

## Evaluarea performanțelor suportului de transmisie dintr-o rețea de calculatoare

Lect.dr.ing. Floarea NĂSTASE,  
Catedra de Informatică Economică, A. S. E., București

*Performanțele unei rețele de calculatoare sunt factorii cheie care se iau în considerare la proiectarea, dezvoltarea sau configurarea acesteia. Astfel, proiectarea și dezvoltarea unei rețele de calculatoare sunt precedate de o fază prin care sunt definite performanțele minime acceptabile de către un potențial utilizator. Obiectivele de performanță solicitate pot fi modificate de proiectantul sistemului, alegând o linie de compromis între performanță și cost. Evaluarea performanțelor are ca scop și identificarea criteriilor pentru optimizare.*

**Cuvinte cheie:** evaluare, mediu de transmisie, performanță.

### Etapele evaluării performanțelor

Evaluarea performanțelor sistemelor informatice se realizează prin utilizarea tehnicilor de modelare. Procesul de evaluare se poate descompune în mai multe etape (fig. 1). În prima etapă, sistemul de studiat este înlocuit printr-un model. Astfel, o rețea de calculatoare poate fi reprezentată printr-un ansamblu de resurse fizice sau logice care vor fi solicitate de procese. Resursele unui sistem fiind în număr limitat, procesele vor intra în concurență pentru accesul la acestea. În cele mai multe cazuri se folosește modelarea printr-o rețea de fire de așteptare. În etapa a doua, se aplică o metodă de rezolvare sau de simulare asupra

modelului obținut anterior. Obiectivul este de a estima performanțele sistemului, evaluând mărimile caracteristice (rată de utilizare a resurselor, lungimea firelor de așteptare pentru fiecare resursă etc.) ale rețelelor firelor de așteptare obținute. Anumite comportamente care se întâlnesc frecvent în rețelele de calculatoare, cum ar fi mecanismul de sincronizare, sunt dificil de modelat prin fire de așteptare. În această situație se recomandă modelul rețelelor Petri.

O ultimă fază a procesului de evaluare o constituie analiza rezultatelor. În funcție de valorile obținute se poate continua cu optimizarea sau validarea modelului.

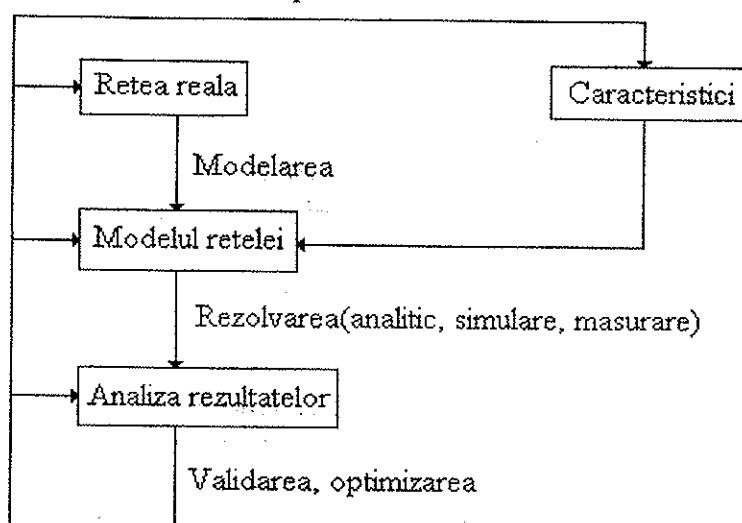


Fig.1 Etapele evaluării performanțelor

## Factorii de performanță

Performanțele unei rețele de calculatoare sunt dependente de performanțele calculatoarelor interconectate, de protocolul de acces la mediu și de subsistemul de comunicație.

Suportul de transmisie este elementul de bază al oricărui subsistem de comunicație și de aceea, factorii de performanță ai lui influențează performanțele globale ale sistemului.

Orice suport de transmisie se poate caracteriza cu ajutorul celor patru criterii de performanță: **timpul de transmisie, debitul, integritatea și disponibilitatea.**

În cazul unei legături simple, **timpul de transmisie** este, în general, constant și egal cu timpul de propagare a semnalului.

**Timpul de propagare pe magistrală**  $T_p$ , este definit ca fiind suma a patru timpi:  $t_1$ , timpul de propagare pe suportul de transmisie, fiind egal cu raportul dintre lungimea cablului și viteza de propagare a semnalului;  $t_2$ , timpul consumat în circuitele de emisie și recepție;  $t_3$ , timpul de propagare pe cablul de racordare însumat cu cel de traversare a elementelor de conexiune;  $t_4$ , timpul de traversare a eventualelor repetoare active, localizate pe cablu pentru reamplificarea semnalului (în cazul bandei de bază) sau la schimbarea suportului (coaxial ↔ optic, torsadat ↔ coaxial). Deci:

$$T_p = t_1 + 2(t_2 + t_3) + i \cdot t_4$$

unde  $i$  reprezintă numărul repetoarelor.

**Timpul de propagare în inel** depinde de lungimea cablului și de timpul de traversare a fiecărei stații. Fiecare dintre ele are rolul unui repetoar. Timpul de propagare  $t_1$  se deduce ținând seama de viteza de propagare în interiorul acestuia (cca. 200000 km/s în suporturile metalice). Timpul de propagare, ce reprezintă intervalul determinat între emisia unui bit de către o

stație și recepția sa de către aceeași stație, este în cazul unui inel cu  $N$  stații:

$$T_p = N t_4 + t_1$$

Timpul de propagare în topologiile inel este proporțional cu timpul de traversare a stațiilor.

**Debitul** printr-un suport de transmisie reprezintă numărul cifrelor binare care pot fi transferate în unitatea de timp. Debitul binar maxim (sau capacitatea) este dat prin formula lui Shannon:

$$C = W \log_2(1 + S/B) \quad [\text{biți/s}]$$

unde:  $W$ , este banda de frecvență;  $S$ , puterea medie a semnalului;  $B$ , puterea medie a zgomotului;

**Integritatea** transmisiei este un indicator al preciziei procesului de transmisie. Distribuția erorilor la nivel de bit permite caracterizarea completă a procesului de transmisie. Dacă biții eronați sunt distribuiți la întâmplare, probabilitatea de a avea un bit eronat va fi un parametru foarte util, care permite caracterizarea suportului de transmisie într-o manieră probabilistică.

**Rata de eroare la nivel de bit (REB)** este definită ca fiind:

$REB = \text{Numărul biților recepționați eronați} / \text{Numărul total de biți recepționați}$ .

Pentru utilizatorii care transmit informația caracter după caracter, rata caracterelor eronate este mult mai importantă decât rata biților eronați asociată suportului de transmisie. O transmisie sincronă între două sisteme informatice prin intermediul unui suport se realizează, în general, în format bloc. Un bloc este eronat, dacă cel puțin unul din biții ce-l compun a fost transmis eronat. Rata blocurilor eronate va fi totdeauna mai mare decât rata biților eronați sau a caracterelor. Valoarea sa depinde de suportul de transmisie și de mărimea blocului.

Eficacitatea unei transmisii depinde atât de structura erorilor cât și de REB. Pentru caracterizarea transmisiilor de semnale numerice se utilizează destul de mult criteriul REB, deși s-au

introdus recent și alți parametrii, cum ar fi *intervalul mediu fără eroare*, **MEFI** (Mean Error - Free Interval). Intervalul fără eroare, EFI (Error - Free Interval) este definit ca fiind numărul de blocuri consecutive fără eroare între două blocuri eronate. Este interesant de calculat (în blocuri) intervalul mediu

$$MEFI|_i = \frac{\sum_{K=1}^{B-i} K * N(K)}{\sum_{K=1}^{B-i} N(K)} = \frac{\sum_{K=1}^{B-i} K * C_{B-K-1}^{i-1}}{\sum_{K=1}^{B-i} C_{B-K-1}^{i-1}}$$

După efectuarea calculelor se va obține:

$$MEFI|_i = \frac{B}{i+1}; \quad i = 0, 1, 2, \dots, B-1$$

$$MEFI|_{i=B} = 0$$

Expresia obținută se aplică oricărui tip de canal supus perturbațiilor. Pentru canalele supuse perturbațiilor aleatoare, probabilitatea ca un bloc să

$$MEFI = \sum_{i=0}^B [MEFI|_i] \cdot P|_i = \frac{B}{(B+1)P} [1 - P^{B+1} - (1-P)^{B+1}]$$

Această relație este valabilă și pentru canalele în care blocurile eronate sunt statistic independente.

Deseori se utilizează parametrul de performanță denumit *secunde fără eroare EFS* (Error - Free Seconds):

EFS = Numărul total de secunde fără eroare / Timpul total de transmisie în secunde. Utilizarea parametrului EFS, pentru a caracteriza performanța suportului de transmisie, are marele avantaj al simplității interpretării.

**Disponibilitatea** unui suport de transmisie este probabilitatea de a fi operațional. Formula prin care se exprimă disponibilitatea este:

$$DIS = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

în care MTBF este media timpului de bună funcționare iar MTTR este media timpului total de reparație. Pentru a diminua MTTR se poate lua în considerare posibilitatea închirierii altei linii.

fără eroare, MEFI. Dacă se presupune că, din cele B blocuri, *i* sunt eronate ( $i = 0, 1, 2, \dots, B$ ), se poate determina că EFI, de lungime K blocuri, este dat prin:

$N(K) = (i+1)C_{B-K-1}^{i-1}$ ,  $K=1, 2, \dots, B-i$  iar MEFI se poate calcula prin relația:

fie eronat, adică să aibă cel puțin un bit fals, este:  $P = 1 - (1-p)^L$ , în care *p* este REB iar *L* numărul de cifre binare ale unui bloc. Probabilitatea de a avea *i* blocuri cu eroare este dată prin distribuția binomială:

$$P|_i = C_B^i P^i (1-P)^{B-i}$$

În aceste condiții se poate calcula MEFI ca fiind:

### Implicațiile codificării redundant ciclice asupra debitului și timpului de transmisie

Vom considera:

- numărul biților dintr-un bloc de date;
- viteza de transmisie prin canal, în biți/s;
- numărul de cifre binare adăugate prin codificarea redundant ciclică;
- rata de eroare la nivel de bit a suportului de transmisie;
- întârzierea introdusă de suportul de transmisie, indiferent de sens.

Se presupune că timpul necesar detectării erorilor este neglijabil. În plus, timpul de transmisie a unei achitări negative este tot neglijabil și retransmisia va începe imediat după recepționarea achitării negative. Nu există siguranța că un bloc retransmis, ca urmare a detectării unei erori, va fi

recepționat corect, așadar pot fi solicitate mai multe retransmisii.

Probabilitatea  $P$  ca un bit al blocului de informație codificat redundat ciclic să fie recepționat fals este:  $P=1-(1-p)^{n+r}$ , unde  $P$  reprezintă și probabilitatea de a avea o retransmisie a blocului. Făcând apel la parametri definiți anterior se pot calcula, pentru o recepție corectă după  $m$  ( $m = 0, 1, 2, \dots$ ) retransmisii:

- Probabilitatea de a avea o nouă retransmisie =  $P^m (1 - P)$
  - Numărul total de biți transmiși =  $(m + 1)(n + r)$
  - Timpul total de transmisie =  $(m + 1)(n + r) / s + (2m + 1)d$
- Debitul =  $n / (m + 1)(n + r)$

$$\text{Debitul relativ} = \sum_{m=0}^{\infty} P^m (1 - P) \frac{n}{(m + 1)(n + r)} = \frac{n(1 - P)}{(n + r)P} \ln \frac{1}{1 - P}$$

Atunci când valoarea timpului de transfer este mică iar protocolul de transmisie cere achitarea fiecărui cadru de informație, canalul de transmisie este neutilizat în timpul în care se așteaptă achitarea cadrului precedent. Aceste momente de neutilizare ale canalului determină reducerea debitului global. Din acest considerent, majoritatea protocoalelor recente permit transmisia unui ansamblu de cadre consecutive, numit fereastră. Valoarea minimă a ferestrei care permite o transmisie continuă este dependentă de timpul de propagare, viteza liniei de transmisie și mărimea cadrului.

## Concluzii

Mediul de transmisie poate fi considerabil ameliorat cu prețul creșterii timpului de transmisie și a diminuării

Timpul mediu pentru transferul unui bloc este egal cu suma timpilor ponderați cu probabilitățile. În urma efectuării calculelor se obține:

$$\text{Timpul mediu} = \frac{n + r + sd (1 + P)}{s(1 - P)}$$

În absența procedurii de corecție, timpul total pentru transmiterea unui bloc este:

$$\text{Timp} = n / s + d$$

Timpul relativ se obține prin raportul dintre timpul mediu și timpul total pentru transmiterea unui bloc fără codificare ciclică, adică:

$$\text{Timpul relativ} = \frac{n + r + sd (1 + P)}{(n + sd)(1 - P)}$$

În același mod se poate calcula debitul relativ:

debitului. Trebuie notat că orice dispozitiv de protecție contra erorilor necesită circuite electronice suplimentare cu implicații asupra costurilor și asupra fiabilității generale a sistemului.

## Bibliografie

BOISSEANU, M., ș.a. *Réseaux haut débit*, Eyrolles, Paris, 1992

CLAUDÉ, J. *Gestion des réseaux informatiques*, Eyrolles, Paris, 1993

JAIN, R. *The art of computer systems performance*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1991

STEPHEN, L., SAUER, C. *Computer performance modeling handbook*, Academic press, Inc., London, 1983

VERMA, P. *Modeles de performances des réseaux*, InterEditions, Paris, 1992