CA 01

- throughput : 단위시간당 처리하는 양

- response time : 응답시간 , 결과가 나올 때까지의 걸리는 시간 (단위작업 당)

  = Elapsed time , wall clock time

  I/O, OS 오버헤드, idle 시간이 모두 포함됨.

- performance = $\dfrac{1}{\text{response time}}$

  X is n time faster than Y : $\dfrac{\text{Performance } X}{\text{Performance } Y} = \dfrac{\text{response time}_Y}{\text{response time}_X} = n$

- CPU clocking

  clock period : ‾‾|__ 한 clock cycle 에 걸리는 시간

  clock frequency (rate) : cycle per 1 sec (GHz)

  → SI 접두어 꼭 알고 가기!

- CPU time : CPU time, system CPU time 만 포함.

  $\text{CPU time} = \underbrace{\text{CPU clock cycles}}_{\text{회수}} \times \underbrace{\text{clock cycle time}}_{\text{1clock 당 시간}} = \dfrac{\text{CPU clock cycles}}{\text{Clock rate}}$

- 예제

A: 2GHz, 10s CPU time → B: 6s CPU time 목표, 사이클 수는 1.2배 계산.

$$\text{clock rate}_B = \frac{\text{Clock cycles}_B}{\text{CPU time}_B} = \frac{1.2 \times \text{clock cycles}_A}{6s}$$

$$\text{clock cycles}_A = \text{CPU time} \times \text{clock rate}_A$$
$$= 10s \times 2\,GHz = 20 \times 10^9$$

$$\therefore \text{Clock rate}_B = \frac{1.2 \times 20 \times 10^9}{6s} = \frac{24 \times 10^9}{6s} = 4\,GHz$$

- CPI : Average cycle per Instruction

$$\text{clock cycles} = \text{Instruction count} \times \text{Cycles per Instruction}$$

$$\text{CPU time} = \overbrace{\text{Instruction Count} \times \text{CPI}}^{\text{사이클 수}} \times \text{clock cycle time}$$
$$= \frac{\text{Instruction Count} \times \text{CPI}}{\text{clock rate}}$$

ISA에 따라서 Instruction을 수행하기 위한 사이클 수가 다름 → 평균을 내서 CPI 사용

- 예제

A: cycle time = 250ps CPI = 2.0
B: cycle time = 500ps CPI = 1.2

같은 ISA 일때,
어떤 것이 얼마나 빠를까?

$$\text{CPU time}_A = \text{Instruction Count} \times CPI_A \times \text{Cycle time}_A$$
$$= I \times 2.0 \times 250ps = I \times 500ps$$

$$\text{CPU time}_B = \text{Instruction Count} \times CPI_B \times \text{Cycle time}_B$$
$$= I \times 1.2 \times 500ps = I \times 600ps$$

$$\text{Speed up} = \frac{\text{CPU time}_B}{\text{CPU time}_A} = \frac{I \times 600ps}{I \times 500ps} = 1.2$$ A가 B보다 1.2배 빠르다.

- 가중평균 CPI

instruction 종류마다 걸리는 사이클 수 (CPI) 가 다름.

$$\text{전체 clock cycle 수} = \sum_{i=1}^{n} (CPI_i \times \text{instruction count}_i)$$

$$\sum_{i=1}^{n} \Big(CPI_i \times \underbrace{\frac{\text{instruction count } i}{\text{전체 instruction count}}}_{\text{상대적인 빈도수에 따라 CPI 가중}}\Big)$$

- 예제

IC as Instruction Count

IC=5 : $2\times1 + 1\times2 + 2\times3 = 10$ clock cycles

Avg. CPI $\frac{10}{5} = 2.0$

IC=6 : $4\times1 + 1\times2 + 1\times3 = 9$ clock cycles

Avg. CPI $\frac{9}{6} = 1.5$

- 예제

	CPI	Frequency	CPI × Freq	Time
ALU	1	50%	0.5	33%
Load	2	20%	0.4	27%
Store	2	10%	0.2	13%
Branch	2	20%	0.4	27%

↓ Avg. CPI = 1.5

- 예제

분기에서 판단하는 시간

branch 제외 CPI = 1.0 일 때, branch는 3 cycles 동안 stalling 된다고 하면...

따라서 branch는 1+3 cycle 사용된다.

	CPI	Frequency	CPI × Freq	Time
Others	1	70%	0.7	37%
branch	4	30%	1.2	63%

↓ Avg. CPI = 1.9

- Clock Rate

- Pitfall, Amdahl's Law

$$T_{old} = T_{affected} + T_{unaffected}$$

↓

$$T_{new} = \frac{T_{affected}}{\text{improvement factor}} + T_{unaffected}$$

- 예제

총 100초
곱하기 연산 80초   곱하기 성능을 개선해서 4배 빠르게 하고 싶다.

$$T_{new} = \frac{100}{4} = 25 = \underbrace{20}_{\text{unaffected}} + \frac{80}{\underbrace{개선}_{}}$$

이것이 5가 되어야 함. ∴ 16배 개선되어야 함.

5배 빨라지는 것이 가능한가?

$$T_{new} = \frac{100}{5} = 20 = \underbrace{20}_{\text{unaffected}} + \frac{80}{\underbrace{개선}_{}}$$ → 불가능. 5배보다 빨라질 수 없음.

0 이어야 함

- Fallacy : 적게 사용하면 파워를 적게 쓴다.

작동시키기 위한 기본적인 파워가 있어야 한다. (비례해서 줄어들지 X)

Pitfall : MIPS as a performance metric

$$\text{Millions of Instructions Per Second} = \frac{\text{instruction count}}{\text{execution time} \times 10^6}$$

$$= \frac{\text{Clock rate}}{\text{CPI} \times 10^6}$$

- 예제

4GHz

	class A	class B	class C
CPI	1	2	3
①	5b	1b	1b
②	10b	1b	1b

① $(5\times10^9\times1 + 1\times10^9\times2 + 1\times10^9\times3) / 4\times10^9 = \frac{5+2+3}{4} = 2.5$초

① $CPI = \frac{2.5\times4\times10^9}{(5+1+1)\times10^9} = \frac{10}{7}$

① $MIPS = \frac{7\times10^9}{2.5\times10^6} = 2800$

② $(10\times10^9\times1 + 1\times10^9\times2 + 1\times10^9\times3) / 4\times10^9 = \frac{10+2+3}{4} = 3.75$초

② $CPI = \frac{3.75\times4\times10^9}{(10+1+1)\times10^9} = \frac{15}{12}$

② $MIPS = \frac{12\times10^9}{3.75\times10^6} = 3200$

실행시간 → ① 빠름 ☆

MIPS → ② 빠름

CPI → ② 빠름

MIPS나 CPI로 빠르다라고 말할 수 없음.