

Ingénierie des Protocoles : Examen

Stéphane Devismes

Résumé

Lisez attentivement ce qui suit :

- Aucun document n'est autorisé.
- Le barème est donné à titre indicatif uniquement. Il est susceptible de changer !

1 Élection (3 points)

On suppose un réseau connexe quelconque où les processus sont identifiés de manière unique (au moins deux processus). Les liens de communication sont asynchrones, FIFO et fiables. Les processus sont corrects (pas de panne) et asynchrone.

Question : En vous fondant sur les algorithmes vus en cours, proposez une méthode pour réaliser une élection de leader dans le modèle à passage de messages sous ces hypothèses. Bien sûr, l'algorithme doit être multi-initiateurs !

2 Unisson (7 points)

Par définition, il n'y a pas d'horloge globale dans un système asynchrone. Pour palier à cet inconvénient, on propose d'implémenter des horloges logiques locales à chaque processus. Une horloge logique consiste simplement en un entier naturel que le processus incrémente régulièrement. Bien sûr, on ne peut assurer que ces horloges soient parfaitement synchrones. Cependant, on peut assurer que les horloges de chaque paire de processus voisins ne diffèrent que d'1 au plus. Ce problème est connu sous le nom d'*Unisson*.

Questions :

1. Proposez une spécification de l'unisson (une propriété de Vivacité et une propriété de Sûreté).
2. Proposez un algorithme d'Unisson écrit dans le modèle à passage de messages, fonctionnant sous les hypothèses suivantes :
 - réseau connexe quelconque,
 - étiquetage local des canaux,
 - liens de communication asynchrones, FIFO et fiables,
 - processus corrects et asynchrones (au moins deux processus), et
 - tous initiateurs.
3. Prouvez votre algorithme.

3 Ensemble Indépendant Maximal (3 points)

Ci-dessous les règles de l'algorithme auto-stabilisant calculant un ensemble indépendant maximal du réseau, vu en cours.

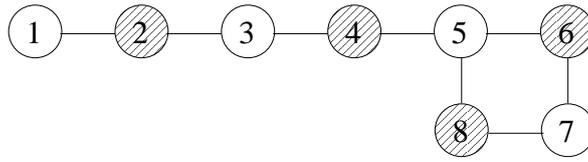


FIGURE 1 – Configuration initiale

Leave :: $S_p = \text{Dominant} \wedge (\exists q \in \mathcal{N}_p, S_q = \text{Dominant} \wedge id_q < id_p) \mapsto S_p \leftarrow \text{dominé}$

Join :: $S_p = \text{dominé} \wedge (\forall q \in \mathcal{N}_p, S_q = \text{dominé} \vee id_q > id_p) \mapsto S_p \leftarrow \text{Dominant}$

Questions :

1. La figure 1 représente une configuration initiale du réseau, où les nœuds hachurés sont les nœuds dominants, les nœuds blanc sont les dominés et les numéros sont les identités. Exécutez l'algorithme à partir de cette configuration, jusqu'à atteindre une configuration terminale, en supposant un démon synchrone (décrivez chaque configuration atteinte à l'aide d'un tableau).
2. Soit $G = (V, E)$ un graphe non-orienté. Soit $S \subseteq V$. S est un ensemble dominant de G si et seulement si tout nœud qui n'est pas dans S à au moins un voisin dans S . Un ensemble dominant S est minimal si aucun de ses sous-ensembles propres n'est dominant.
 - (a) Montrez que tout ensemble indépendant maximal est un ensemble dominant minimal.
 - (b) Montrez qu'il existe des ensembles dominants minimaux qui ne sont pas des ensembles indépendants maximum.
3. Les ensembles dominants sont très utiles dans les réseaux, car ils permettent de faire du *clustering*. Un clustering du réseau consiste en une partition des nœuds en *cluster*. Chaque cluster comporte un chef : la *tête de cluster* et tout membre du cluster qui n'est pas tête de cluster n'a le droit de communiquer qu'avec la tête de son cluster. Ainsi chaque noeud doit connaître *l'identité de sa tête de cluster* pour pouvoir communiquer avec elle. Modifier l'algorithme pour en faire un algorithme de clustering.

4 Couplage maximal (7 points)

Un *couplage* est un ensemble d'arêtes tel qu'il n'y a aucun sommet qui est incident à deux arêtes différentes de l'ensemble. Un couplage est dit *maximal* si aucun de ses sur-ensembles n'est un couplage.

Pour résoudre ce problème, le principe est de créer des paires de voisins « mariés ». Les liens entre ces paires constituent le couplage maximal. Pour créer ces paires, chaque processus utilise une variable PR qui désigne un voisin ou est égale à \perp . Deux voisins sont *mariés* si et seulement si ils se désignent l'un l'autre avec leur variable PR .

Lorsque PR_p vaut \perp , cela signifie que le processus p n'est pas marié et qu'il n'a pas trouvé de voisin à qui proposer le mariage. Dans ce cas, p est dit *libre*.

Lorsque PR_p désigne un voisin q , cela signifie que le processus p est soit marié avec q soit il a proposé un mariage à q .

Chaque processus maintient une variable booléenne M afin d'informer tous ses voisins de son statut (*marié* ou *pas marié*).

En se basant sur ces trois variables, chaque processus p applique la stratégie suivante :

- p maintient à jour M_p de telle manière que M_p soit vrai lorsqu'il est marié.
- Si p est libre et qu'un voisin lui propose un mariage, alors p accepte en affectant PR_p à q .
- p réinitialise PR_p à \perp lorsque p n'est pas marié et que son voisin pointé par PR_p est soit (i) marié avec un autre processus soit (ii) a une identité plus petite que la sienne.
- Lorsque p est libre, il doit essayer de se marier. Donc, il regarde les états de ses voisins. S'il a un voisin non marié et libre q avec une identité plus grande que la sienne, il lui propose le mariage en affectant PR_p à q .

Questions :

1. Proposez un algorithme auto-stabilisant silencieux calculant un couplage maximal dans un réseau avec identité, écrit dans le modèle à états.
2. Sous quel démon votre algorithme fonctionne-t-il ? Justifiez et rappelez la définition de ce démon.
3. Prouvez cet algorithme, c'est-à-dire :
 - (a) Montrez que dans toute configuration terminale, on a un couplage maximal.
 - (b) Montrez qu'en un nombre fini d'étapes, on atteint une configuration terminale.
4. Justifiez la complexité de votre algorithme (ronde et/ou nombre de pas de calcul).

5 Généralisation du bit alterné (bonus, 2 points)

Expliquez comment généraliser la méthode du bit alterné pour permettre à n'importe quel algorithme ne tolérant pas les pertes de messages de continuer de fonctionner correctement en présence de perte équitable de message.