



1. Little-törvény

A feladat a Little-törvény segítségével oldható meg:

$$N_0 = X_0 \cdot R_0 = 20 \text{ kliens/óra} \cdot (15/60) \text{ óra} = 5 \text{ kliens}$$

2. Kihasználtságszámítás

- a. Az erőforrás kihasználtsága $U = X \cdot S$, ahol X az átlagos átbecsajtás és S az átlagos kiszolgálási idő. Tehát $U = 0,25$, 25%-os a kihasználtság.
- b. Ekkor a kihasználtság $U = 1$. Ekkor $X_{\max} = U/S = 200$ kérés/s
 Vagyis a szabály „libasor üzem módú” részrendszerekre: átbecsajtóképesség = 1 krumpli/átlagos benntartózkodási idő. $1/0,005 \text{ s} = 200$ kérés/s. (Ha nem libasor üzem módú lenne, hanem egyszerre K krumpli átlapolódhatna, akkor nyilván K krumpli szerepel a Little-törvény megfelelő lábán.)

3. Ciklust tartalmazó folyamat

- a. Egy szócikk lekérésének kiszolgálása átlagosan 60 ms, egy felhasználó pedig átlagosan $1/0,3$ szócikket tekint meg (geometriai eloszlás várható értéke¹), tehát $S = 60 \text{ ms/szócikk} \cdot 1/0,3 \text{ szócikk/felhasználó} = 200 \text{ ms/felhasználó}$
- b. Maximális eset, amikor a kihasználtság 100%, azaz $U = 1$.
 Ekkor $U = X \cdot S \rightarrow X = U/S = 1/0,2 = 5$ kérés/s.
 Óránként $3600 \text{ s} \cdot 5 \text{ kérés/s} = 18000$ kérés

4. Terheléelosztás

a. Az egyes szerverekre:

- **WS:**

$$U = X \cdot S;$$

$$S = B/C \text{ (foglaltsági idő/teljesített kérések)} = 1350 \text{ s}/9000 \text{ kérés} = 0,15 \text{ s/kérés,}$$

$$U = B/T = 1350/1800 = 0,75;$$

$$X = U/S = 0,75/(0,15 \text{ s/kérés}) = 5 \text{ kérés/s}$$

- **DB1:**

$$U = X \cdot S;$$

$$S = B/C \text{ (foglaltsági idő/teljesített kérések)} = 810 \text{ s}/3000 \text{ kérés} = 0,27 \text{ s/kérés,}$$

$$U = B/T = 810/1800 = 0,45;$$

$$X = U/S = 0,45/(0,27 \text{ s/kérés}) = 1,666 \text{ kérés/s}$$

- **DB2:**

$$U = X \cdot S;$$

$$S = B/C \text{ (foglaltsági idő/teljesített kérések)} = 1320 \text{ s}/6000 \text{ kérés} = 0,22 \text{ s/kérés,}$$

$$U = B/T = 1320/1800 = 0,733;$$

$$X = U/S = 0,733/(0,22 \text{ s/kérés}) = 3,333 \text{ kérés/s}$$

¹http://hu.wikipedia.org/wiki/Geometriai_eloszl%C3%A1s#A_v.C3.A1rhat.C3.B3_.C3.A9rt.C3.A9k_jevezet.C3.A9se



b. Rendszer maximális áteresztőképessége: $\min(X_{WS}, X_{DB1} + X_{DB2})$

- **WS:**

$$U = X_{WS} \cdot S_{WS};$$

$$X_{WS} = U_{WS}/S_{WS} = 1/(0,15 \text{ s/kérés}) = 6,666 \text{ kérés/s},$$

- **DB1:** $U = X \cdot S; X = U/S = 1/(0,27 \text{ s/kérés}) = 3,703 \text{ kérés/s}$

- **DB2:** $U = X \cdot S; X = U/S = 1/(0,22 \text{ s/kérés}) = 4,545 \text{ kérés/s}$

$$X_{DB} = X_{DB1} + X_{DB2} = 8,2491.$$

A rendszer maximális áteresztőképessége tehát $X_{SYSTEM} = 6,666 \text{ kérés/s}$

c. $S_{WS} = 0,15 \text{ s/kérés}$, $S_{DB1} = 0,27 \text{ s/kérés}$, $S_{DB2} = 0,22 \text{ s/kérés}$

d. Azért, mert mind a DB szerver, mind a WS egy-egy kis rendszer önmagában is, és belül a disk I/O, ill. a CPU bizonyul szűk keresztmetszetnek jelen esetben. Más rendszerben, más feladatot végrehajtva lehet, hogy az egyik erőforrás hálózati linkje, míg a másik erőforrás RAM sávszélessége fog szerepelni.

e. Több egyszerűsítéssel is éltünk, pl. lineáris skálázódást feltételeztünk és nem vettük figyelembe a valódi rendszerben előforduló összes erőforrást.

5. Forced flow törvény

Kis segítség: a rendszer és a komponensek átbocsátóképessége közötti viszonyt írja le:

$$X_k = C_k/T = C_k/C_0 \cdot C_0/T = V_k \cdot X_0$$

$$V_k = C_k/C_0$$

A visit ratio (használati arány), azt mondja meg, hogy a rendszer szintű átbocsátás hogy aránylik a komponens átbocsátásához.

Tehát: $T = 15 \text{ perc}$; foglaltsági idő, busy time: $B_{CPU} = 12 \text{ perc}$; Visit Ratio: $V_{CPU} = 2 \text{ CPU használat/tranzakció}$; $S_{CPU} = 1 \text{ ms/CPU használat}$

A processzor kihasználtsága: $U_{CPU} = B_{CPU}/T = 0,8$

Forced Flow törvény: $X_{CPU} = V_{CPU}X_0$

Mi a rendszer átbocsátását keressük, tehát átrendezve $X_0 = X_{CPU}/V_{CPU}$, majd pedig a kihasználtság törvényét felhasználva

$$X_0 = X_{CPU}/V_{CPU} = (U_{CPU}/S_{CPU})/V_{CPU} = 0,8 / \frac{0,001 \text{ s/CPU használat}}{2 \text{ (CPU használat/tranzakció)}} = 400 \text{ tranzakció/s}$$

A rendszer áteresztőképessége: 500 tranzakció/s, hiszen 1 tranzakció 2 ms-ig foglalja a CPU-t.

6. Szolgáltatásigény törvénye (service demand)

$$T = 10 \cdot 60 \text{ s} = 600 \text{ s}$$

$$X_0 = 30\,000/600 = 50 \text{ kérés/s}$$

$$U_{\text{CPU}} = 0,9$$

A szolgáltatásigény törvényt használva: $D_{\text{CPU}} = U_{\text{CPU}}/X_0 = 0,018 \text{ s/kérés}$

7. Összetett teljesítménymodell

a. Little törvényéből az átbocsátóképesség:

- $N = X \cdot R \rightarrow X = N/R$;
- $N = (200 \text{ m})/(30 \text{ m/autó}) = 20/3 \text{ (autó)}$;
- $R = (200 \text{ m})/(60 \text{ km/h}) = (0,2 \text{ km})/(60 \text{ km/óra}) = 0,2/60 \text{ óra}$; tehát
- $X = (20/3)/(0,2/60) = 2000 \text{ autó/óra}$.

b. Little törvényéből az átbocsátóképesség:

- $N = X \cdot R$; $X = 800 \text{ autó/óra}$;
- $R = 15 \text{ perc} = 0,25 \text{ óra}$; ekkor $N = 200$, tehát egyszerre 200 autó utazik. Mivel 4 hajó van, ezért egy hajóra 50 autó fér fel.

c. Az együttes átbocsátóképesség a két átbocsátóképesség összege. A hídon egy irányba óránként 2000 autó haladhat át, tehát 2000 autó/óra a híd átbocsátóképessége. A kompok óránként 800 autót visznek át, tehát az átbocsátóképesség 2800 autó/óra egy irányba.

d. A terelőút átbocsátóképessége $X = \min(X_{\text{hid}}, X_{\text{komp}}) = 800 \text{ autó/óra}$

e. Átbocsátás $X = C/T = 900/1,5 = 600 \text{ autó/óra}$. Kihasznátltság: $\text{aktuális}/\text{max} \rightarrow U = \frac{600 \text{ autó/óra}}{800 \text{ autó/óra}} = 0,75 = 75\%$.

f. Komphoz sorbanállásra Little-törvény: $0,5 \text{ perc sorbanállás} \cdot 600 \text{ autó/óra} = 5 \text{ sorbanálló autó}$

8. Szálkészlet

Little törvényét használva $N = X \cdot R = 50 \text{ felhasználó/s} \cdot 0,120 \text{ s/felhasználó} = 6$, tehát átlagosan 6 kérés van a rendszerben, tehát 6 szálát kell indítanunk, hogy ne fogjuk vissza a teljesítményt. (Burst esetén nyilván több szálra van szükség.)

9. Infrastruktúra méretezése

a. Használjuk Little törvényét! $N = X \cdot R$, ahol $N = 1500 \text{ felhasználó}$, $R = 3 \text{ s}$ (4 s teljes válaszidő – 1 s általános késleltetés), $X = N/R = 1500 \text{ kérés/3 s} = 500 \text{ kérés/s}$

b. Az átbocsátóképességek:

- **WS:** Egy szerver átbocsátóképessége: $U = X \cdot S$; $X = U/S = 1/0,02 = 50 \text{ kérés/s}$ (libasorszábillal), tehát összesen 10 webserverre van szükség, hogy másodpercenként 500 kérést kiszolgáljunk. Mivel 15 van, ez elég.



- **DB:** Egy adatbázis átbecsátóképesége: $U = X \cdot S; X = U/S = 1/0,0125 = 80$, tehát összesen $500/80 = 6,25$, azaz legalább 7 adatbázisra van szükség, hogy kiszolgáljunk másodpercenként 500 kérést. Azaz még 2 darab adatbázist kell vennünk az 5 mellé.

c. A kihasználtságok:

- **WS:** $U_{WS}(= X \cdot S) = 10$ webservert (már kiszámoltuk). $10/15 = 0,666 = 66,6\%$
- **DB:** $U_{DB}(= X \cdot S) = 6,25 \text{ db}/(7 \text{ db}) = 0,892 = 89,2\%$ (itt a „db” az adatbázis szerverek száma).

Meddig kellene bővíteni a rendszert?

- **WS:** $W = 10/0,5 = 20$ (már kiszámoltuk). Tehát összesen 20 webserverre van szükségünk.
- **DB:** $DB = 6,25/0,5 = 12,5$. Tehát összesen 13 adatbázisra van szükség.