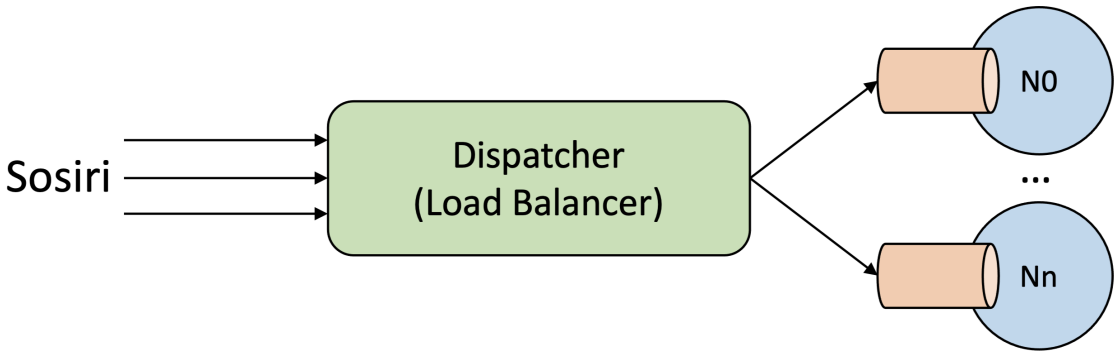
Cerință

Scopul acestei teme este implementarea unui sistem de planificare a task-urilor într-un datacenter, folosind Java Threads.

Sistemul de planificare a task-urilor

În cadrul acestei teme, se va simula arhitectura din imaginea de mai jos. Așa cum se poate observa, sistemul este compus din două elemente principale. Dispatcher-ul (sau load balancer-ul, cu verde în imagine) are rolul de a prelua task-uri care sosesc în sistem (de exemplu, de la clienți ai datacenter-ului) și de a le trimite către nodurile din datacenter pe baza unor politici prestabilite. Nodurile (marcate cu albastru în imagine, și al căror număr poate varia) au rolul de a executa task-urile pe care le primesc în funcție de priorități, de a le preempta pe cele care rulează pentru task-uri mai importante, etc. Fiecare nod din sistem are și câte o coadă în care stochează task-urile care vor fi rulate mai târziu. Scopul principal al acestei teme este implementarea logicii de la dispatcher și de la nodurile de calcul.



Politici de planificare

Dispatcher-ul pe care trebuie să îl implementați pentru această temă poate să funcționeze cu una din patru politici de planificare: Round Robin, Shortest Queue, Size Interval Task Assignment, Least Work Left.

Round Robin (RR)

În această politică de planificare, task-urile sunt alocate, pe măsură ce vin, nodului $(i + 1)\%n$, unde i este ID-ului ultimului nod la care s-a alocat un task, iar n este numărul total de noduri. Se începe întotdeauna cu ID-ul 0.

Shortest Queue (SQ)

La Shortest Queue, dispatcher-ul alocă un task acelui nod care are coada de task-uri în așteptare și execuție de dimensiune minimă. Pentru a calcula coada minimă, se ține cont inclusiv de task-urile deja aflate în rulare la un nod. Astfel, dacă avem două noduri, unul cu un task în execuție și niciunul în coada de așteptare, și altul cu niciun task în execuție sau în așteptare, dispatcher-ul va trimite un task nou la al doilea nod. Dacă sunt mai multe noduri cu aceeași dimensiune a cozii, se va trimite un task către nodul cu ID-ul mai mic.

Size Interval Task Assignment (SITA)

În cadrul acestei politici de planificare, există un număr fix de trei noduri, iar task-urile sunt grupate în trei categorii: scurte, medii, lungi. Fiecare din cele trei noduri este specific unui tip de task (în ordine, de la mic la mare), așa că task-urile sunt asignate pe nodul corespunzător pe măsură ce sosesc în sistem. De exemplu, dacă sosește în sistem un task scurt, el va fi alocat nodului 0.

Least Work Left (LWL)

Politica Least Work Left este similară cu SQ, cu diferența că nu se mai ține cont de dimensiunea cozilor de la fiecare nod, ci de durata totală de calcule rămase de executat. Cantitatea de calcule se referă la timpul rămas de procesat la fiecare nod, care se poate aproxima la granularitate de secunde (cu alte cuvinte, dacă o coadă mai are de lucrat 2.9 secunde și alta 2.95, se consideră că cele două cozi sunt egale și se alege nodul cu ID-ul mai mic).

Prioritatea task-urilor

Prioritatea unui task reprezintă importanța acestuia în procesul de planificare. Astfel, dacă un nod are un task în coada de așteptare și primește de la dispatcher un alt task cu o prioritate mai mare, cel ce-al doilea task va fi planificat înainte de cel cu prioritate mai mică. Dacă două task-uri au priorități egale, vor fi planificate în ordinea sosirii la nod.

Preemptarea task-urilor

În anumite situații, un task aflat în execuție poate fi întrerupt pentru a se rula un alt task cu o prioritate mai mare. Acest lucru se numește preemptare, și se poate realiza doar dacă task-ul aflat în rulare este preemptibil. Astfel, dacă un nod rulează un task preemptibil și dispatcher-ul îi asignează un alt task cu o prioritate mai mare, primul task va fi preemptat și al doilea va începe să fie executat.

Proprietățile task-urilor

În sistemul propus în această temă, un task este caracterizat de următoarele proprietăți:

- **ID-ul** → întreg unic, de la 0 la $n - 1$, unde n este numărul total de task-uri
- **timpul de start** → momentul de timp la care task-ul intră în sistem
- **durata** → cantitatea de timp necesară execuției acestui task pe oricare nod de calcul
- **tipul** → un task poate fi definit ca scurt, mediu sau lung (această proprietate este relevantă doar pentru politica de planificare SITA)
- **prioritatea** → întreg care definește importanța acestui task (un task cu prioritate mai mare va avea întâietate la planificare în fața altor task-uri cu prioritatea mai mică)
- **preemptibilitatea** → o valoare de tip boolean care specifică dacă acest task poate fi preemptat de către unul cu o prioritate mai mare.

Exemple

Task-urile din exemple sunt definite de tuplul $\langle timp\_start, durată, tip, prioritate, preemptibilitate \rangle$, unde timpul de start și durata sunt în secunde, tipul task-ului poate fi *scurt*, *mediu*, *lung* sau N/A[1], iar preemptibilitatea poate fi 0 sau 1.

Primul exemplu are următoarele caracteristici:

- două noduri de calcul
- politica Round Robin
- șase task-uri cu următoarele caracteristici:
  - T_0: $\langle 0, 5, N/A, 100, 1 \rangle$

[1] Tipul task-ului are relevanță doar pentru politica SITA.

- T_1: $\langle 2, 6, N/A, 200, 0 \rangle$
- T_2: $\langle 5, 1, N/A, 100, 0 \rangle$
- T_3: $\langle 1, 4, N/A, 100, 1 \rangle$
- T_4: $\langle 3, 6, N/A, 200, 0 \rangle$
- T_5: $\langle 6, 2, N/A, 100, 0 \rangle$

Se poate observa că acest scenariu are atât task-uri cu priorități diferite, cât și task-uri preemptibile. O planificare corectă a celor șase task-uri folosind politica Round Robin este prezentată în imaginea de mai jos (pe prima linie se află momentul de timp de la începerea rulării în secunde). Se poate observa că task-urile sunt alocate pe rând celor două noduri, în funcție de momentul de start. De asemenea, se mai poate observa faptul că task-urile 0 și 3 ajung să fie preemptate de task-urile 1 și 4, deoarece acestea au prioritate mai mare.

Nodul	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	
N1		3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	5	5

Al doilea exemplu are următoarele caracteristici:

- două noduri de calcul
- politica Shortest Queue
- șase task-uri cu următoarele caracteristici:
  - T_0: $\langle 0, 7, N/A, 100, 0 \rangle$
  - T_1: $\langle 2, 3, N/A, 100, 0 \rangle$
  - T_2: $\langle 4, 4, N/A, 200, 0 \rangle$
  - T_3: $\langle 1, 8, N/A, 100, 0 \rangle$
  - T_4: $\langle 3, 1, N/A, 100, 0 \rangle$
  - T_5: $\langle 5, 2, N/A, 200, 0 \rangle$

În acest test, niciun task nu este preemptibil, dar există task-uri cu priorități diferite. Se poate observa în imaginea de mai jos că task-urile 2 și 5, deși sosesc la cele două noduri mai târziu decât task-urile 1 și 4, ajung să fie planificate înainte de acestea datorită priorităților mai mari.

Nodul	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1							0				2			1
2									3		5	4		

Al treilea exemplu are următoarele caracteristici:

- trei noduri de calcul (obligatoriu la politica SITA)
- politica Size Interval Task Assignment
- nouă task-uri cu următoarele caracteristici:
  - T_0: $\langle 0, 2, scurt, 100, 0 \rangle$
  - T_1: $\langle 1, 2, scurt, 100, 0 \rangle$
  - T_2: $\langle 2, 1, scurt, 100, 0 \rangle$
  - T_3: $\langle 0, 5, mediu, 100, 0 \rangle$
  - T_4: $\langle 3, 2, scurt, 100, 0 \rangle$

- T_5: $\langle 4, 4, mediu, 100, 0 \rangle$
- T_6: $\langle 0, 8, lung, 100, 0 \rangle$
- T_7: $\langle 1, 5, lung, 100, 0 \rangle$
- T_8: $\langle 10, 1, scurt, 100, 0 \rangle$

Imaginea de mai jos prezintă rularea planificatorului în acest context, și se poate observa că toate task-urile scurte sunt rulate în ordine pe primul nod, cele medii pe al doilea nod, cele mari pe ultimul. Deoarece toate task-urile au aceleași priorități și niciunul nu este preemptibil, ele se rulează în ordinea sosirii la nodurile de calcul.

Nodul	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		0		1	2		4				8		
2					3				5				
3								6					7

Al patrulea exemplu are următoarele caracteristici:

- două noduri de calcul
- politica Least Work Left
- șase task-uri cu următoarele caracteristici:
  - T_0: $\langle 0, 7, N/A, 100, 0 \rangle$
  - T_1: $\langle 1, 3, N/A, 100, 0 \rangle$
  - T_2: $\langle 2, 4, N/A, 100, 0 \rangle$
  - T_3: $\langle 5, 7, N/A, 100, 0 \rangle$
  - T_4: $\langle 9, 1, N/A, 100, 0 \rangle$
  - T_5: $\langle 10, 2, N/A, 100, 0 \rangle$

Imaginea de mai jos prezintă rularea acestei politici. Se poate observa că, atunci când un task intră în sistem, este alocat întotdeauna nodului cu mai puține procesări rămase de făcut. De exemplu, task-ul 3 intră în sistem la momentul 5, atunci când nodul 1 mai are de procesat 2 secunde din task-ul 0, iar nodul 2 mai are de procesat 3 secunde din task-ul 2. Astfel, task-ul 3 va fi asignat la nodul 1.

Nodul	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1							0							3
2				1				2		4		5		

Detalii de implementare

Scopul vostru este de a implementa, folosind Java Threads, componentele de dispatcher și de noduri de calcul. În repository-ul temei, găsiți în directorul **src** scheletul temei, care funcționează după următoarea logică:

- există mai multe thread-uri (din clasa **TaskGenerator**) care, pentru fiecare rulare, citesc task-uri (clasa **Task**) dintr-un fișier și le introduc în sistem (elementul de "Sosiri" din diagrama cu arhitectura)
- când intră în sistem, un task e trimis către dispatcher (clasa **Dispatcher**), care, pe baza algoritmului de planificare selectat, îl preia și îl trimite la un nod de calcul
- un nod de calcul (clasa **Host**) primește task-ul, îl stochează, și în cele din urmă îl execută.

Cerința presupune implementarea a două clase (**MyDispatcher** și **MyHost**) care extind clasele abstracte **Dispatcher** și **Host**, descrise în continuare.