

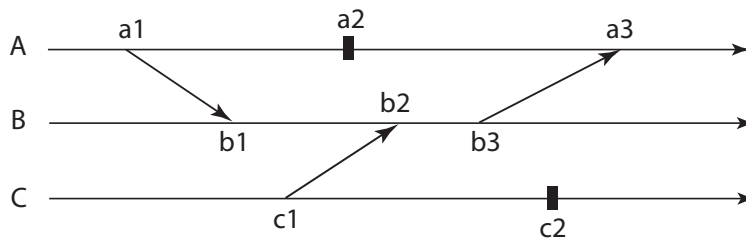
Systemes et algorithmique répartis

3-ième Année Informatique et Mathématiques Appliquées et Master SLCP
Corrigé

5 Décembre 2006

1 Relation causale

On considère le diagramme suivant décrivant le début d'un calcul réparti qui comporte 3 processus :



Questions

1. Donner toutes les relations causales immédiates, relation notée \prec , entre couples d'événements.

Réponse

- Relations liées à un processus : $a_1 \prec a_2$, $a_2 \prec a_3$, $b_1 \prec b_2$, $b_2 \prec b_3$, $c_1 \prec c_2$
 - Relations liées aux communications : $a_1 \prec b_1$, $c_1 \prec b_2$, $b_3 \prec a_3$
2. Parmi les exécutions réelles totalement ordonnées dans le temps réel et comportant les mêmes événements, préciser si elles sont causalement équivalentes ou non à celle représentée dans le diagramme. Préciser aussi celle qui est exactement l'exécution décrite par le diagramme.
Réponse Les séquences totalement ordonnées sont causalement équivalentes à celle du diagramme si et seulement si les événements causalement liés apparaissent dans le même ordre dans la séquence totalement ordonnée.
 - (a) $a_1; c_1; b_1; b_2; b_3; a_2; c_2; a_3$ est causalement équivalente à l'exécution du diagramme ;
 - (b) $a_1; b_1; c_1; b_3; a_2; b_2; c_2; a_3$ n'est pas équivalente : inversion des événements b_2 et b_3 ;
 - (c) $a_1; b_1; c_1; a_2; b_2; b_3; c_2; a_3$ représente l'exécution du diagramme ;
 - (d) $a_1; a_2; b_1; c_1; b_2; b_3; a_3; c_2$ est causalement équivalente à l'exécution du diagramme.
 3. Les événements internes a_2 et c_2 sont-ils causalement liés ? Justifier votre réponse.

Réponse a_2 et c_2 ne sont pas causalement liés. On n'a pas ni $a_2 \prec c_2$, ni $c_2 \prec a_2$.

2 Etude d'un système de contrôle d'accès

On considère un système de contrôle d'accès à un bâtiment comportant quatre accès qui, par convention, sont supposés aux quatre points cardinaux : $N(ord)$, $E(st)$, $S(ud)$, $O(uest)$. Chaque accès est équipé d'un lecteur d'entrée et d'un lecteur de sortie. Pour entrer ou pour sortir du bâtiment, il faut donc disposer

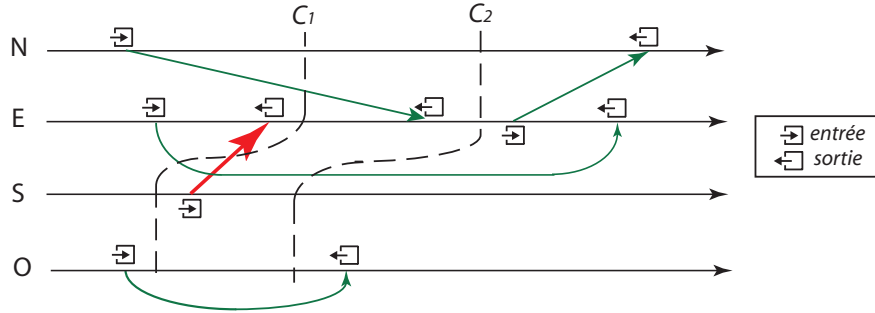


FIG. 1 – Diagramme temporel du système de contrôle d'accès

d'une carte à puce et l'introduire dans un lecteur. Si la carte est reconnue valide, la personne peut entrer ou sortir selon le cas. Cette reconnaissance est décentralisée dans chaque lecteur. On s'intéresse ici à évaluer le nombre de personnes présentes dans le bâtiment.

Pour cela, on suppose que chaque paire de lecteurs contrôlant un accès est couplée à un dispositif commun qui totalise les événements d'entrée détectés par le lecteur d'entrée et les événements de sortie détectés par le lecteur de sortie, soit donc deux compteurs (E_a, S_a) , avec $a \in A = \{N, E, S, O\}$.

Lors de chaque remise en service du système, le bâtiment étant vide, les couples de compteur de chaque accès sont réinitialisés à zéro. Lorsque le système est en service, la valeur courante de ces couples est envoyée par message à un observateur central selon un protocole détaillée dans la section 2.2.

Cet observateur peut évaluer ainsi les personnes entrées par $\sum_{a \in A} E_a$ et les personnes sorties par $\sum_{a \in A} S_a$ pour en déduire un nombre de personnes présentes dans le bâtiment. Nous allons voir cependant que quelques problèmes se posent pour avoir une évaluation acceptable du nombre de personnes présentes.

2.1 Modélisation des accès au bâtiment

La figure 1 illustre le début d'une séquence d'événements d'entrée et de sortie. Pour une personne X , un événement d'entrée e_X est toujours suivi d'un événement de sortie s_X . Autrement dit, il existe entre les deux événements un lien causal similaire à celui existant entre événements d'émission et de réception d'un message. On peut donc introduire la notion de coupure pour vérifier si les clichés locaux observés à chaque point d'accès à des instants différents constituent ou non un cliché global cohérent lorsqu'on les réunit.

Questions

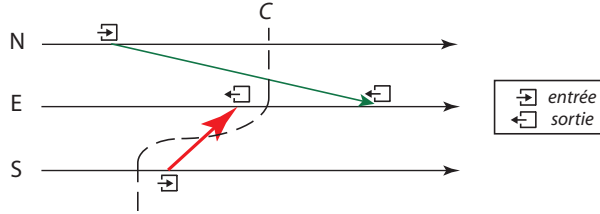
- Préciser, en justifiant votre réponse, si les coupures C_1 et C_2 sont ou non cohérentes.

Réponse La coupure C_1 n'est pas cohérente car elle contient un événement de sortie par l'accès E , alors que l'événement d'entrée correspondant (entrée par l'accès S) n'en fait pas partie.

Par contre, la coupure C_2 est cohérente puis que tous les événements d'entrée liés à un événement de sortie présent dans la coupure sont aussi dans C_2 .

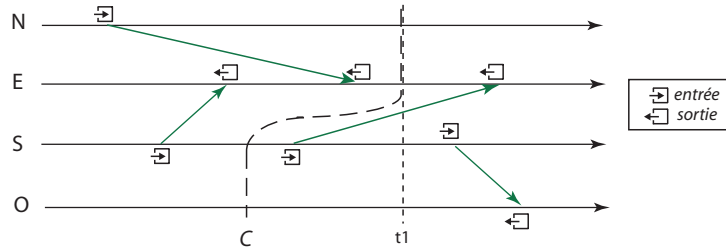
- Montrer qu'une coupure incohérente pourrait conduire à considérer que le bâtiment est vide alors qu'il reste quelqu'un. Faire un diagramme le plus simple possible (2 personnes suffisent).

Réponse



6. Montrer que, même en s'appuyant sur des coupures cohérentes, la perception d'un état vide du bâtiment pour un cliché global donné dans lequel $\sum_{a \in A} E_a = \sum_{a \in A} S_a$ peut très bien ne jamais avoir existé à un instant global t .

Réponse Dans la figure ci-dessous, la coupure C détermine un bâtiment vide (2 entrées = 2 sorties), alors qu'à l'instant t_1 le bâtiment n'est pas vide (et peut-être pour longtemps).



7. Montrer qu'une personne qui sort par le même accès que celui utilisé pour rentrer ne peut pas provoquer de coupure incohérente.

Réponse Lorsqu'une personne sort par l'accès utilisé pour entrer, les deux événements d'entrée et de sortie concernent le même couple de compteurs locaux. Or, l'événement d'entrée ayant lieu avant l'événement de sortie, cet événement d'entrée est forcément comptabilisé dans le compteur d'entrée avant que l'événement de sortie le soit lui-même.

8. Montrer que la modélisation événementielle des accès au bâtiment est assimilable à une exécution répartie mais n'a pas les propriétés d'un calcul diffusant.

Réponse La modélisation est assimilable à une exécution répartie dans la mesure où les événements sont reliés par un ordre partiel (causal), mais les propriétés d'un calcul diffusant ne sont pas vérifiées puisque les événements d'entrée peuvent survenir n'importe quand. Il n'existe pas de cause entre une sortie et une entrée comme dans le cas d'un calcul diffusant entre une réception (équivalent d'une sortie ici) et une entrée (équivalent d'une émission ici).

2.2 Propriétés des observations

On s'intéresse maintenant à l'évaluation, par l'observateur, des personnes présentes à partir des messages reçus. Pour cela, on précise tout d'abord le protocole d'envoi des messages vers l'observateur.

Protocole d'observation Un message est envoyé par le dispositif de contrôle associé à un accès :

- soit après un total de 5 événements d'entrée ou de sortie, s'il se sont produits en moins de 2 minutes ;
- soit au bout de 2 minutes si un total de moins de 5 événements d'entrée ou de sortie se sont produits durant ces 2 minutes.

Chaque message est un triplet $\langle a, E_a, S_a \rangle$ dans lequel $a \in A$ est l'origine du message. On suppose que les canaux d'émissions sont fiables, sans erreur et respectent l'ordre chronologique d'émission (ordre FIFO). Le processus observateur gère un tableau d'entiers à deux dimensions $accès[A, 2]$ dont chaque couple $(accès[a, 1], accès[a, 2])$ mémorise le dernier couple de valeurs (E_a, S_a) reçu dans le message correspondant : par exemple, si l'observateur reçoit le message $\langle N, 34, 25 \rangle$, alors l'observateur exécute les affectations $accès[N, 1] = 34$ et $accès[N, 2] = 25$.

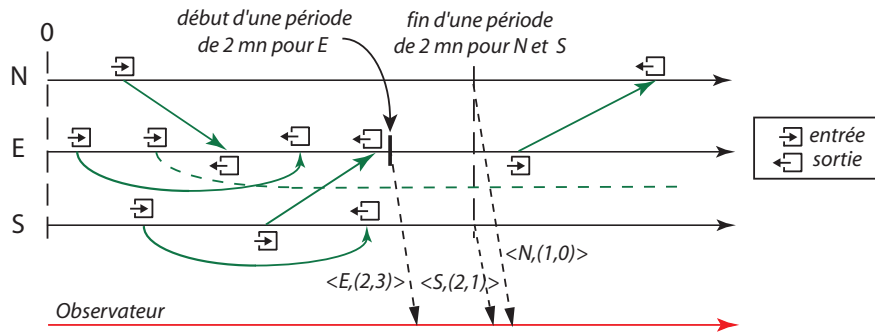


FIG. 2 – Protocole d'observation

La figure 2 illustre le début d'une séquence d'événements en ignorant l'accès *Ouest* lorsque le système de contrôle d'accès est mis en service.

Questions

9. Avec les informations dont il dispose, l'observateur peut être amené à utiliser des clichés globaux incohérents. Proposer une modification du contenu des messages envoyés et le traitement associé exécuté par l'observateur pour éviter de telles erreurs.

Réponse La méthode adoptée consiste à capter les événements d'entrée causalement liés aux événements de sortie pour obtenir des clichés cohérents. Pour ce faire, on réutilise les principes des horloges de Mattern.

Le lecteur d'entrée enregistre sur la carte de la personne qui entre, quelle entrée a été utilisée et la valeur courante du compteur d'entrée sous la forme d'un couple (*où*, *ième*). Ces deux informations pourront être exploitées par le lecteur de sortie de la façon suivante : à chaque accès a , on mémorise maintenant un tableau $entrées[A]$ et non plus simplement le compte des entrées par l'accès a .

Ainsi, à chaque fois qu'un événement de sortie est enregistré à un accès a , le couple correspondant (*où*, *ième*) est exploité : plus précisément, l'élément $entrées[où]$ est mis à jour par l'affectation : $entrées[où] = \text{Max}(entrées[où], ième)$.

Le message envoyé à l'observateur est désormais un triplet $\langle a, entrées[A], S_a \rangle$. Pour chaque message de ce type, la mise à jour du tableau de l'observateur se fera pas les affectations suivantes :

- Mise à jour des compteurs d'entrées : **for** ($x \in A$) $\{ \text{accès}[x, 1] = \text{Max}(\text{accès}[x, 1], entrées[x]) \}$
- Mise à jour du compteur des sorties : $\text{accès}[a, 2] = \text{Max}(\text{accès}[a, 2], S_a)$

Après quoi, l'observateur pourra tester le prédicat d'égalité $\sum_{a \in A} \text{accès}[1] = \sum_{a \in A} \text{accès}[2]$.

10. On suppose donc que l'observateur ne calcule que des clichés globaux cohérents (par exemple via la solution précédente) et que, chaque soir, les accès **en entrée** sont bloqués à une heure fixée. Ensuite, il ne peut donc plus se produire que des événements de sortie provoqués par les personnes encore présentes dans le bâtiment. En supposant que le temps de transmission des messages est négligeable, si l'observateur date systématiquement les dernières mises à jour faites dans chaque couple du tableau $\text{accès}[a, *], a \in A$, avec combien de retard au maximum pourra-t-il détecter que le bâtiment est vide (cette propriété étant considérée comme stable) ?

Réponse Après la date de fermeture, dès le bâtiment est vide, il faut attendre au plus 2 minutes pour que l'observateur ait reçu un cliché local de chaque accès. La détection est donc retardée d'au plus 2 minutes en négligeant le délai de transmission des messages vers l'observateur.