

Úloha IX.2 ... Informační hustota

10 bodů; (chybí statistiky)

V dnešní době moderních technologií lidstvo vytváří stále více dat. Tato data je ovšem potřeba někde uchovávat, k čemuž slouží různá datová média. Dnes se používají hlavně HDD (hard disk drive) nebo SSD (solid-state drive) disky, ale dříve se využívaly i diskety nebo gramofonové desky na uchování hudby.

Pokuste se porovnat plošné datové hustoty, tj. množství dat na plochu, např. $\text{kB}\cdot\text{cm}^{-2}$, všech těchto médií (HDD, SSD, diskety, gramofonové desky). Pro určení množství dat používejte bajty (anglicky byte, pozor, neplést s bity) a pro převody jednotek zůstaňte u klasického decimálního systému SI ($1 \text{ kB} = 1000 \text{ B}$).

HDD a SSD

V dnešních počítačích se pro ukládání dat používají dva typy disků, a to HDD a SSD. Jejich hlavním rozdílem je způsob uchovávání dat, kdy HDD používá mechanické části pro čtení a zápis dat, zatímco SSD žádné pohyblivé části nemá. Tento rozdíl způsobuje, že SSD disky jsou rychlejší a odolnější proti špatnému manipulování, zatímco HDD není limitováno počtem zápisů, může uchovat větší množství dat a v ceně za GB (gigabajt) je levnější.

HDD Dnešním standardem při stavbě počítačů je použití HDD disku o velikosti $1 \text{ TB} = 10^9 \text{ kB}$. Co se týká fyzické velikosti, nachází se ve dvou variantách: 2,5 palce a 3,5 palce. My budeme počítat s 3,5 palcovou variantou, jejíž rozměry jsou $147 \text{ mm} = 14,7 \text{ cm}$ na $102 \text{ mm} = 10,2 \text{ cm}$.¹ Plošnou datovou hustotu poté jednoduše spočítáme jako podíl množství dat a plochy, do které zahrnujeme i kovovou schránku a veškerou potřebnou elektroniku.

$$\rho_{\text{HDD}} = \frac{N}{a_{\text{H}} \cdot b_{\text{H}}} = \frac{10^9 \text{ kB}}{14,7 \text{ cm} \cdot 10,2 \text{ cm}} \doteq 6,67 \cdot 10^6 \text{ kB}\cdot\text{cm}^{-2}$$

SSD SSD disky objevíte hlavně ve variantách 250 GB a 500 GB. Při výpočtech budeme používat $N = 500 \text{ GB} = 5 \cdot 10^8 \text{ kB}$. Tento typ najdeme v podstatě pouze v jedné variantě, a to 2,5 palce ($10,0 \text{ cm} \times 6,99 \text{ cm}$)² ³

$$\rho_{\text{SSD}} = \frac{N}{a_{\text{S}} \cdot b_{\text{S}}} = \frac{5 \cdot 10^8 \text{ kB}}{10,0 \text{ cm} \cdot 6,99 \text{ cm}} \doteq 7,15 \cdot 10^6 \text{ kB}\cdot\text{cm}^{-2}$$

Diskety

Diskety, neboli floppy disky, prošly během své doby užitku mnoha změnami, přičemž největší z nich bylo zmenšování disket z 8 palcového formátu, na velikost $5\frac{1}{4}$ palce, až po $3\frac{1}{2}$ palce, se kterou budeme počítat. Dnes se diskety už prakticky nepoužívají, ale jejich vzhled stále pozná mnoho lidí, mnohdy i ti, kdo samotnou disketu nikdy nepoužívali. To je možná i díky tomu, že ikona diskety je používána v mnoha programech jako symbol ukládání souborů.

¹https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_disk_drive_form_factors

²Disky typu M.2 momentálně nezahrnujeme, vzhledem k tomu, že nejsou tak rozšířené, jako zmíněné dvě varianty. Máme tedy na mysli standard často nazývaný U.2.

³<https://www.snia.org/forums/cmsi/knowledge/formfactors#U2>

Široce rozšířenou byla verze s kapacitou $1\,474\,560\text{ B} \doteq 1\,475\text{ kB}$, známá pod označením 1,44 MB⁴. Její fyzické rozměry byly $9,0\text{ cm} \times 9,4\text{ cm}$ včetně obalu, který chránil samotný disk⁵.

$$\varrho_{\text{Disketa}} = \frac{N}{a_D \cdot b_D} = \frac{1\,475\text{ kB}}{9,0\text{ cm} \cdot 9,4\text{ cm}} \doteq 17\text{ kB}\cdot\text{cm}^{-2}$$

Gramofonové desky

Vinylové desky se od všech ostatních zmíněných médií liší tím, že neukládají data digitálně (v binární podobě 0 a 1), ale analogově. To znamená, že zvuková vlna, kterou slyšíme, je přímo vyryta do samotné desky. Jehla gramofonu následně přejíždí přes vyryté drážky, čímž vibruje a interpretuje zvukovou stopu.

Dlouhohrající desky (zkratka LP z „long play“, také přezdíváné „elpíčka“) byly rozšířeným druhem gramofonových desek, jejichž průměr byl 30 cm a obsahovaly až $50\text{ min} = 3\,000\text{ s}$ stereofonně zaznamenané hudby⁶.

Abychom mohli zhruba určit, jakou datovou hustotu deska má, musíme nejdříve určit, kolika bitům by nahrávka odpovídala. Způsob naší aproximace bude velice podobný tomu, co se děje, když dnes nahráváte audio třeba do počítače.

Digitální audio funguje na principu, kdy v daném malém časovém intervalu mikrofon zaznamená tlak vzduchu, který na něj působí. To se dnes obvykle stává ve frekvenci (tzv. „sample rate“) $44,1\text{ kHz}$, neboli zhruba $44\,000$ krát za sekundu se zaznamená tlak vzduchu na mikrofon, který se uloží do souboru v určitém množství bitů („bit depth“). Po nahrání se většinou aplikuje kompresní algoritmus, který zmenší velikost daného audio souboru. Poté již na kvalitu audia můžeme nahlížet pomocí jednoho čísla („bitrate“), které říká, kolik bitů obsahuje jedna sekunda audia. Většinou se používá bitrate mezi $64 - 128\text{ kb}\cdot\text{s}^{-1}$ (kilobitů za sekundu), přičemž je standard používat bitrate nejméně $96\text{ kb}\cdot\text{s}^{-1}$ pro hudbu⁷.

Nyní tedy víme, jak dlouho bude deska hrát a zhruba kolik bitů se nachází v jedné sekundě audia. Můžeme tak spočítat celkový počet bitů na celou nahrávku

$$n = 3\,000\text{ s} \cdot 96\text{ kb}\cdot\text{s}^{-1} = 288\,000\text{ kb}.$$

Musíme ovšem znát, kolik bajtů tato nahrávka má, což určíme z převodního vztahu $1\text{ bajt} = 8\text{ bitů}$

$$N = \frac{288\,000}{8}\text{ kB} = 36\,000\text{ kB}.$$

Zároveň ani plocha desky nebude stejně jednoduchá jako v předchozích případech. Jedná se totiž o kruh namísto obdélníku, proto musíme použít příslušný výpočet plochy

$$S = \pi \frac{d^2}{4} = \pi \frac{(30\text{ cm})^2}{4} = 225\pi\text{ cm}^2,$$

$$\varrho_{\text{Gramofon}} = \frac{N}{S} = \frac{36\,000\text{ kB}}{225\pi\text{ cm}^2} \doteq 51\text{ kB}\cdot\text{cm}^{-2}.$$

Samozřejmě musíme stále brát v potaz, že tento výsledek je naprosto orientační vzhledem k tomu, že gramofonové desky ve skutečnosti žádné bity neuchovávají.

⁴https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_floppy_disk#Evolution

⁵<https://www.fileformat.info/media/3.5-floppy/index.htm>

⁶https://cs.wikipedia.org/wiki/Dlouhohraj%C3%ADc%C3%AD_deska

⁷<https://medium.com/MicroPyramid/understanding-audio-quality-bit-rate-sample-rate-14286953d71f>

Shrnutí

Jak vidíme, metody uchovávání dat značně pokročily a jsme schopni uložit více dat na menším prostoru. HDD a SSD disky jsou v efektivnosti velice podobné a každý typ má v dnešním světě jiné využití. A i když jsou například HDD disky relativně pomalé ve čtení dat oproti SSD, jsou schopné uložit řádově více dat než diskety, které tu nebyly zase tak dávno a velká většina lidí je má stále v živé paměti.

Zároveň jsme si ukázali, že některá média mohou být užitečná pro uchovávání jednoho typu dat jako právě gramofonové desky v analogovém záznamu hudby, ale už obtížnější je na ně zaznamenat fotku nebo třeba textový dokument.⁸

Adam Krška

adam@vyfuk.mff.cuni.cz

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

⁸I když i to je možné. Na palubách sond Voyagerů 1 a 2 jsou mj. nesené pozlacené měděné gramofonové desky obsahující pozdravy světových národů a vzorky hudby a zvuků z naší planety. Krom toho je na desce analogově zaznamenáno 115 fotografií s ukázkami pozemského života. Správnou metodou je možné je zobrazit na obrazovce vhodného rozlišení.