

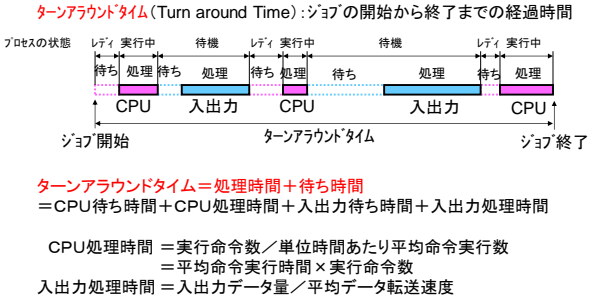
第11回 システムの性能と信頼性

性能の要素

- 考え方
 - ハードウェアの性能
 - ジョブが終わるまでの時間、時間あたりの処理件数(使う立場)
 - 負荷であるジョブの数と特性にも依存
- システムの容量(ハードウェアの性能)
 - CPUの性能^(注): クロック(GHz)、命令数/時間(MIPS)
 - 主記憶容量: メモリの大きさ(MB)
 - 入出力性能(装置毎): データ転送速度(MB/s)
 - 2次記憶容量: ディスクの大きさ(GB)

注: 実行するプログラムの特性に依存。クロックは間接的な指標。
- ジョブの性能特性(標準的なジョブ: **ベンチマークジョブ**により計測)
 - 実行命令数: ジョブ1個あたりの命令数(命令数/ジョブ)
 - 所要メモリ量: ジョブの実行に必要なメモリ量(MB/ジョブ)
 - 入出力回数(装置毎): ジョブ1個当たりの入出力回数(回/ジョブ)
 - 入出力データ量(装置毎): 入出力1回当たりのデータ量(MB/回)

ターンアラウンドタイム(経過時間)



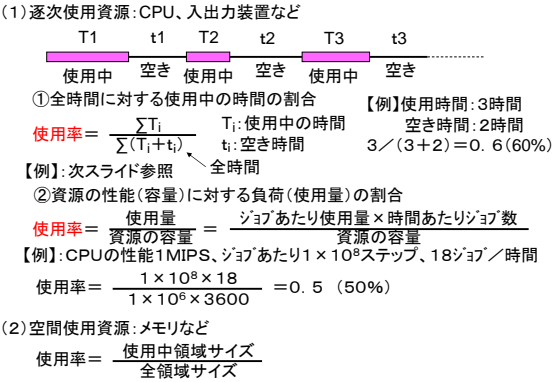
処理時間

- 一つのジョブに対して、ターンアラウンドタイム、CPU 時間、入出力時間及び処理待ち時間の四つの時間の関係を表す式として、適切なものはどれか。ここで、ほかのオーバーヘッド時間は考慮しないものとする。(基本情報 平成15年度秋期 問31)
 - 処理待ち時間 = CPU 時間 + ターンアラウンドタイム + 入出力時間
 - 処理待ち時間 = CPU 時間 - ターンアラウンドタイム + 入出力時間
 - 処理待ち時間 = ターンアラウンドタイム - CPU時間 - 入出力時間
 - 処理待ち時間 = 入出力時間 - CPU 時間 - ターンアラウンドタイム
- ターンアラウンドタイム
- = CPU待ち時間 + CPU処理時間 + 入出力待ち時間 + 入出力処理時間
- (処理待ち時間) (処理時間) (入出力時間)

性能に関する他の用語

- 応答時間(レスポンスタイム): 入力から**応答**が返るまでの時間^(注)
 - 端末によるコマンド入力から、コマンド実行の応答まで
 - データを投入してから計算結果の出力開始まで
- **オーバーヘッド**: OSの走行時間内、ユーザに対する処理以外の時間
 - マルチプログラミングにおける**プロセスの切り替え**時間
 - ラウンドロビンで量子時間を短くするとオーバーヘッドが増える
 - 仮想記憶における**ページング**(ページイン、ページアウト)の処理時間
 - プロセスに割当てる主記憶が不十分だとオーバーヘッドが増える
 - (多重度、プロセスあたりの使用量に対し、主記憶の容量が不十分の場合)
- 注:
- 【レスポンスタイム】
 - ジョブ投入(コマンド入力)の終了~(最初の)処理結果の出力開始
- 【ターンアラウンドタイム】
 - ジョブ投入(コマンド入力)の開始~(最後の)処理結果の出力完了
 - (処理が何段階かに分かていれば、それらが全て完了するまで)

資源の使用率



使用率

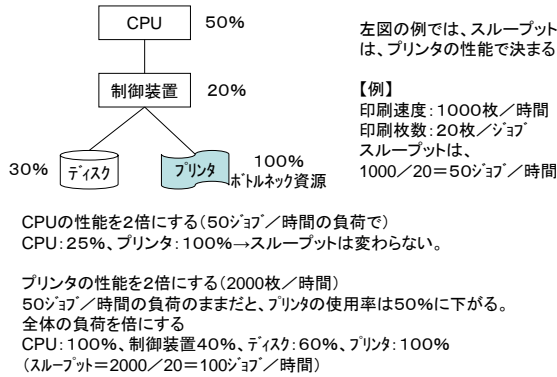
- コンピュータシステムの運転状況を集計したところ、各月の CPU の使用率と遊休時間の合計は表のとおりであった。この3か月間における CPU の平均使用率は何%か。(基本情報 平成16年度春期 問37)

月	使用率 (%)	遊休時間の合計 (時間)
4	60	120
5	80	20
6	20	80
- 遊休時間からその月の全時間を求める。
- 4月...120h=40% 全時間=120/0.4=300h。使用時間は180h
- 5月... 20h=20% 全時間=20/0.2=100h。使用時間は 80h
- 6月... 80h=80% 全時間=80/0.8=100h。使用時間は 20h
- 使用率=(180+80+20)/(300+100+100)=280/500=0.56 56%

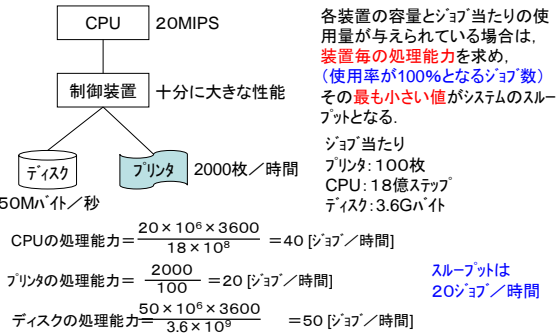
スループット(Throughput)

- スループット**:単位時間当たりの処理件数[件/時間] (ジョブ、トランザクション等)
 - 一般に、資源の利用効率が高いほど向上する
 - スループットを計算する場合、前提とするジョブ群の定義が必要
- ボトルネック資源**:あるジョブ群を実行したとき、使用率が100%になる資源
 - (ボトルネック資源の容量とその資源の平均使用量でスループットが決まる)
 - システム内に多数のジョブがあり、処理が定常状態の場合、
$$\text{スループット} = \frac{\text{ボトルネック資源の容量}}{\text{ボトルネック資源の平均使用量 (ジョブあたり)}}$$
- ボトルネック資源以外の資源の利用率は
$$\text{利用率} = \frac{\text{資源の平均使用量 (ジョブあたり)} \times \text{スループット}}{\text{資源の容量}}$$
- カードリタなどからのジョブの入力、プリンタへの出力がボトルネックになり易い
- スプーリング**:これらを磁気ディスクを経由して行うことにより、ジョブの実行と並行し、見かけ上の性能を上げる(スループットの向上に効果が大きい)

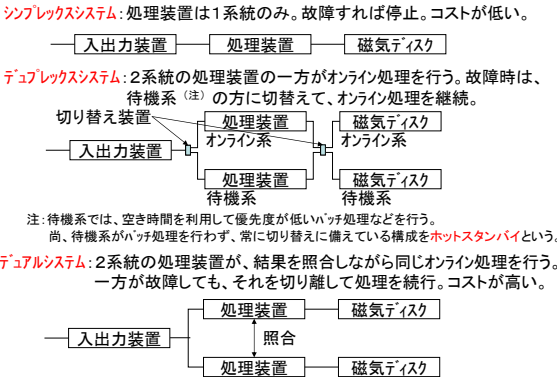
ボトルネック資源 (使用率とスループット)



処理能力とスループット



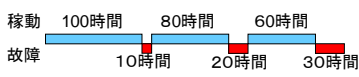
信頼性に関するシステムの構成



信頼性の評価指標(RASIS)

- 信頼性 (Reliability)
 - 故障の発生を最小限とする。**平均故障間隔(MTBF)**を長くする。
 - 定期保守などの運用体制。命令再試行・エラー自動訂正などの機能。
- 可用性 (Availability)
 - できるだけ長時間使用可能とする。**稼働率**を向上させる。
 - 信頼性と保守性が向上すれば稼働率も向上する。
- 保守性 (Serviceability)
 - 保守をできるだけ容易にする。**平均修理時間(MTTR)**を短くする。
 - 自動故障診断、診断用の装置・プログラム。遠隔保守などの技術。
- 完全性 (Integrity)
 - アクセス制限などのデータの保全。システムダウンからの回復の容易性。
- 機密性 (Security)
 - 権限の無いアクセス(攻撃)などに対する機密保護の完璧さ。
 - 認証、データの暗号化、設置場所への立ち入り制限。

稼働率



MTBF (Mean Time Between Failures: 平均故障間隔)

$$MTBF = \frac{\text{稼働時間}}{\text{故障回数}} = \frac{100+80+60}{3} = 80[\text{時間}]$$

MTTR (Mean Time To Repair: 平均修理間隔)

$$MTTR = \frac{\text{故障時間}}{\text{故障回数}} = \frac{10+20+30}{3} = 20[\text{時間}]$$

稼働率: 全体の時間中の稼働時間の割合。MTBF、MTTRからも計算可。

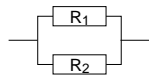
$$\text{稼働率} = \frac{\text{稼働時間}}{\text{稼働時間} + \text{故障時間}} = \frac{100+80+60}{100+80+60+10+20+30} = 0.8$$
$$\text{稼働率} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{80}{80+20} = 0.8$$

MTBFを長く(大きく)、MTTRを短く(小さく)すると稼働率が大きくなる

システムの稼働率

稼働率がR1、R2の装置2台を接続した場合のシステムの稼働率R

(1) 並列構成: 一方が稼働していれば(他方が故障しても)、システムとして稼働している




システムが動かない確率
＝一方が動かない確率 × 他方も動かない確率
＝ $(1-R_1)(1-R_2)$

システムが動く確率＝1－システムが動かない確率
 $R = 1 - (1-R_1)(1-R_2)$

n個並列させた場合 $R = 1 - (1-R_1)(1-R_2) \cdots (1-R_n)$
台数を増やすと稼働率も向上する

(2) 直列構成: 両方とも稼働してるときのみ、システムとして稼働している



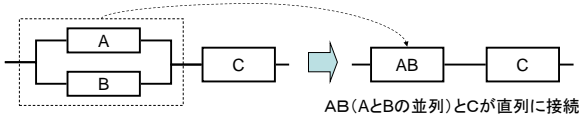
$R = R_1 \cdot R_2$

システムが動く確率
＝一方が動く確率 × 他方が動く確率

n個直列させた場合 $R = R_1 \cdot R_2 \cdots R_n$

システム構成(稼働率)

- 3 台のコンピュータ A、B、C が左下図のように接続されている場合、システム全体の稼働率は幾らか。ここで、A、B、C の稼働率は、すべて 0.7 とする。また、コンピュータ A、B によって構成されている並列接続部分については、A、B のいずれか 1 台でも稼働していれば、当該並列接続部分は稼働しているものとする。(基本情報 平成16年度秋期改 問39)



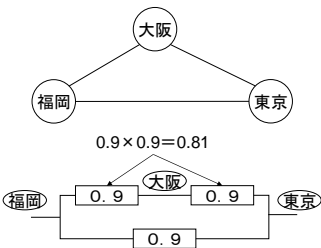
AB(AとBの並列)とCが直列に接続

全体の稼働率＝ABの稼働率 × Cの稼働率＝ $0.91 \times 0.7 = 0.637$

$1 - (1 - 0.7)(1 - 0.7) = 1 - 0.09 = 0.91$ 0.7

稼働率

- 東京～福岡を結ぶネットワークがある。このシステムの信頼性を向上するために、東京～大阪～福岡を結ぶ回線を追加した。新しいネットワークの東京～福岡間の稼働率はいくらか。ここで、各回線の稼働率は0.9とする。



$0.9 \times 0.9 = 0.81$

$R = 1 - (1 - 0.9)(1 - 0.81) = 0.981$

CPUの性能・命令実行時間

- MIPS** (Million Instructions Per Second)
 - CPUが1秒間に実行できる命令数を百万(10⁶)単位で示したもの
 - ハードウェアの性能を示す指標
- 命令ミックス**
 - コンピュータの性能を測定するために使用する命令の組み合わせ
 - 平均的に使用される命令の組み合わせからなるプログラムを実行し、その結果から単位時間あたりの平均命令実行回数を求める^(注)
 - 【例】 命令Aの実行時間Ta、出現比率Pa
 - 命令Bの実行時間Tb、出現比率Pb
 - 命令Cの実行時間Tc、出現比率Pc
 - 平均命令実行時間＝ $Ta \cdot Pa + Tb \cdot Pb + Tc \cdot Pc$
 - 1秒間の平均命令実行回数＝ $1 / \text{平均命令実行時間}$
- 注: 実際には、プログラムが使用する命令の比率によって異なる

命令実行時間

- 50 MIPS の処理装置の平均命令実行時間は幾らか。(基本情報 平成16年度春期 問18、平成18年度・春期 問20)

平均命令実行時間＝ $1 / \text{1秒間の平均命令実行回数}$
 $1 / (50 \times 10^6) = 0.02 \times 10^{-6} = 20 \times 10^{-9} = 20\text{ナノ秒}$ - 表は、あるコンピュータの命令ミックスである。このコンピュータの処理性能は約何 MIPS か。(基本情報 平成15年度春期 問19)

命令種別	実行時間(マイクロ秒)	出現頻度(%)
整数演算命令	1.0	50
移動命令	5.0	30
分岐命令	5.0	20

平均命令実行時間＝ $1.0 \times 0.5 + 5.0 \times 0.3 + 5.0 \times 0.2 = 3.0\text{マイクロ秒}$
1秒間の平均命令実行回数
＝ $1 / (3 \times 10^{-6}) = 0.33 \cdots \times 10^6 = 0.33 \cdots \text{MIPS}$