

Gestion dynamique d'un serveur physique : compromis performance/puissance moyenne consommée

H.Castel

Institut Polytechnique de Paris

Télécom Sudparis

Objectifs de l'étude

Gestion
dynamique d'un
serveur physique
: compromis
performance/puissance
moyenne
consommée

H.Castel

Introduction

Stratégie 1 : ON

Stratégie 2 :
ON/OFF

Stratégie 3

On propose d'étudier différentes stratégies de gestion d'un serveur informatique afin de les comparer par rapport à la puissance consommée moyenne et le temps de réponse moyen.

- Stratégie 1 : ON, on n'éteint pas le serveur physique
- Stratégie 2 : ON/OFF, on éteint le serveur physique pendant les phases idle (d'inactivité) et on le rallume dès qu'un client arrive, mais avec un temps d'allumage non nul
- Stratégie 3 : DVFS, la fréquence du processeur change en fonction du nombre de clients à traiter (DVFS : Dynamic Voltage Frequency Scaling), mais on n'éteint pas le serveur

Modèle de file d'attente pour le serveur informatique

Gestion dynamique d'un serveur physique
: compromis performance/puissance moyenne consommée

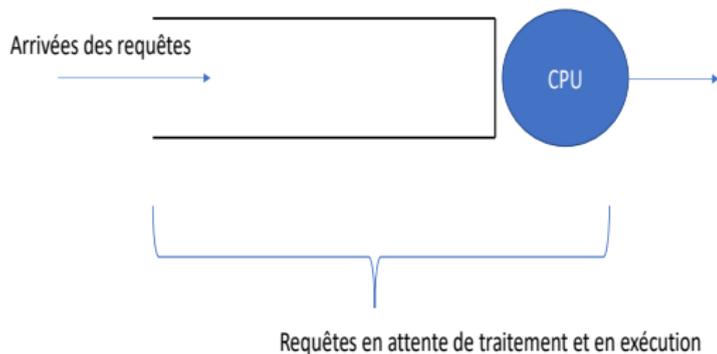
H. Castel

Introduction

Stratégie 1 : ON

Stratégie 2 : ON/OFF

Stratégie 3



Hypothèses sur les paramètres

Gestion
dynamique d'un
serveur physique
: compromis
performance/
puissance
moyenne
consommée

H. Castel

Introduction

Stratégie 1 : ON

Stratégie 2 :
ON/OFF

Stratégie 3

- Arrivées des requêtes selon un processus de Poisson de paramètre λ ,
- Taille des requêtes (en instructions) représentée par une loi exponentielle de moyenne l .
- Le CPU a :
 - ① une fréquence f : nombre de cycles par seconde et un nombre de Cycles par Instruction CPI, donc $\frac{f}{CPI}$ représente le nombre d'instructions exécutées par seconde.
 - ② $\frac{f}{CPI.l}$: est le nombre de requêtes exécutées par seconde
 - ③ C coeurs, donc le taux de service du CPU est $\mu = C \cdot \frac{f}{CPI.l}$,
 - ④ le temps de service d'une requête est $E(S) = \frac{1}{\mu}$.

Etats d'un serveur informatique : stratégie 1 sans éteignage

Gestion dynamique d'un serveur physique
: compromis performance/puissance moyenne consommée

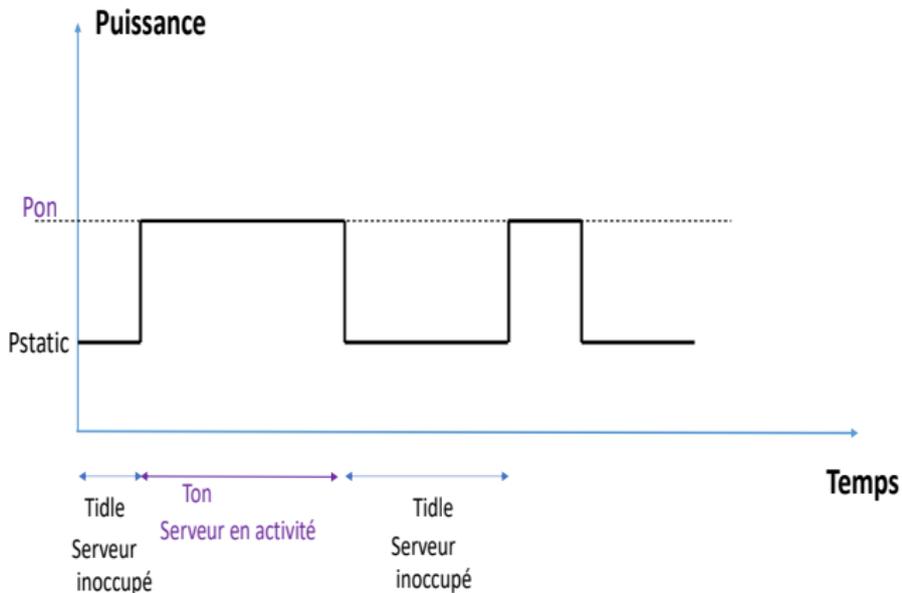
H. Castel

Introduction

Stratégie 1 : ON

Stratégie 2 : ON/OFF

Stratégie 3



Modèle de file d'attente M/M/1 pour la stratégie 1

Gestion
dynamique d'un
serveur physique
: compromis
perfor-
mance/puissance
moyenne
consommée

H. Castel

Introduction

Stratégie 1 : ON

Stratégie 2 :
ON/OFF

Stratégie 3

Soit $\rho = \lambda.E(S)$, représentant la charge du système, si le système est stable, c'est à dire $\rho < 1$, alors on peut calculer les mesures de performance moyennes. Le temps de réponse moyen :

$$E(R_1) = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (1)$$

On suppose que le serveur physique n'est jamais éteint, et donc quand il est idle, il consommera une puissance P_{static} , et quand il est actif il consomme une puissance P_{on} .

Soit N le nombre de clients dans le système, la puissance moyenne consommée $E(P_1)$ est :

$$E(P_1) = P(N > 0).P_{on} + P(N = 0).P_{static} \quad (2)$$

$$E(P_1) = \rho.P_{on} + (1 - \rho)P_{static} = P_{static} + \rho.(P_{on} - P_{static}) \quad (3)$$

Durée des périodes idle et busy pour une M/M/1

Gestion
dynamique d'un
serveur physique
: compromis
performance/
puissance
moyenne
consommée

H. Castel

Introduction

Stratégie 1 : ON

Stratégie 2 :
ON/OFF

Stratégie 3

- T_{idle} : temps à partir duquel le dernier client de la période busy est servi et le prochain client arrive, alors $E(T_{idle}) = 1/\lambda$ (car loi Exponentielle sans mémoire)
- T_{on} : durée de la période busy ou temps à partir duquel un client entre dans un système vide et se termine dès la fin du service d'un prochain client laissant derrière lui la file vide.

Comme ρ représente la proportion de temps où le serveur est occupé, on a :

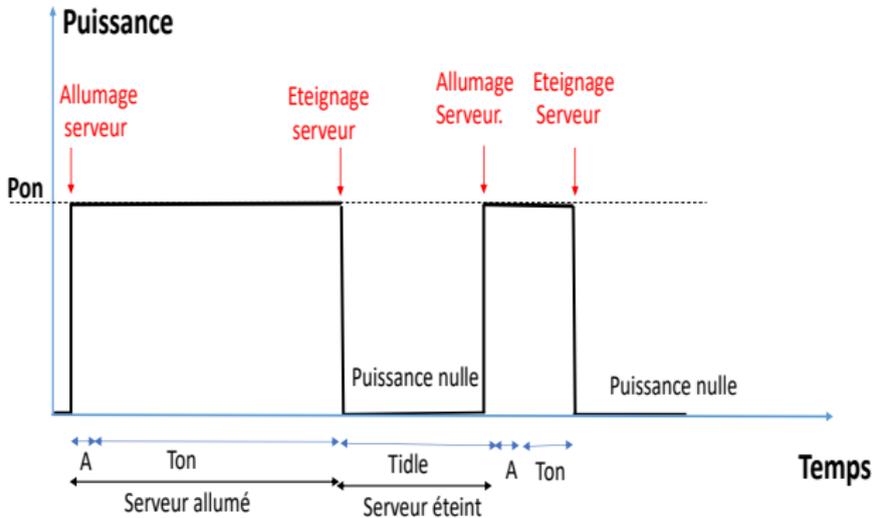
$$\frac{E(T_{on})}{E(T_{on}) + E(T_{idle})} = \rho \quad (4)$$

En remplaçant $E(T_{idle}) = 1/\lambda$, donc la durée moyenne de la période busy est :

$$E(T_{on}) = \frac{E(S)}{1 - \rho} \quad (5)$$

Stratégie 2 : ON/OFF Eteignage du serveur pendant les périodes Idle

On désigne par la variable aléatoire A le temps d'allumage.



Gestion dynamique d'un serveur physique : compromis performance/puissance moyenne consommée

H. Castel

Introduction

Stratégie 1 : ON

Stratégie 2 : ON/OFF

Stratégie 3

Période busy et période idle

Gestion
dynamique d'un
serveur physique
: compromis
performance/puissance
moyenne
consommée

H.Castel

Introduction

Stratégie 1 : ON

Stratégie 2 :
ON/OFF

Stratégie 3

La nouvelle durée de la période busy est donnée par :

$$\frac{E(A) + E(S)}{(1 - \rho)} \quad (6)$$

On peut ainsi calculer la nouvelle probabilité ρ^s que le serveur soit occupé de la façon suivante :

$$\rho^s = \frac{\frac{E(A)+E(S)}{1-\rho}}{\frac{E(A)+E(S)}{1-\rho} + \frac{1}{\lambda}} = \frac{\lambda \cdot E(A) + \rho}{\lambda \cdot E(A) + 1} \quad (7)$$

Puissance moyenne consommée et temps de réponse

Gestion
dynamique d'un
serveur physique
: compromis
performance/puissance
moyenne
consommée

H.Castel

Introduction

Stratégie 1 : ON

Stratégie 2 :
ON/OFF

Stratégie 3

Comme le serveur est éteint quand il est idle, la puissance moyenne pour la stratégie 2 s'écrit en fonction de la probabilité pour qu'il soit allumé, et elle est donnée par la formule :

$$E(P_2) = \rho^s P_{on}, \rho^s < 1 \quad (8)$$

Et le temps de réponse moyen est égal à :

$$E(R_2) = \frac{1}{\mu - \lambda} + \frac{2E(A) + \lambda E(A^2)}{2(1 + \lambda E(A))} \quad (9)$$

Stratégie 3 : variation de la fréquence DVFS

Gestion
dynamique d'un
serveur physique
: compromis
performance/puissance
moyenne
consommée

H.Castel

Introduction

Stratégie 1 : ON

Stratégie 2 :
ON/OFF

Stratégie 3

On suppose que la fréquence (et donc la puissance) varie en fonction du nombre de clients dans la file et défini par un seuil s_1 :

- si le nombre de client est inférieur ou égal à s_1 alors la fréquence est f_1 , donc le taux de service est $\mu_1 = C \cdot \frac{f_1}{CPI \cdot I}$ et il consomme une puissance P_{on1}
- s'il dépasse s_1 , la fréquence est f_2 , donc le taux de service est $\mu_2 = C \cdot \frac{f_2}{CPI \cdot I}$, et il consomme une puissance P_{on2} .

Chaîne de Markov pour le dvfs : Processus de naissance et de mort

Gestion dynamique d'un serveur physique : compromis performance/puissance moyenne consommée

H. Castel

Introduction

Stratégie 1 : ON

Stratégie 2 : ON/OFF

Stratégie 3

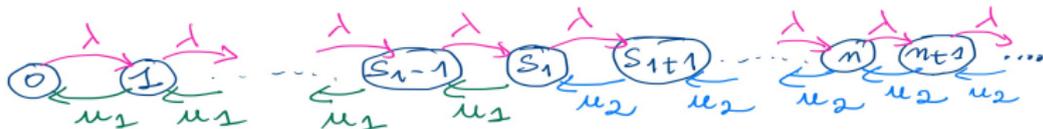
$\rho_1 = \frac{\lambda}{\mu_1}$, et $\rho_2 = \frac{\lambda}{\mu_2}$, où $\mu_1 < \mu_2$.

La distribution de probabilité stationnaire $P(n)$ est donnée par les équations suivantes (si $\rho_1 < 1$ et $\rho_2 < 1$)

$$P(n) = \rho_1^n P(0), \text{ si } n \leq s_1 \quad (10)$$

$$= \rho_1^{s_1} \rho_2^{n-s_1} P(0) \text{ sinon} \quad (11)$$

(où $P(0)$ est obtenu à partir de la condition de normalisation : $\sum_{n=0}^{\infty} P(n) = 1$),



Calcul des mesures de performance et de puissance

Le nombre moyen de clients $E(L_3)$ est donné par la relation suivante :

$$E(L_3) = \sum_{n=0}^{s_1} n.P(n) + \sum_{n=s_1+1}^{\infty} n.P(n) \quad (12)$$

D'après la formule de Little, le temps de réponse moyen $E(R_3)$ est :

$$E(R_3) = \frac{E(L_3)}{\lambda} \quad (13)$$

La puissance $E(P_3)$ est calculée de la manière suivante :

$$E(P_3) = P_{static} + \sum_{n=1}^{s_1} (P_{on1} - P_{static}).P(n) + \sum_{n=s_1+1}^{\infty} (P_{on2} - P_{static}).P(n) \quad (14)$$