vlastně předrenderované kousky MPEG-2 videa a rovněž titulky jsou na DVD uloženy v podobě „obrázků“. Příští generace disků na tom má být podstatně lépe. BD sází na podporu platformově nezávislé technologie Java od Sunu¹. V té bude napsáno interaktivní menu BD disků. Díky přístupu na Internet pak bude možná i aktualizace, stahování dodatečných titulků či jiného materiálu, který například nebyl dostupný v době výroby konkrétního disku. Tato speciální Java nese označení BD-J.

Ochrana obsahu a regiony

Jedním ze základních ochranných prvků současných DVD disků jsou regiony. U HD DVD údajně nemá být rozdělení na regiony použito, Blu-ray však regiony používat bude a to celkem tři.

¹ Sun Microsystems Inc., <http://java.sun.com>

Region	Oblasti
1	Severní a Jižní Amerika, Japonsko a Východní Asie (vyjma Číny a Mongolska)
2	Evropa a Afrika
3	Asie (vyjma regionu 1) a Oceánie, Rusko

tabulka 5.2

Těžko říct, proč se Sony rozhodla pro použití regionů, u DVD disků se tato „ochrana“ příliš neosvědčila, pirátskému kopírování napříč celým světem nezabránila a pouze komplikovala životům těm, kteří si legálně koupili disk v zahraničí. V každém případě jsou regiony spíše okrajovým bezpečnostním prvkem, daleko sofistikovanější ochranné metody se týkají samotného obsahu a to se už dostáváme také k oblíbené zkratce DRM (Digital Rights Management). BD používá několik paralelních ochran. Tou základní, kterou využijí HD DVD i Blu-ray, je tzv. AACs (Advanced Access Content System). Je to v podstatě šifrování obsahu (vychází ze standardu AES, známého také jako Rijndael), které je velmi podobné technologii CSS u dnešních DVD, která však byla velmi rychle prolomena. Na rozdíl od CSS je však v případě prolomení možné snadno tuto technologii aktualizovat a nové disky vydat s novou verzí šifrování. Pokud se tedy podaří jednou ochranu prolomit, neznamená to automaticky, že všechny další disky budou rovněž prolomitelné jako u CSS. Nebudou chybět ani neviditelné „digitální vodoznaky“, tato technologie má název *ROM-Mark* a pouze autorizované disky, které budou příslušné vodoznaky obsahovat, bude možné přehrát. Díky tomu má být zabráněno masové produkci pirátských kopií. Další ochranou je BD+, která umožňuje dynamicky měnit šifrovací schémata a opět tedy v případě prolomení ochrany jednoho disku neohrozí disky všechny. Bude též obsahovat mechanismus pro vytvoření legitimní kopie disku. Tato kopie bude rovněž chráněna DRM. Kromě toho bude Blu-ray (stejně jako HD-DVD) obsahovat ještě další bezpečnostní prvek pod názvem High-bandwidth Digital Content Protection (HDCP). Ten umožní přehrávat video v plném rozlišení pouze přehrávačům s touto technologií a rovněž na výstupní zařízení, která HDCP podporují (HDMI či speciální verze DVI). Pokud bude na jedné či druhé straně HDCP chybět, bude použité rozlišení místo plného HDTV nižší a nebo se nezobrazí vůbec nic. (To může být nepříjemné pro majitele prvních HDTV televizorů, které HDCP nemají.)

Hypotetické prolomení AES
<p>Při výpočetním výkonu 160 miliard klíčů za sekundu (Dnet) by prolomení trvalo 10^{20} let (128b klíč) Pro ilustraci stáří Země se odhaduje na $4,5 \cdot 10^9$ let</p> <p>Očekávaný roční nárůst výpočetní síly dle Moorova zákona je 40% dle Phila Zimmermana, tvůrce PGP je to 60%</p> <p>Při stejném výkonu 160 miliard klíčů za sekundu a nárůstu výkonu o 60% by prolomení s použitím 128 bitového klíče trvalo 98 let s použitím 256 bitového klíče 286 let</p>

tabulka 5.3

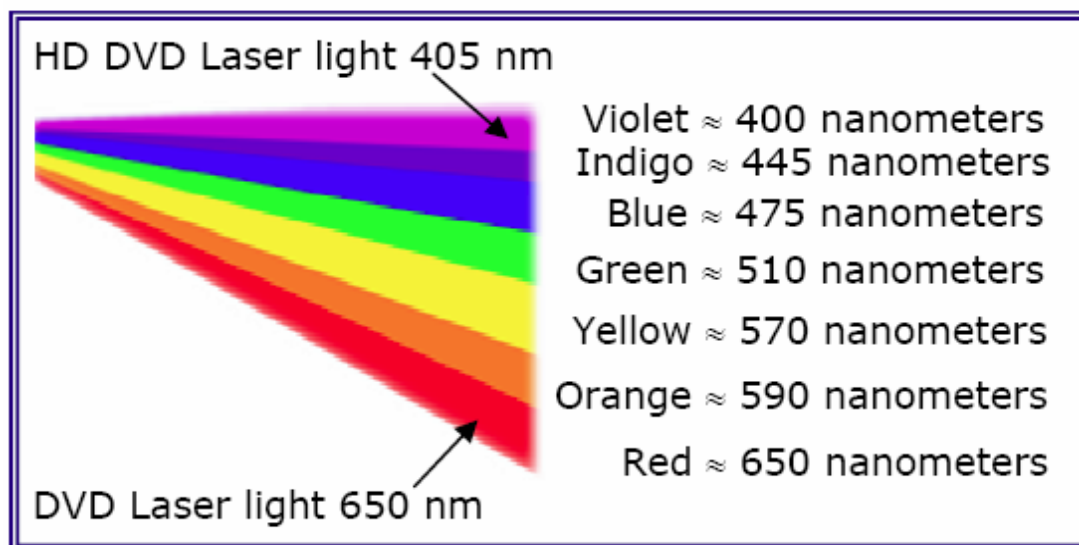
5.2 HD-DVD

Jak se můžeme dočíst na oficiálních stránkách HD DVD Promotion Group¹, HD-DVD je údajně jediným pravým nástupcem DVD. Sdružení IT firem, výrobců elektroniky a filmových společností kolem skupiny DVD Consortium již od rozšíření DVD uvažovalo o technologii, která by ho mohla nahradit a uspokojit požadavky moderních multimédií a HDTV. V roce 2003 přejmenovali hypotetického nástupce DVD Advanced Optical Disc na HD-DVD a začal vývoj standardu pro High Definition DVD.

Technologie

Stejně jako největší konkurent Blu-ray Disc, používá HD-DVD média o průměru 12cm a modrofialový laser o vlnové délce 405nm. Kratší vlnová délka laseru eliminuje rozptyl a zajišťuje možné přesnější zaostření, zaměření na menší bod. To umožňuje ukládat data s větší hustotou na disk velice podobný dnešnímu DVD. Při stejném fyzickém rozměru disku a větší hustotě zápisu se objem dat která lze na disk uložit samozřejmě zvětší a to na 15GB pro jednovrstvé médium. Jak již bylo řečeno výše, numerická apertura je u HD-DVD 0,65, což je více, než běžná DVD, ale méně, než 0,85 u konkurenčního Blu-ray, proto menší základní kapacita média. HD-DVD má však oproti Blu-ray jednu podstatnou výhodu, technologicky je celkově daleko bližší dnešním DVD mechanikám, a proto budou také náklady na jejich výrobu podstatně nižší, dle různých zdrojů napříč Internetem (včetně oficiálních stránek HD-DVD Promotion Group) budou náklady na výrobu jedné mechaniky až poloviční oproti Blu-ray.

¹ HD DVD Promotion Group, <http://www.hddvdprg.com>



obrázek 5.4 Laser a jeho "barvy"

Média

Kapacita jednovrstvého HD-DVD je 15GB, dvouvrstvého pak 30GB. Toshiba¹, původce myšlenky HD-DVD a vedoucí firma konsorcia oznámila vývoj třívrstvého média, které by nabídlo kapacitu 45GB. To je stále méně, než u konkurenčních Blu-ray disků, kde kapacita jedné vrstvy činí 25GB a stoupá s použitím vícevrstevných médií. Blu-ray Association propaguje dvouvrstvá média jako běžný produkt, v současné době vydala disk s kapacitou 100GB (tedy čtyřvrstvý) a v laboratořích jsou testována média, která poskytnou kapacitu 200GB. Někteří zastánci HD-DVD však tvrdí, že vícevrstvá média BD jsou stále ve vývoji a nejsou připravena ke komerčnímu použití a rozšíření.

Média HD-DVD mají standardní rozměr a povrchovou úpravu, stejně jako u DVD tvoří na datové straně média ochrannou vrstvu 0,6mm polymeru a není třeba žádné cartridge jako u jednoho z typů BD. Uživatelé jsou zvyklí s DVD zacházet, a proto se neočekává žádný problém s nedostatečnou ochranou médií. HD DVD-ROM budou nabízeny jednovrstvé i dvouvrstvé, s kapacitou 15GB respektive 30GB. HD DVD-R je zatím na oficiálních stránkách prezentována pouze v 15GB variantě a HD DVD-RW s kapacitou média 20GB (díky úpravě pitové stopy) a 32GB ve vývoji.

¹ Toshiba Inc., <http://www.toshiba.com>



obrázek 5.5 Média HD-DVD

Kodeky

Kódování audia a videa bude u HD-DVD stejné jako u jeho konkurenta BD. Pro video tedy MPEG-2, MPEG-4 H.264/AVC a VC-1. Pro audio PCM, Dolby Digital, Dolby Digital Plus či DTS, DTS-HD a Dolby TrueHD, případně nekomprimovaný zvuk.

Ovládací software

Oproti Jave u BD sází HD-DVD na software iHD z vlastní produkce, který na svět přivedla spolupráce Toshiba a Microsoftu¹. Stejně jakou u BD-J se jedná o otevřenou specifikaci, která je ale založena na XML a standardizované podobně Javascriptu, není tedy limitována pro použití na optických médiích, ale nabízí také podporu médiím, která budou streamována nebo jinak distribuována po Internetu.

Ochrana obsahu

Kromě již zmiňovaného AACS šifrování obsahu a HDCP je u HD-DVD implementována, podobně jako u BD, jistá forma digitálních vodoznaků. U HD-DVD nazývaných *Volume identifier*, díky kterým nebude lehké disk okopírovat tzv. 1:1. Kromě těchto ochranných prvků je do HD-DVD integrována také *Audio Watermark Protection* speciálně navržená pro tato nová média. Všechny přehrávače HD-DVD budou vybaveny senzorem naslouchajícím zvukovým značkám v audio stopě disků, pro lidské ucho údajně nepostřehnutelným. Pokud přehrávač detekuje změnu, musí se jednat o kopii disku způsobenou konverzí formátů (přehrávání do DivX a podobně) nebo použitím kamery a mikrofonu (natáčení pirátských kopií v kině), přehrávač pak disk jednoduše odmítne. Výrobci dokonce uvažují o možnostech online sledování přehrávačů, pokusy o přehrání nelegální kopie nebo „hacknutí“ přístroje by přehrávač vypnul.

¹ Microsoft Corporation, <http://www.microsoft.com>

5.3 Srovnání Blu-ray a HD-DVD

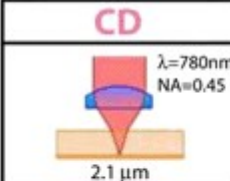
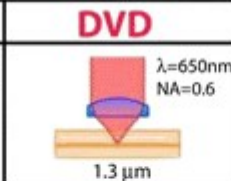
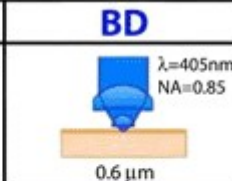

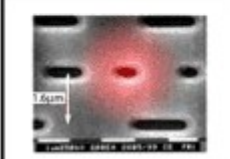
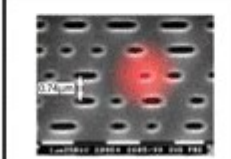
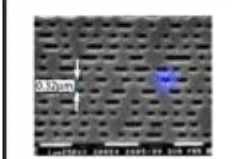
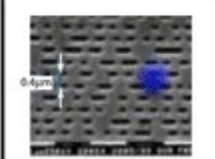
V této kapitole srovnáme zatím nezmiňené parametry a aspekty konkurenčních „modrých laserů“, případně pro větší názornost postavíme některé hodnoty přehledně vedle sebe a poukážeme na pro a proti jedné či druhé technologie.

Média - kapacita

Obě technologie používají laserový paprsek se stejnou vlnovou délkou. Nicméně rozdílnost médií dává výhodu BD. BD využívá hustší pitovou strukturu a proto se taky na stejně velký disk vejde více informací rozlišitelných stále stejnou vlnovou délkou laseru. To je možné i proto, že ochranná polymerová vrstva BD je výrazně tenčí a dovoluje laseru „lépe zaostřit“. Kromě toho je samozřejmě více prostoru pro další datové vrstvy. Toho využila například společnost JVC, když vytvořila hybridní disk, kde pod běžnou datovou vrstvou BD integrovala kompletní 8,5GB DVD DL disk. JVC zde využívá toho, že pro červený laser, který je použit na čtení DVD, je vrstva dat určených pro modrý laser transparentní. Takový přístup může znamenat obrovskou výhodu pro filmový průmysl, kdy by na jediném disku mohl být film uložený pro různé platformy, v různé kvalitě. Samozřejmě zde bude podstatná cena takového disku.

Média – kapacita

Blu-ray + 1bod

CD	DVD	BD	HD-DVD
			
			

obrázek 5.6 Srovnání optických vlastností CD, DVD, BD, HD-DVD

MÉDIA - KAPACITA		
	Blu-ray	HD-DVD
ROM single layer	23,3 / 25GB	15GB
ROM double layer	46,6 / 50GB	30GB
R single layer	23,3 / 25 / 27GB	15GB
R double layer	46,6 / 50 / 54GB	-
RW single layer	23,3 / 25 / 27GB	20GB
RW double layer	46,6 / 50 / 54GB	32GB
Největší testovaná	100GB	45GB
Největší teoretická	200GB	60GB
další parametry		
Vlnová délka laseru	405nm	405nm
Numerická apertura	0,85	0,65
Ochranná vrstva	0,1mm	0,6mm
Minimální délka pitu	160.0nm (23.3/46.6GB) 149.0nm (25,0/50.0GB) 138.0nm (27,0/54.0GB)	204nm (15/30GB)
Přenosová rychlost	36Mbps (1x) 72Mbps (2x) 54Mbps (video BD-ROM)	36.5Mbps (1x)

tabulka 5.4

Média – výrobní náklady

Zde má navrch HD-DVD díky podobnosti výrobního procesu s DVD. Společnost Memory Tech vytvořila novou výrobní linku DVD, která se dá upravit na výrobu HD-DVD během pěti minut a dokáže vyrobit jedno HD-DVD médium za 2,8 sekundy. A protože produkce HD-DVD vyžaduje větší technickou úroveň a kontrolu kvality, dá se očekávat také zlepšení kvality klasických DVD produkovaných takovou výrobní linkou.

Oproti tomu výroba BD bude nákladnější, protože je třeba k linkám přidat buď část vyrábějící a montující ochranné cartridge nebo část přidávající speciální vrstvu Durabilis, která je sama o sobě také nákladnější, než běžný polymer u HD-DVD. Dále je třeba čtyř až pěti sekund na výrobu jednoho média, což může být v plánovaných obrovských množstvích vyráběných disků konkurenční nevýhoda. A zatím se dokonce zdá, že není jednoduché, vyrobit adaptivní výrobní linku jako v případě DVD/HD-DVD, takže společnosti produkující DVD i BD budou muset mít dvě oddělené výrobní linky.

Média – výrobní náklady

HD-DVD + 1bod

Přenosová rychlost

Jak je patrné z výše uvedené tabulky, základní přenosové rychlosti jsou téměř shodné. Jak tedy v tomto parametru může mít některá s technologií navrch? Jednoduše, vše je závislé na již tolikrát zmiňovaných odlišných parametrech média. Výhodu zde má BD a to plynoucí z kombinace vlnové délky a numerické apertury, tedy optických vlastností zapisovací mechaniky a současně (i vzhledem k hustší pitové struktuře BD) z možnosti zapisovat data na disk s větší hustotou. Aby BD dosáhl rychlosti 36Mbps, stačí mu nižší rychlost otáčení, než HD-DVD. Konstantní rotace 10 000 RPM, což je současný horní limit optických mechanik, v přepočtu znamená 12x BD, ale pouze 9x HD-DVD. To znamená, že HD-DVD se musí rychleji otáčet, aby dosáhl stejné přenosové rychlosti. Nepříjemným důsledkem tohoto faktu může být větší hlučnost, vibrace, zahřívání disku, opotřebení mechaniky atd. Rychleji zkrátka v tomto případě neznamena lépe.

Přenosová rychlost

Blu-ray + 1bod

Fyzická ochrana disku

Pokud nahlížíme na nové optické technologie pouze z hlediska ochrany média, je nejlepším řešením jednoznačně BD cartridge. Nic kromě dedikovaných částí mechaniky nepříjde s diskem do styku, datová vrstva je tedy perfektně chráněná. S médiem se celkově lépe manipuluje, skladuje se, popisuje atd. Ne náhodou je podobné řešení použito u profesionálních médií UDO resp. PDD viz dále. Z hlediska ekonomického a z hlediska vnímání spotřebitele je však situace jiná. Je nutné hledat kompromis, protože každá technologie má svou cílovou skupinu a té se musí přizpůsobit, přesněji, pro konkrétní spotřebitelskou skupinu technologie vzniká a musí reflektovat na její požadavky. BD a HD-DVD jako nástupci CD/DVD mají stejné spotřebitele. A spotřebitelé (uživatelé) DVD chtějí disk takový, jaký ho znají.

Pokud TDK Durabilis bude skutečně takový, jako slibují tisková prohlášení BDA, pak bude BD ještě odolnější než DVD. Velice odolný vůči poškrábání povrchu a například otisky prstů, které mohou někdy dokonce znemožnit čtení, půjdou jednoduše setřít bez poškození disku. To dává BD jednoznačnou výhodu, ovšem za cenu vyšších výrobních nákladů. S 0,6mm tlustou ochrannou vrstvou HD-DVD žádnou dodatečnou ochranu nepotřebuje. Zdá se to přirozené, všichni víme, jak zacházet s DVD nosiči, aby nedošlo k jejich poškození, nicméně bylo by hezké, kdyby nová generace disků nabídla nějaké vylepšení, což samozřejmě ani u HD-DVD není vyloučeno. Pokud by HD DVD Promotion Group „vynalezla“ technologii podobnou Durabilis nebo ji koupila, jistě by nebylo složité, ji na HD-DVD média aplikovat.

Fyzická ochrana disku

Bez vítěze

Zpětná kompatibilita

Zde je jednoznačně patrná podobnost obou technologií. Pracují s modro-fialovým laserem, kdežto dnešní DVD s laserem červeným, takže je třeba, aby mechaniky obsahovaly obě optické soustavy. To je koncept proveditelný a dokonce už v praxi aplikovaný. Společnost NEC¹ v tiskovém prohlášení oznamuje hybridní mechaniku, která pracuje s formáty HD-DVD, DVD a CD, Philips² představil mechaniku schopnou zapisovat a číst BD i CD/DVD. Domnívám se, že pokud bude mezi spotřebiteli poptávka a oba formáty se udrží dostatečně dlouho, rozhodně se najde firma, která stejně jako v podobných případech v minulosti, mezeru na trhu velice rychle zaplní žadáným produktem - mechanikou pracující se všemi v té době používanými formáty.

(Na letošním CeBITu³ několik firem prezentovalo optické systémy schopné pracovat s modrým i červeným laserem, takže proces kompatibility je na dobré cestě, stejně jako to pomůže integraci nových technologií do menších zařízení.)

Zpětná kompatibilita

Bez vítěze

Společnosti podporující formát

Za Blu-ray stojí BDA, která má více než 100 členů z oboru IT a multimédií, DVD Forum a HD-DVD Promotion Group sdružuje více než 230 výrobců elektroniky a IT. Někteří podporují formáty oba, někteří se zatím nerozhodli. Blu-ray vítězí na poli mechanickém, mnozí velcí výrobci elektroniky jsou na jeho straně. Pokud je však klíčem k úspěchu obsah, pak je úspěch mírně na straně HD-DVD, protože filmová studia podporující tento formát produkují 40% Hollywoodských snímků. Na straně BD je cca 35% studií. Dle mého názoru je vedení velice těsné, navíc žádné ze studií nemá s tvůrci formátů exkluzivní smlouvu. Vše naznačuje tomu, že alespoň prozatím budou existovat oba formáty.

Podpora velkých firem

Bez vítěze

Srovnání - závěr

Blu-ray tedy v našem malém bodovacím testu zvítězil 2:1. Takový zjednodušující výsledek ale není směrodatný a osobně se domnívám, že *válka formátů*, jak přetahování firem okolo BR a HD-DVD někdy nazývají novináři, nakonec skončí remízou. Spotřebitelé budou možná ze začátku drženi jako rukojmí, ale nakonec vše dopadne analogicky jako v souboji DVD-R a DVD+R. Pokud nespojí síly samotní původci formátů, třetí strana jistě cestu ke koncovému uživateli najde a duální mechaniku vyrobí. My, jako soudci a porota celého procesu, nakonec rozhodneme o úspěchu některé z technologií. Záleží jen na tom, jak se který z nás nechá ovlivnit reklamní kampaní. HD-

1 NEC Corporation, <http://www.nec.com>

2 Philips Electronics, <http://www.philips.com>

3 CeBIT, výstava IT a telekomunikací, <http://www.cebit.de>

DVD sází na jednoduchost a zavedené jméno, Blu-ray je pokrokovější technologie, ta může být průlomová a nebo prošlapávat těžce cestu. Jednou z možností je také zavržení obou soupeřících stran a zvolení „třetího vzadu“, tím může být například využití holografického ukládání dat. Více informací případný zájemce najde například zde [41].

SPOLEČNOSTI PODPORUJÍCÍ FORMÁT	
Blu-ray	HD-DVD
zakladatelé formátu	
Sony Corporation Royal Philips Electronics	Toshiba Corporation Hitachi Corporation
filmová studia a producenti her	
20th Century Fox Buena Vista Home Entertainment Electronic Arts MGM Studios Paramount Pictures Sony Pictures Entertainment Vivendi Universal Games Warner Bros.	Buena Vista Home Entertainment New Line Cinema Paramount Pictures The Walt Disney Company Universal Studios Warner Bros.
společnosti zainteresované na vývoji formátu	
Apple Computer Corp. Dell, Inc. Hewlett Packard Company Hitachi, Ltd. LG Electronics Inc. Mitsubishi Electric Corporation Panasonic (Matsushita Electric) Pioneer Corporation Royal Philips Electronics Samsung Electronics Co., Ltd. Sharp Corporation Sony Corporation TDK Corporation Thomson Twentieth Century Fox	Memory-Tech Corporation NEC Corporation Sanyo Electric Co.

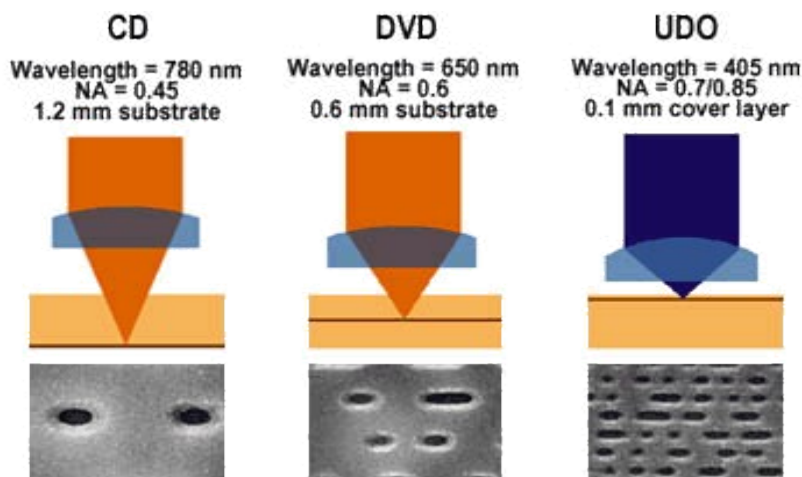
tabulka 5.5

5.4 UDO

Na rozdíl od sektoru multimédií a zábavy, kde soupeří zatím nezavedené technologie Blu-ray a HD-DVD, v profesionální sféře se už modré lasery s úspěchem používají. Jednou z technologií, která na poli archivace a zálohování slaví úspěchy je Ultra Density Optical (UDO), přímým konkurentem je mu Professional Disc for Data (PDD). Ačkoliv technologie jsou již na trhu dostupné, cíle jejich výrobců zatím naplněny nejsou. V oblasti zálohování a archivace je třeba mít naprostou důvěru v používanou technologii a zavedené osvědčené postupy se těžko opouštějí. Tento malý přehled nabídne bezpečnou alternativu pro data storage budoucnosti.

Technologie

UDO, stejně jako výše zmíněné technologie, využívá pro zápis i čtení modro-fialového laseru o vlnové délce 405nm. Použitím paprsku s vysokou rozlišovací schopností a optické soustavy s numerickou aperturou 0,7 dosahuje UDO velice vysoké hustoty zápisu. Podobně jako u BD, je ochranná vrstva u UDO médií pouze 0,1mm, všechna média jsou uzavřena a chráněna ve standardizovaném cartridge obalu. Zápis zajišťuje patentovaná technologie fázové změny, kdy je teplem modrého laseru měněn povrch média, respektive jeho odrazivé vlastnosti. Zápis je realizován použitím vyšší intenzity laseru, kdy je měněno amorfnní skupenství záznamové vrstvy média na krystalické (molekuly původně bez zjevných vazeb se seskupují), které má následně větší odrazivost. Takový bod je pak snadno odlišitelný použitím laseru nižší intenzity, který je používán pro čtení (dobrá/špatná odrazivost = 1/0). U prepisovatelné varianty média mění vysoce intenzivní modrý laser fyzický stav molekul zpět do amorfnního stavu. Takový způsob zápisu v kombinaci s plně optickým kvalitním médiem produkuje velice dlouhou životnost dat. Protože se jedná o bezkontaktní práci s vlastním médiem, které je chráněno v cartridge, data čtením či zápisem nedegradují, média jsou odolná vůči změnám teplot či vlhkosti a díky plné optice není záznam ovlivnitelný ani působením magnetického pole. (I když je UDO označováno za nástupce magneto-optiky.)



obrázek 5.7 Srovnání UDO s optikou starší generace

Mechanika

UDO mechanika je první profesionální používající modrý laser navržená pro účely archivace. Pracuje s disky o kapacitě 30GB (až 120GB v dalších generacích) a v závislosti na použitém médiu plní WORM funkci nebo pracuje jako úložiště přepisovatelných dat. Jednotky UDO zaznamenávají data s využitím 8kB clusterů, čímž má být maximalizována kapacita média i výkonnost. Při práci s přepisovatelnými médii je rychlost zápisu rychlejší, než práce s MO, protože díky čistě optické povaze disku není třeba „cesty navíc“, kdy u MO dochází ke smazání dat. Použitím pokročilé technologie opravy chyb (Reed Solomon) a metodě „čtení dopředu“ UDO nabízí 4x lepší řízení chybovosti než jakákoliv jiná optická technologie (dle informací výrobce, nepodařilo se mi tuto informaci ověřit). UDO mechaniky jsou díky standardním rozměrům snadno integrovatelné do serverů, použitelné jako samostatné jednotky nebo jsou nabízeny jako kompletní řešení knihovny médií, více o těchto řešeních dále. Ale dost údajů z datasheetu, oproti technologiím z předchozí kapitoly je UDO jednoznačně lepší v práci s daty. Připomíná spíše práci s daty na pevném disku, to je pozitivní rys, který ukazuje, že jde do jisté míry skutečně o nástupce MO. Navíc si UDO bere to nejlepší z technologie modrého laseru a to je vidět i na médiích.



obrázek 5.8 UDO mechanika a médium

Média

Média jsou chráněna za použití cartridge, která respektuje ISO standard, jedná se o „klasický“ 5,25 palce rozměr, který je plně kompatibilní s předchozí MO technologií. Tedy malý dodatek k mechanikám: Většina výrobců knihovnických systémů, kteří integrovali do svých systémů UDO, podporuje konfigurace s UDO i MO médii, takže přechod na novější technologii UDO bude pro uživatele MO plynulý a bezbolestný, bez potřeby migrovat všechna starší data na nová média. Zajímavá je jistě také **životnost média**. Ta byla velice pečlivě zkoumána *Arrhenius metodikou*. Techniky této metody jsou založeny na známých vědeckých principech a jsou dobře zavedené ve světě profesionálního archivnictví. Bylo jich úspěšně využito například při evaluaci mikrofilmů.

Model Arrhenius produkuje vědecky podložené odhady, kterými byla v případě UDO určena životnost UDO média ve standardních podmínkách archivace v kancelářském prostředí více než 50 let. UDO disky jsou v první generaci schopny pojmout 30GB dat, ve druhé generaci, která by měla v letošním roce být uvedena, se jedná o 60GB na jednom médiu a ve třetí generaci bude uživatel moci využít až 120GB prostoru pro data. Disk samotný je pitovou strukturou i ochranným obalem podobný BD s jednou podstatnou změnou, jedná se o oboustranná média, která mohou mít navíc i několik datových vrstev. Toto je možné a řekl bych praktické řešení, díky použití cartridge zapouzdření. Podrobnější údaje o UDO disku i mechanice viz následující tabulky.

UDO médium	
Průměr média	130mm
Tloušťka média	2,4mm
Velikost cartridge	5,25 palce - ISO Standard 135 x 153 x 11mm
Kapacita	30GB
Velikost sektoru	8kB
Počet sektorů na jedné vrstvě	1 838 6521
Velikost datové oblasti	27,0-62,5mm
Strana pro záznam	Obě strany
Počet datových vrstev	1 (generace 1)
Kódování dat	RLL (1,7)
Přepisovacích cyklů (RW-UDO)	10 000
Životnost média	50+ let
Teplota pro archivaci	5-55° C
Vlhkost pro archivaci	3-90%

tabulka 5.6

UDO mechanika	
Media Load Time	5s
Media Unload Time	3s
Průměrná přístupová doba	35ms
Maximální rychlost čtení	8MB/s
Maximální rychlost zápisu	4MB/s
Velikost bufferu	32MB
operace mechaniky	
Algoritmus na opravu chyb	Reed-Solomon
Numerická apertura	0,7
Vlnová délka laseru	405nm
certifikace	
Emise	CISPR 22 Class B (1985) EN5502 Class B (1988) FCC 47 CFR Part 15 Class B
Bezpečnost	UL 1950 IEC950, IEC825-1 CSA 950-93 21CRF
provozní podmínky	
Provozní teplota	5 to 45° C
Provozní vlhkost	5 to 90%
Orientace mechaniky	Horizontálně nebo vertikálně
rozměry a váha	
Mechanika	V 41,1 x Š 146 x H 203mm
Váha	1,5 kg
spolehlivost	
MSBF	750 000 load/unload cyklů
MTBF	100 000 hodin
rozhraní	
Interface	Wide Ultra 2 LVD SCSI
SCSI Connector	Keyed 68 pin micro-D
Maximální SCSI přenosová rychlost	40 MB/s

tabulka 5.7

UDO disky - vývoj	1.generace	2.generace	3.generace
Kapacita	30GB	60GB	120GB
Přenosová rychlost	až 8MB/s	až 12MB/s	až 18MB/s
Otáčky za minutu	2 000	3 000	3 600
Přístupová doba	25ms	25ms	25ms
Numerická apertura	0,7	0,7	0,85
Vrstev	1	2	2
Sektor	8kB	8kB	8kB
SCSI přenosová rychlost	80MB/s	80MB/s	80MB/s
Load time	5s	5s	5s
Unload time	3s	3s	3s
MSBF (střední doba mezi poruchami)	750 000 load/unload cyklů	750 000 load/unload cyklů	750 000 load/unload cyklů

tabulka 5.8

Použití v praxi

Plasmon a HP jako tvůrci UDO jsou také hlavními výrobci. Plasmon dodává mechaniky a média, HP se stará o ovládací software mechaniky. Výhodou UDO je, že média nevyrábí pouze Plasmon, ale je možné je pořídit také u Mitsubishi Kagaku Media¹ (MKM), která vyrábí a prodává UDO média, pod značkou Verbatim v Evropě, Asii a Americe a pod značkou Mitsubishi v Japonsku. UDO je samozřejmě jako archivační či zálohovací systém použitelný především v nějakém komplexním systému elektronické knihovny. Takové vyrábí a konfiguruje celá řada firem. K dnešnímu dni je zaregistrovaných více než 35 společností dodávajících kompletní knihovní systémy s integrovanou technologií UDO, zajišťující Data Management, ošetřující Data Lifecycle, Hierarchical Storage Management (HSM) a podobně. Seznam firem je dostupný zde [45]

Jak si UDO stojí v porovnání s jinými technologiemi

V několika málo bodech se teď podíváme na výhody či nevýhody této technologie v porovnání se stávajícími archivačními technologiemi. Nutno podotknout, že jsem při srovnávání parametrů vycházel především z informací na webových stránkách výrobců a ne z praktické zkušenosti.

UDO vs. DVD (HD-DVD, BD)

Oproti klasickému DVD má UDO jednoznačnou výhodu v kapacitě média. Tento benefit se ztrácí při porovnání s nástupci DVD, kteří přichází na trh, nicméně hlavní výhodou zůstává již zmiňovaný data management. S UDO diskem je možno pracovat více jako s pevným diskem, díky rychlejšímu přenosovým a přístupovým dobám a díky verifikaci a dynamickému přístupu k zápisu/čtení. A samozřejmě odolnost média v cartridge oproti „holým“ diskům. Cena DVD (HD-DVD, BD) bude však při srovnatelné kapacitě nižší.

¹ Mitsubishi Magaku Media, Verbatim Corporation, <http://www.verbatim.com>

UDO vs. RAID

RAID zcela jistě vítězí v operabilitě s daty, rychlosti, kapacita je, domnívám se, srovnatelná. Výhoda UDO však může být v přenositelnosti médií. TCO – Total Cost of Ownership bude v časovém horizontu desetiletí srovnatelná nebo mírně na straně UDO. A konečně RAID nenabízí WORM.

UDO vs. Pásky

Páskové knihovny zcela jistě mají nižší cenu za megabyte. S TCO si z dlouhodobého hlediska už nejsem tak jistý vítězstvím pásek, kvůli snazšímu media managementu UDO. Ale nemám dostatek praktických informací, abych to mohl posoudit. Kde UDO ale jistě mít navrch, je přístupová rychlost k datům. Vzhledem k dobrému zapouzdření UDO a mimořádně příznivým přístupovým dobám, oproti pomalému sekvenčnímu přístupu u pásek. V přenášení velkého množství dat (stovky GB) však opět získá vedení páska.

Jak už to bývá, každá technologie se ukázala být v něčem nejlepší a bude na uživateli respektive na IT manažerovi, aby vybral tu nejlepší pro současné a budoucí potřeby dané společnosti. Jak řekl Christopher Harris, bývalý generální ředitel Plasmon: *„Nevnímáme pásky jako konkurenci, jsou oblasti, kde ji nahradíme, jsou oblasti, kde ne. Stejně tak oproti diskům máme své výhody. Zatím nás vnímejte jen jako zatraceně dobrou alternativu, uvidíme v následujících letech.“*

5.5 PDD

Professional Disc for Data je výhradním dílem společnosti Sony. Ta je jediným výrobcem mechanik i médií, což může být výhoda, pokud jde o unifikaci a kontinuitu produktových řad, centralizovaný servis a podporu. Na druhou stranu nemá uživatel dané technologie možnost výběru, pokud tedy nechce použít BD nebo UDO. V této kapitole bude čtenáři vše připadat známé. PDD je totiž jakousi kombinací optických technologií v této práci popsaných, kombinuje prvky BD a UDO a snaží se z nich vzít to nejlepší. Tato snaha byla do značné míry úspěšná, jedná se ale přece jenom o „skládání technologií“, tedy kompromis.

Technologie

Mechanika používá nám již známou technologii modro-fialového laseru o vlnové délce 405nm, numerická apertura optického systému je, stejně jako u Blu-ray, 0,85. Velikost logických sektorů používá PDD menší, než konkurenční UDO, a to 2kB. O zápis a čtení se stejně jako u UDO stará technologie fázové změny, kdy různá intenzita laseru může měnit strukturu datové vrstvy média a v závislosti na teplotě, kterou různá intenzita laserového paprsku produkuje, data číst nebo zapisovat. Pro správu a korekci chyb je použito Reed-Solomon a Picket algoritmu (více informací v příloze A). Velikost logického sektoru je 2kB. Sony původně spolupracovala na vývoji UDO, ale

když se jí postup zdál příliš pomalý, přiklonila se k vývoji vlastní optické technologie, která, jak je patrné, je do značné míry podobná UDO a čerpá i z Blu-ray. Ve srovnání s BD, mají PDD disky menší kapacitu 23GB oproti 25GB, ale přenosová rychlost u BD je pouze 4,5MB/s, což je mnohem méně, než u PDD, kde se pro čtení uvádí 11MB/s a pro zápis 9MB/s. To je způsobeno již výše zmíněným zaměřením na jinou skupinu spotřebitelů. Nároky profesionální komunity jsou vyšší, a proto bylo použito kvalitnějších médií a komponent pro mechaniku, což je samozřejmě patrné i na konečné ceně produktu.

Mechanika

Celkově vypadá mechanika PDD velice podobně jako běžná MO nebo UDO mechanika. Podporuje 2 základní funkční módy pro čtení a zápis, které se liší rychlostí. Mechanika mezi nimi automaticky přechází, aby zajistila optimální výkon, nicméně uživateli nechává možnost manuálního nastavení. Módy CLV (constant linear velocity) a CAV (constant angular velocity) regulují otáčky média tak, aby byla optimalizována buď maximální přenosová rychlost nebo náhodná přístupová doba. V CAV módu se disk otáčí konstantní rychlostí, což znamená, že se při čtení nebo zápisu na stopách blíže středu disku přenosová rychlost snižuje, ale vyhledávací operace jsou v tomto módu velice rychlé (v průměru 110ms). CLV oproti tomu nabízí po celou dobu maximální přenosovou rychlost 11MB/s, zatímco vyhledávací operace trvají déle. Využití je v praxi jednoduché. Pokud potřebujeme číst více malých souborů, je lepší zvolit CAV mód pro jeho rychlou přístupovou dobu, pokud však přehráváme film nebo obnovujeme zálohu, rozhodně využijeme více maximální datový tok v CLV módu. Jak jsem již zmínil, mechanika je schopna volit své nastavení automaticky tak, aby byl vzhledem k těmto operacím výkon optimální.



obrázek 5.9 PDD média

Média

Média PDD jsou podobnější spíše BD, než UDO. 0,1mm tenká ochranná vrstva zůstává, hustá pitová struktura také. Kapacita médií je v jedné vrstvě 23GB, do budoucna, s vývojem vícevrstevných médií bude kapacita adekvátně růst. Původní plán Sony – do roku 2007 nabídnou média o kapacitě 100GB se mi nezdá v tuto chvíli reálný, ale kdo ví. Oproti UDO diskům bych rád poukázal na jeden rozdíl a současně doložil podobnost s BD. UDO používá médium o průměru

13cm, BD a PDD média jsou 12ti centimetrová. Ochranná cartridge médium zabezpečí proti otřesům, prachu, teplotním rozdílům a vlivu vlhkosti, předpokládaná životnost disku je více, než 50 let. Podporu ověřené vědecké metody ani standardizaci Sony u PDD neuvádí. PDD formát je použit jako primární médium pro nahrávání v Sony XDCAM systémech profesionálního videa, pracuje se na nich většinou s formáty MPEG-2 a DV.

PDD média		
Model	PDD RW23B	PDD WO23B
Formát	Rewritable	Write-once
Kapacita	23,3 GB	
Velikost sektoru	2048b	
Tloušťka ochranné vrstvy	0,1mm	
Průměr disku	120mm	
Rozměry cartridge	128,6 x 130,6 x 9,1mm	
Přepisovacích cyklů	> 10 000	
Váha	90g	
Předpokládaná životnost	> 50 let	

tabulka 5.9



obrázek 5.10 PDD mechaniky a PDD changer

PDD mechanika		
Model	BW-F101	
Typ mechaniky	Interní	
Typ disku	Rewritable (PDD RW23B) , Write-once (PDD WO23B)	
Rozhraní	Ultra 160 LVD/SE SCSI	
Kapacita	23,3 GB	
Přenosová rychlost	Souvislé čtení	11MB/s (CLV), 4,5 - 11MB/s (CAV)
	Souvislý zápis	9MB/s (CLV), 4,5 - 9MB/s (CAV)
Logical Sector Size	2048b	
Vyhledávání (CAV)	Full Seek	200ms
	1/3 Seek	110ms
Load/Eject Time	6s / 3,5s	
Velikost bufferu	16MB	
MSBF	300 000 load/unload cyklů	
MTBF	100 000 hodin	
Rozměry	146 x 41.3 x 203 mm	
Váha	1,2kg	
Napájení - napětí	5V +/- 5%, 12V +/- 5%	
Napájení - spotřeba	17,3W	
Provozní teplota	5 - 45°C	
Provozní vlhkost	10% – 90%	
Orientace mechaniky	Horizontální nebo vertikální	

tabulka 5.10

Použití v praxi

PDD mechaniky jsou vyráběny v rozměru 5,25 palce jako interní, v provedení pro externí použití samotné mechaniky a nebo jako knihovní systémy s více mechanikami. Takový systém pak dokáže pracovat až s 67 disky, poskytovat úložnou kapacitu 1,56TB, s průměrnou dobou výměny média 19s. Sony je v tomto případě jediným výrobcem a dodavatelem mechanik i médií, což já osobně vidím jako nevýhodu, i když přiznávám, že to má i své benefity (Kompletní zálohovací systémy, které obsahují PDD mechaniky nabízí i jiní výrobci, ale samotné mechaniky jsou vždy pouze od Sony.). Pokud bychom chtěli srovnávat výhody a nevýhody PDD a ostatních technologií, které se pro archivaci a zálohování používají, téměř doslova zopakujeme předchozí komparaci u UDO disků. Zaměříme se proto raději na rozdíly právě UDO a PDD, protože to jsou na poli profesionálních optických systémů stejní soupeři, jako HD-DVD a Blu-ray ve „spotřebním sektoru“.

5.6 Srovnání PDD a UDO

Kompatibilita

Technologie UDO je navržena jako nástupce magneto-optiky. Bylo vysvětleno, že jde o čistě optickou technologii, takže se o nástupce v pravém slova smyslu nejedná, ale co do rozměrů mechanik a hlavně médií to rozhodně platí. Jak jsem již uvedl, mnoho výrobců nabízí „duální mechaniky“. Takové, které dovedou pracovat s MO i UDO. Takový přístup je rozhodně vítán u společností, které pro archivaci MO používali. Ty jsou také cílovou skupinou UDO a těm také ušetří nemalé náklady tím, že nebude nutné okamžitě migrovat všechna data na nová média. PDD oproti tomu nenabízí kompatibilitu s MO a nepodařilo se mi najít ani žádného jiného dodavatele, který by „duální mechaniky“ nabízel. PDD bude mít samozřejmě hodně společných prvků s BD a tam není jistá budoucí kompatibilita vyloučena, ale vzhledem k tomu, že je každá z těchto technologií zaměřena na jiné zákazníky, UDO řešení kompatibility je vhodnější.

Kompatibilita

UDO + Ibod

Teoretická spolehlivost

Některé technické parametry UDO a PDD jsou zcela shodné, některé se výrazně liší. O nějakém testu spolehlivosti se zatím nedá mluvit, většinu údajů tvoří předpokládané hodnoty, ale srovnání je jistě namístě. UDO i PDD mají stejné provozní teplotní i vlhkostní podmínky, odolnost vůči prachu zajišťuje u médií cartridge, předpokládaná životnost médií je více než 50 let. Podstatný rozdíl pro praktické použití jsem ale našel v těchto oficiálních parametrech.

	UDO	PDD
MSBF (Mean Swap Between Failure)	750 000 loads/unloads	300 000 loadas/unloads
MTBF (Mean Time Between Failure)	100 000 hodin (při 90% pravděpodobnosti)	50 000 hodin (při 90% pravděpodobnosti) 100 000 hodin (při 60% pravděpodobnosti)

tabulka 5.11

Teoretická spolehlivost

UDO + Ibod

Standardizace

Možná je to falešný pocit bezpečí, ale pokud nějaký produkt splňuje ISO nebo ECMA normy a standardy, je to pro mě alespoň malá záruka kvality a bezpečnější budoucí investice.

UDO: ECMA-350, SO/IEC 17345

PDD: Nemá žádný podobný certifikát a podle webových stránek Sony o něm ani neuvažuje.

Standardizace

UDO + 1bod

Oprava chyb

Na detekci a korekci chyb je v případě UDO i PDD technologie použito Reed-Solomon algoritmu. PDD implementovala ještě navíc Picket algoritmus, pravděpodobnost vzniku chyby je tak u PDD 10^{21} oproti 10^{12} u MO. UDO tento údaj neuvádí. (více o algoritmech v příloze A)

Oprava chyb

PDD + 1bod

Média

Srovnání médií nebude vůbec jednoduché. Z hlediska kapacity zatím vítězí UDO, ale PDD nabízí numerickou aperturu 0,85 již od první generace médií, oproti UDO, kde je (bude) tato hodnota dosažena až od druhé generace disků. Ku prospěchu UDO lze přičíst, že média vyrábí kromě Plasmonu také TDK, konkurence je vždy dobrá. Na druhou stranu cena médií od Sony je mírně nižší, protože jsou velice podobná BD. V tomto případě, nerozhodně.

	UDO	PDD
1. generace	30GB	23GB
2. generace	60GB	50GB
3. generace	120GB	100GB

tabulka 5.12

Média

Bez vítěze

Rychlost

Jak již bylo řečeno, UDO má rychlejší přístupovou dobu, PDD přenosovou rychlost, záleží na způsobu využití a nelze v tomto případě říct, co je lepší.

	UDO	PDD
čtení	8MB/s	11MB/s
zápis	4MB/s	4,5MB/s
přístupová doba	27ms	110ms

tabulka 5.13

Média

Bez vítěze

Srovnání - závěr

V naivním bodovacím systému tedy 3:1 zvítězila technologie UDO. Takové srovnání je však do jisté míry zjednodušující a v reálném nasazení je třeba především zvážit konkrétní účel, kterému má technologie sloužit a okolnosti minulé a budoucí archivace. V každém případě se ale tento výsledek slučuje s mým osobním názorem. Domnívám se, že v sektoru profesionálního využití bude mít UDO větší úspěch a PDD bude muset ustoupit do pozadí. V některých článcích jsem četl, že implementace více algoritmů pro korekci chyb, použití jednostranných médií a zázemí velké společnosti jakou je Sony favorizuje PDD, ale nesouhlasím. Větší „otevřenost“ a zpětná kompatibilita poskytne UDO výhodu lepšího startu. Samotná Sony formátu PDD spíše ublíží svým zaměřením na Blu-ray. Z hlediska celé společnosti to je zřejmě dobrý strategický tah, pokud je třeba zaměřit se pouze na jednu z technologií. Vývoji BD je v současné době v Sony věnována větší pozornost, než PDD a zatímco UDO posiluje svou pozici na poli profesionální optiky, PDD tu „ujíždí vlak“. Situace se ještě může změnit po komerčním startu Blu-ray a jeho rozšíření, což zvýrazní Sony a přitáhne pozornost laické i profesionální veřejnosti více k modrému laseru.

6 Závěry

Pokud jde o srovnání stávajících technologií pro ukládání dat, je zřejmé, že každá najde uplatnění. Jeden každý z přístupů něčím předčí konkurenční systémy. Ať už jde o rychlost práce s daty u systémů využívajících pevné disky, o bezkonkurenční kapacitu páskových zařízení nebo netečnost vůči magnetickému poli a nízké celkové náklady spojené s provozem optických médií. Jak jsem již několikrát zdůraznil, cesta správného řešení pro data storage vede přes důkladné zvážení konkrétních potřeb a vybudování systému, který je bude naplňovat. Jako IT manažer rád zvolím řešení levné a pokrývající více potřeb firmy. Budu vyžadovat rychlou práci s živými daty, spolehlivé zálohování a důslednou archivaci. S cenou je úzce spojena velká požadovaná kapacita, aby se oddálila nutnost rozšiřovat systém. S tím, co bylo v práci popsáno, je řešení nasnadě. Jako storage systémem první úrovně bude diskové pole s vhodným RAID zapojením. Takové řešení maximálně vyhovuje potřebám běžné práce s většinou informačních systémů, ať se jedná o modul účetní, prodejní, personální nebo skladový. Některé moduly IS mohou být navázány na druhou úroveň storage systému, kde probíhá zálohování. V této úrovni je možné také použít disková pole, osobně bych dal přednost knihovně optických médií. Data zde uložená, jsou k dispozici v řádu sekund, v běžné implementaci systému s předřazeným diskovým polem i rychleji. A jedná se například o výplatní pásky či starší skladové záznamy, jednoduše o data, ke kterým není nutné přistupovat s milisekundovou odezvou. Takové storage řešení druhého stupně lze díky vyjímatelnosti médií použít také jako archivační systém. Proč zdůrazňuji vyjímatelnost médií? Je to s podivem, ale v některých firmách se za archivaci považuje uložení dat na jiné disky stejného serveru, se kterým se běžně pracuje, případně použití zařízení k němu přímo připojeného. Ušetření finančních prostředků, při zvolení takového řešení, může být například v případě požáru kontraproduktivní, ne-li kritické. Zálohy a archivní kopie není dobré uchovávat ve stejné místnosti, nejlépe ani ve stejné budově. To lze samozřejmě zařídit ve třetí kapitole popsanou NAS nebo SAN architekturou, ale použití vyjímatelných médií a jejich uskladnění nezávisle na počítačovém systému a elektrické energii, se mi ve spojení s netečností na magnetické pole a celkovou odolností média při správném zacházení jeví jako nejlepší způsob archivace. Při zálohování dat je dobré mít na paměti ještě jednu podstatnou zásadu, neinvestovat do ochrany a ukládání dat více prostředků, než je cena dat, která chráníme, ukládáme. Opravdu to nemá smysl.

Optická média, o nichž pojednávala podstatná část této práce, jsou dle mého názoru na vzestupu a budoucnost ve skutečnosti nepatří aluminii, ale optice. Naše blízká budoucnost patří zcela jistě Blu-ray a HD-DVD. Výsledek souboje těchto velikánů si netroufám odhadnout, i když já sám bych se přiklonil na stranu Blu-ray. Můj odhad je však takový, že technologie budou koexistovat, po bouřlivém nástupu a rozpačitých reakcích zákazníků se situace stabilizuje a podobně, jako tomu bylo s DVD-R a DVD+R si k zákazníkům najde cestu výrobce duálních mechanik, které přehrají vše, co do nich vložíte. Takovou mechaniku již plánuje společnost LG¹, podle březnové zprávy agentury Reuters mluvčí americké pobočky LG oznámil: „*LG oficiálně*

¹ LG Electronics, <http://www.lge.com>

podporuje Blu-ray a zvažuje uvedení duálního přehrávače Blu-ray/HD-DVD na podzim tohoto roku.“ Stejně tak je prostor pro práci s médii, již dnes jsou dostupná hybridní média CD/DVD nebo dokonce DVD/HD-DVD či DVD/Blu-ray. Je jen otázkou času, kdy bude k dispozici jakékoliv hybridní médium, po kterém bude na trhu poptávka. Tak tedy vnímám situaci já, podpora formátů Blu-ray a HD-DVD ze strany velkých společností je již nenechá zapadnout, ale zákazník chce vše a vždy se najde někdo, kdo nám „vše“ dodá, proto vidím budoucnost v duálních médiích a mechanikách. Existují ale také názory, že nevyhraje ani jedna z technologií a dojde k masivnímu rozšíření technologie třetí, například EVD (Enhanced Versatile Disc). Tato technologie již dnes nabízí HD obsah na médiích klasického DVD, za použití jiného kódování a drobných vylepšení. Je to technologie velice levná a současným požadavkům na HD obsah a multimédia vyhovující. Je dokonce již dostupná. Ale na stole tento přehrávač nikdo nemáme právě kvůli lobby velkých společností ve prospěch BD a HD-DVD, proto nesdílím optimismus zastánců EVD a věřím v Blu-ray.

Pokrok není pouze v oblasti výroby médií, ochranných vrstev a zvyšování počtu vrstev datových. Narůstajícím nárokům na kapacitu čelí také dokonalejší kompresní algoritmy, které dovolují vtěsnat na stejný úložný prostor více dat. Rozdíly mezi CD, DVD a HD-DVD jsou markantní a tento trend bude jistě pokračovat, i když ne s takovým efektem, jako rozšíření nových médií či technologií, jež budou mít na nárůstu kapacity vždy větší podíl. Můžeme se setkat také s evolucí zapisovacích postupů. Analogicky k nedávno ohlášenému „kolmému zápisu“ na pevné disky, který umožňuje hustší zápis a tedy zvyšuje kapacitu, existuje také zápis na optická média pod různými úhly. Na jedno médium se nezapíše pouze kolmo k datové vrstvě, ale na stejné místo lze pod jiným úhlem zapsat vícekrát a zněkolikanásobit tak kapacitu média. Od toho je již jen krůček k technologii vzdálenější budoucnosti, na které se pracuje, je velice slibná, efektivní a elegantní, ale zatím drahá. Jedná se o holografické paměti. Tato technologie slibuje kromě zajímavého technického pozadí uživateli především velkou kapacitu malého média. Společnost InPhase¹ představila letos médium, které je z důvodu kompatibility a zvyklosti stejných rozměrů, jako klasické CD, ale na jeden čtvereční palec dokáže pojmout až 515 Gbitů dat, zveřejněný plán výroby médií začíná na kapacitě 200 GB a zatím končí na 1,6 TB. Více k technologii holografického zápisu viz seznam literatury [41].

Některé nové technologie možná vznikají z uměle vytvořených potřeb na popud velkých společností v jejich honbě za ziskem, ale je nesporné, že potřeba většího úložného prostoru nezadržitelně stoupá spolu s dynamickým rozvojem technologií a tempem naší doby. Proto se nesnažme bojkotovat snažení producentů masové zábavy, ale vytěžme z technologií, které nám prezentují, maximum. Vždyť lidská lenost a potřeba se zabavit jsou motorem pokroku.

¹ InPhase Technologies, <http://www.inphase-technologies.com>

Literatura

Knihy, články

- [1] Jon William Toigo, *The Holy Grail of Data Storage Management*, Hall PTR 1999
- [2] Hájiček C. David, Studenský Ivo, *Dlouhodobé ukládání dat*, FI MUNI 2004
- [3] Psohlavec Stanislav, *Výzkum v NKČR*, materiály dostupné na adrese:
<http://digit.nkp.cz/knihcin/digit/vav23/archivCD.htm>
- [4] Vohnoutová Marie, *Long-term archive architecture*, internet draft 2003
<http://ltans.edelweb.fr/draft-ietf-ltans-arch-00.pdf>
- [5] Pužmanová Rita, *Varianty řešení ukládání a zálohování dat*, dostupné na:
http://www.systemonline.cz/site/data-warehousing/04_02puzm.htm
- [6] Brian Blanchard, *Ukládání dat: rychlé, levné, bezpečné*, Computerworld,
<http://www.sunrea.cz/?pg=16&lang=cz>
- [7] Rothenberg Jeff, *Ensuring the Longevity of Digital Information*, 1999
- [8] Reinhardt Tomáš, *Požadavky na dlouhodobé ukládání elektronických dat*, BP MUNI 2005
- [9] Šteidl Přemysl, *Přehled norem a legislativy v oblasti ukládání dat*, BP MUNI 2005
- [10] Francis T.S., *Optical Storage and Retrieval (Optical Engineering)*, Dekker 1996
- [11] Beníšek Pavel, *Blue-Ray versus HD-DVD*, článek 2005, dostupné na:
<http://www.3dgrafika.cz/index.php?id=1966&search=>
- [12] Anther Gary, *Optical storage sings the blues*, Computerworld 2004
<http://www.computerworld.com/hardwaretopics/storage/story/0,10801,92587,00.html>
- [13] Perenson Melissa J., *The Next-Generation Disc: What Should It Be?*, PC World 2005
<http://www.pcworld.idg.com.au/index.php/id;629703027;fp;4;fpid;192>
- [14] Rusnok Roman, *Storage area network*, Telnet magazín 2005
<http://www.telnet.cz/content-10649-storage-area-network.html>

Organizace, společnosti, zdroje informací

- [15] Industrial Development Corporation, <http://www.idc.com>
- [16] Storage Networking Industry Association, <http://www.snia.org>
- [17] COMA zálohovací systémy a.s., <http://www.coma.cz>
- [18] Hitachi Data Systems, <http://www.hds.com>
- [19] Quantum Corporation, <http://www.quantum.com>
- [20] Sony Corporation, <http://www.sony.net>
- [21] Hewlett-Packard, <http://www.hp.net>
- [22] International Business Machines, <http://www.ibm.com>
- [23] Centrance LLC, <http://certance.interbrand.net>
- [24] Computer press, <http://www.cpress.cz/>
- [25] Sunrea a.s., <http://www.sunrea.cz>
- [26] JVC, <http://www.jvc.com>
- [27] Plasmon, <http://www.plasmon.com>
- [28] Pioneer Electronics, <http://www.pioneerelectronics.com>
- [29] Blu-ray Disc, <http://www.blu-ray.com>
<http://www.blu-raydisc.com>
<http://www.blu-raydisc.info>
- [30] TDK corporation, <http://www.tdk.com>
- [31] Sun Microsystems Inc., <http://java.sun.com>
- [32] HD DVD Promotion Group, <http://www.hddvdprg.com>
- [33] Toshiba Inc., <http://www.toshiba.com>
- [34] NEC Corporation, <http://www.nec.com>
- [35] Philips Electronics, <http://www.philips.com>
- [36] CeBIT, výstava IT a telekomunikací, <http://www.cebit.de>
- [37] Mitsubishi Magaku Media, Verbatim Corporation, <http://www.verbatim.com>
- [38] *iSCSI, FCIP and iFCP*, <http://www.pdl.cmu.edu/maillinglists/ips/mail/msg02819.html>
- [39] *Testování DVD médií na CD-R serveru*, <http://www.cdr.cz/a/11104>
- [40] *Try this*, http://news.com.com/Try+scratching+this+DVD/2100-1041_3-5455621.html
- [41] Holografická paměť <http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2004/xfiala4.htm>
<http://www.inphase-technologies.com/technology/index.html>
http://en.wikipedia.org/wiki/Holographic_memory
http://en.wikipedia.org/wiki/Holographic_Versatile_Disc
- [42] UDO technology forum, <http://www.udo.com/>
- [43] InPhase Technologies, <http://www.inphase-technologies.com>
- [44] Internetová encyklopedie Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
- [45] Mocný portál, <http://www.google.com/>

Odkazy na webové stránky byly aktuální v době vzniku práce, v květnu 2006.

Příloha A

Reed-Solomon error correction

From Wikipedia, the free encyclopedia

Reed-Solomon error correction is an error-correcting code that works by oversampling a polynomial constructed from the data. The polynomial is evaluated at several points, and these values are sent or recorded. By sampling the polynomial more often than is necessary, the polynomial is over-determined. As long as "many" of the points are received correctly, the receiver can recover the original polynomial even in the presence of a "few" bad points.

Reed-Solomon codes are used in a wide variety of commercial applications, most prominently in its use on CDs and DVDs.

Overview

The data points are sent as encoded blocks. The total number of m -bit symbols in the encoded block is $n=2m-1$. Thus a Reed-Solomon code operating on 8-bit symbols has $n=28-1 = 255$ symbols per block. (This is a very popular value because of the prevalence of 8-bit byte-oriented computer systems.) The number k , $k < n$, of data symbols in the block is a design parameter. A commonly used code encodes $k = 223$ 8-bit data symbols plus 32 8-bit parity symbols in an $n = 255$ -symbol block; this is denoted as a $(n, k) = (255, 223)$ code. This particular code is capable of correcting up to 16 symbol errors per block.

The data symbol is represented by the coefficients of a polynomial over a finite field. The polynomial is then evaluated at numerous points over the field, and these values are sent as the block of the encoded message. The number of points evaluated is larger than the degree of the polynomial so that the polynomial is overdetermined; the coefficients can therefore be recovered from subsets of the plotted points. In the same sense that one can correct a curve by interpolating past a gap, a Reed-Solomon code can bridge a series of errors in a block of data to recover the coefficients of the polynomial that drew the original curve.

Properties of Reed-Solomon codes

The error-correcting ability of any Reed-Solomon code is determined by $n-k$, the measure of redundancy in the block. If the locations of the errored symbols are not known in advance, then a Reed-Solomon code can correct up to $(n-k)/2$ errored symbols, i.e., it can correct half as many errors as there are redundant symbols added to the block. Sometimes error locations are known in advance (e.g. "side information" in demodulator signal-to-noise ratios)—these are called erasures. A Reed-Solomon code (like any linear code) is able to correct twice as many erasures as errors, and any combination of errors and erasures can be corrected as long as the inequality $2E + S \leq (n-k)$ is satisfied, where E is the number of errors and S is the number of erasures in the block.

The properties of Reed-Solomon codes make them especially well-suited to applications where errors occur in bursts. This is because it does not matter to the code how many bits in a symbol are in error—if multiple bits in a symbol are corrupted it only counts as a single error. Conversely, if a data stream is not characterized by error bursts or drop-outs but by random single bit errors, a Reed-Solomon code is usually a poor choice.

Designers are not required to use the "natural" sizes of Reed-Solomon code blocks. A technique known as "shortening" can produce a smaller code of any desired size from a larger code. For example, the widely used (255,223) code can be converted to a (160,128) code by padding the unused portion of the block (usually the beginning) with 95 binary zeroes and not transmitting them. At the decoder, the same portion of the block is loaded locally with binary zeroes. The compact disc is an example of an application of shortened Reed-Solomon codes.

Data storage

Reed-Solomon coding is very widely used in mass storage systems to correct the burst errors associated with media defects.

Reed-Solomon coding is a key component of the compact disc (CD). It was the first use of strong error correction coding in a mass-produced consumer product, and DAT and DVD use similar schemes. In the CD, two layers of Reed-Solomon coding separated by a 28-way convolutional interleaver yields a scheme called Cross-Interleaved Reed Solomon Coding (CIRC). The first element of a CIRC decoder is a relatively weak inner (32,28) Reed-Solomon code, shortened from a (255,251) code with 8-bit symbols. This code can correct up to 2 byte errors per 32-byte block. More importantly, it flags as erasures any uncorrectable blocks, i.e., blocks with more than 2 byte errors. The decoded 28-byte blocks, with erasure indications, are then spread by the deinterleaver to different blocks of the (28,24) outer code. Thanks to the deinterleaving, an erased 28-byte block from the inner code becomes a single erased byte in each of 28 outer code blocks. The outer code easily corrects this, since it can handle up to 4 such erasures per block.

The result is a CIRC that can completely correct error bursts up to 4000 bits, or about 2.5 mm on the disc surface. This code is so strong that most CD playback errors are almost certainly caused by tracking errors that cause the laser to jump track, not by uncorrectable error bursts.

Timeline of Reed-Solomon development

The code was invented in 1960 by Irving S. Reed and Gustave Solomon, who were then members of MIT Lincoln Laboratory. Their seminal article was "Polynomial Codes over Certain Finite Fields." When it was written, digital technology was not advanced enough to implement the concept. The key to application of Reed-Solomon codes was the invention of an efficient decoding algorithm by Elwyn Berlekamp, a professor of electrical engineering at the University of California, Berkeley. Today they are used in disk drives, CDs, telecommunication and digital broadcast protocols.

Picket error correction

Úplné info na <http://gauss.ffii.org/PatentView/EP1499026>

Description

The present invention relates to an error correction decoding method and apparatus, and more particularly, to an error correction decoding method and apparatus, which accurate errors included in information data by using error declaration information obtained as a result of decoding the data using a lookup table.

In general, an error correction code for a high-density recording system, which is similar to a product code, is constituted by two error correction codes, i.e., an inner code and an outer code. The inner code indicates a horizontal code ($N1, K1$) in a data block for error correction, and the outer code indicates a vertical code ($N2, K2$) in the data block. Here, N_i represents the length of an i -th codeword, i.e., an output of an error correction encoder, K_i represents the length of i -th information data, i.e., an input of the error correction encoder, and t represents error correction capability of the error correction code and is obtained by the following equation: $t = (N_i - K_i)/2$. The product code can accurate up to $2t$ erroneous bytes by performing error correction while allowing the inner code and the outer code to exchange erasure information with each other. More specifically, a decoder (not shown) performs a typical decoding process on the inner code (or the outer code) for as many times as the size of a column (or a line) of the inner code (or the outer code) and generates erasure information to be provided to the outer code (or the inner code), i.e., error declaration information that indicates where errors have occurred in a codeword to be decoded. Here, the reason the decoder performs the typical decoding process, rather than an erasure decoding process which guarantees better error correction performance, on the inner code (or the outer code) is that the decoder may not receive the erasure information from the outside. The decoder performs the typical decoding process on the outer code (or the inner code) for as many times as the size of a column (or a line) of the outer code (or the inner code) by using the erasure information received from the inner code (or the outer code) and generates erasure information to be provided to the inner code (or the outer code). Supposing that all of the above decoding processes constitutes one cycle, the decoder performs a predetermined number of cycles of decoding on the inner code and the outer code. If more than a maximum number of errors that can be handled by the inner code (or the outer code) have occurred in the codeword to be decoded, erasure of as many errors as the size of the column of the inner code (or the outer code) is declared. A recording system usually uses a Reed-Solomon code as an error correction code because the Reed-Solomon code has excellent burst error correction capability. Here, burst errors are the most common errors occurring in a recording system

Příloha B

CD s touto prací.

*Digitální informace trvá věčně – nebo 5let, podle toho, co nastane dříve.
autor neznámý*