

ハードディスクとキャッシュ

樋口さぶろお

龍谷大学工学部数理情報学科

情報処理の基礎 L14(2015-01-21 Wed)

今日の目標

- ハードディスクの構造から、ハードディスクの〇〇時間を計算できる
- メモリ階層とキャッシュによる高速化を説明できる
- キャッシュがあるときの実効〇〇時間を計算できる



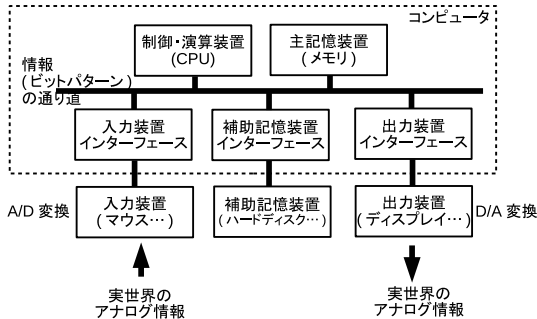
<http://hig3.net>

ここまで来たよ

- 1 ハードディスクとキャッシュ
 - ハードディスクの構造
 - キャッシュとメモリ階層

ハードディスク

役割の名前: 補助 (外部) 記憶装置 (の一例).

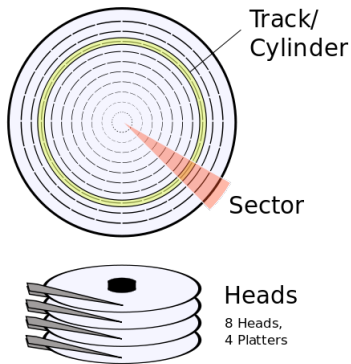
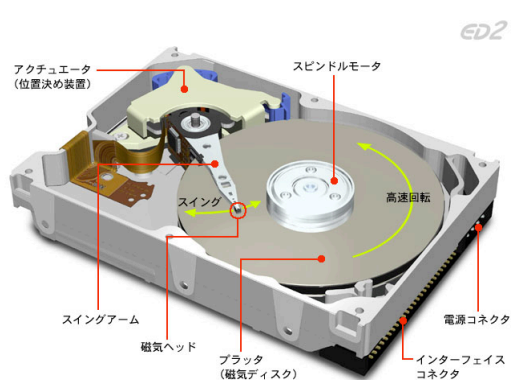


Amazon.co.jp での CPU の商品表示:

Seagate 内蔵 HDD Barracuda 7200 シリーズ 3.5inch SATA 6Gb/s 2TB
7200rpm メーカー保証 2年+1年 延長保証付き ST2000DM001/EWN
(FFP) SEAGATE

方式の正式な名前: 磁気ディスク装置.

4枚くらいの金属円板(プラッタ)が毎秒5000回くらい的高速回転. 磁気ヘッドをアームが移動させて読み書き.



Cylinder Head Sector.svg by LionKimbrow on Wikimedia

ハードディスクの読込/書出速度ってどう決まってるの?

復習 (L08)

レイテンシとスループット

レイテンシー (latency) 単位: 時間

仕事 (情報) をリクエストしてから、結果が届き始めるまでにかかる時間.

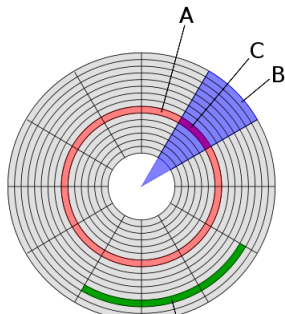
スループット (through-put) 単位: 情報量/時間 or 仕事の個数/時間
(ひとまとまりの) 仕事 (情報) をリクエストして、届き始めてから、単位時間に届く仕事 (情報) の量.

ハードディスクの〇〇時間

$$\begin{aligned}\text{平均レイテンシ} &= \text{平均シーク時間} + \text{平均して回転に要する時間} \\ &= \text{平均シーク時間} + 1 \text{ 回転に要する時間} \times \frac{1}{2}.\end{aligned}$$

$$\text{スループット} = \frac{1 \text{ トラックに記憶された情報量}}{1 \text{ 回転に要する時間}}.$$

シーク時間=スイングアームを正しい位置に持って行くのに要する時間



典型的には レイテンシ ~ 10ms,
スループット ~ 100MB/s.
これはメモリ (DRAM) に比べると,
 10^6 倍, 10^2 倍 低速.

L14-Q1

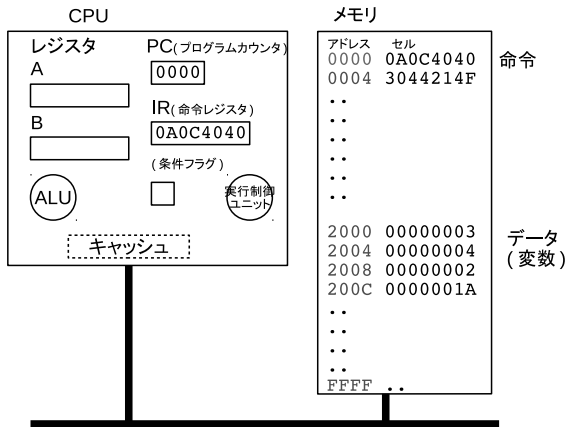
Quiz(ハードディスクの〇〇時間)

あるハードディスクの回転数が毎分 4200 回, 平均シーク時間が 5ms である. また, 1トラックには 15KB の情報が記憶されている. このハードディスクの平均レイテンシ, スループットを求めよう.

ここまで来たよ

- 1 ハードディスクとキャッシュ
 - ハードディスクの構造
 - キャッシュとメモリ階層

キャッシュ=キャッシュメモリって？



Amazon.co.jp での CPU の商品表示:

Intel CPU Celeron G1840 2.80GHz 2M キャッシュ LGA1150
 BX80646G1840 【BOX】インテル

キャッシュメモリによるデータ転送の高速化

- (CPU 内の) レジスタは小容量で高速, 演算対象になる ← 高価
- (メイン) メモリは大容量で低速, 演算対象にならない ← 安価

レジスタと(メイン)メモリの間では頻繁にデータが転送される。そのたびにレイテンシの分だけ時間をロスする。

ありうる対策1 お金を貯めて, もっとレイテンシの小さい(メイン)メモリに買い替える

ありうる対策2 レジスタは**キャッシュメモリ**との間で読み書きし, キャッシュメモリと(メイン)メモリの間はまとめて読み書きする

キャッシュメモリ

容量, 速度, 価格が, レジスタとメモリの中間のメモリ。

CPU の中, レジスタの手前に設置され, ここを通過するデータを一時的に保存することによりデータを高速化するためのもの

キャッシュの例え話

事務机と帳簿庫との間では頻繁に帳簿が転送される。そのたびに、帳簿庫を開け閉めする分だけ時間をロスする。

ありうる対策

対策1 開け閉めの速い帳簿庫に買い替える

対策2 事務机に近いところに作業台を設け、帳簿庫の棚1段分の帳簿をまとめて持ってくる

貯蔵所 = cache \neq cash = 現金

多段キャッシュ



| | 1次キャッシュ | 2次キャッシュ | メインメモリ |
|-----------|---------|---------|--------|
| ハードウェア | SRAM | SRAM | DRAM |
| 記憶できる情報量 | 小 (MB) | 中 | 大 (GB) |
| レイテンシ | 小 (速) | 中 | 大 (遅) |
| 情報量あたりの価格 | 高 | 中 | 安 |

ディスクキャッシュによる高速化

- (メイン) メモリは小容量で高速, ランダムアクセス可能 ← 高価
- ハードディスクは大容量で低速, (物理的には) シーケンシャル ← 安価

(メイン) メモリとハードディスクの間では頻繁にデータが転送される (ノイマン型コンピュータ, 仮想記憶). そのたびにハードディスクのレイテンシの分だけ時間をロスする.

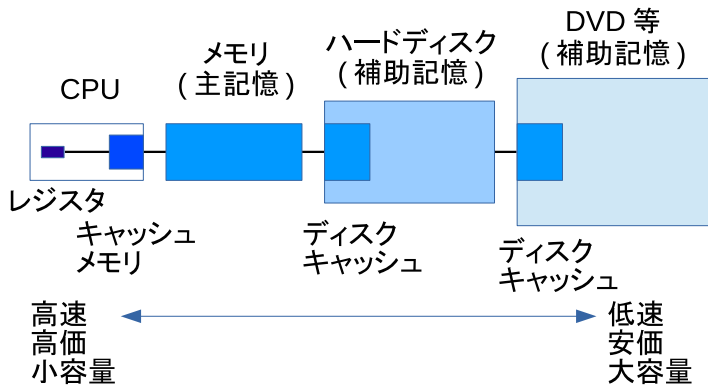
ありうる対策1 お金を貯めて, もっとレイテンシの小さいハードディスクに買い替える

ありうる対策2 メモリーはディスクキャッシュとの間で読み書きし, ディスクキャッシュとハードディスク本体との間はまとめて読み書きする

ディスクキャッシュ ハードウェアとしてはメモリ

メモリ階層

高速小容量と低速大容量のトレードオフの一般論



- よく使う情報ほど左におく
- CPU から見て, 時間のかかる部分の手前に高速なキャッシュを置く

キャッシュの効率

暗黙の仮定 (メイン) メモリ上で近いアドレスに記憶した情報は、短時間
にくり返し使う。

悩みどころ

- どのくらいのかたまりでキャッシュに置く？
- キャッシュがいっぱいになったらどれから消す？
- どうせ再利用されなそうなデータはさいしょからキャッシュしない？

ヒット or ミス

欲しいデータがキャッシュに残ってた! **ヒット**

ヒット率 = $\frac{\text{ヒットする回数}}{\text{〇〇する回数}}$ 性能の解析には**確率**が必要。

確率統計☆演習 I

キャッシュメモリありの場合のメモリの実効〇〇時間

$$\begin{aligned} \text{実効〇〇時間} &= \text{ヒット率} \times \text{キャッシュメモリの〇〇時間} \\ &+ (1 - \text{ヒット率}) \times (\text{メイン}) \text{メモリの〇〇時間} \end{aligned}$$

L14-Q2

Quiz(キャッシュメモリ)

あるコンピュータにおいて, ある量の情報をレジスタに読み込むことを考える. メモリからの読み込み時間が 60ns , キャッシュメモリからの読み込み時間が 10ns である. キャッシュメモリのヒット率が 0.3 であるとき, 実効読み込み時間を求めよう.

実効時間=時間の期待値

実効=effective

確率統計☆演習 I

連絡

- 予習問題, 非参照 Quiz は今後ありません.
- 2015-01-28 水 3 ファイナルトライアル (40 ピーナッツ)
- 配布資料は 1-503 向かいの引出, <http://hig3.net> で再配布.
- Quiz の略解は <http://hig3.net> で配布しています.
- 予習問題, 成績や略解は <http://hig3.net> → RaMMoodle から
- 非参照非相談テストの答案や成績や略解は <http://hig3.net> → RaMMoodle から
- 樋口のオフィスアワー 木 6(1-539), 金昼 (7-002/1-502).