

Michel Raynal / Jean-Michel Helary

Synchronisation et contrôle des systèmes et des programmes répartis

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

1


EYROLLES

C 2195

**Synchronisation
et contrôle
des systèmes et des
programmes répartis**

Les Éditions Eyrolles vous proposent 2 services gratuits

1 - UN CATALOGUE COMPLET de la discipline qui vous intéresse :

vous nous écrivez en nous précisant
cette discipline et votre adresse

2 - UN SERVICE PERMANENT D'INFORMATIONS sur nos nouvelles parutions

vous retournez la carte postale que
vous trouverez dans ce livre

Service "LECTEURS"
Éditions Eyrolles
61, bd St-Germain
75240 Paris Cedex 05
Tél. : (1) 46.34.21.99

3552

Synchronisation et contrôle des systèmes et des programmes répartis

Michel Raynal

Professeur, Université de Rennes 1 (IFSIC)
Responsable de Recherches à l'IRISA (INRIA-CNRS)

Jean-Michel Helary

Maître de Conférences
Université de Rennes 1 (IFSIC)



61, boulevard Saint-Germain – 75005 PARIS
1988

« La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40). ».

« Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal. ».

© Editions EYROLLES, 1988

Table des Matières

I	Des différentes formes de synchronisation entre processus	1
I.1	Systèmes répartis, réseaux et réseaux de processus	1
I.2	La synchronisation	2
I.2.1	Synchronisation due à la compétition . . .	2
I.2.2	Synchronisation due à la coordination . .	3
I.2.2.1	Synchronisation par condition .	3
I.2.2.2	Synchronisation sur communication	8
I.3	Notes bibliographiques	10
II	Synchronisation par train de vagues	13
II.1	Un exemple introductif	13
II.1.1	Le problème	13
II.1.2	Principe	14
II.1.3	L'algorithme	17
II.1.4	Synchronisations utilisées	21
II.2	Algorithmes à vagues	22
II.2.1	Concept de vague	22

II.2.2	Support des vagues	23
II.2.2.1	L'anneau logique	23
II.2.2.2	L'arborescence couvrante	26
II.2.2.3	L'arbre de recouvrement	28
II.2.3	Remarque sur la fonction calculée par une vague	32
II.3	Exemple d'utilisation: calcul d'une fonction d'état global	32
II.3.1	Fonction calculée et problèmes soulevés	32
II.3.2	Comportement de l'application	34
II.3.2.1	Structure des applications et hy- pothèses de communication	34
II.3.2.2	Nature et gestion de l'interface entre l'application et l'algorithme de contrôle	35
II.3.2.3	Exemple: la terminaison	38
II.3.3	Forme générale des fonctions calculées	38
II.3.4	Spécification d'un algorithme distribué cal- culant la fonction de contrôle F	40
II.3.5	Structure de l'ensemble: application + cal- cul de F	43
II.3.6	Communication par rendez-vous	44
II.3.6.1	L'algorithme de calcul de F	44
II.3.6.2	Preuve	45
II.3.6.3	Mise en œuvre sur une struc- ture en anneau	47
II.3.6.4	Application au cas de la termi- naison	47
II.3.7	Communication par canaux non FIFO	47

II.3.7.1	L'algorithme de calcul de F	47
II.3.7.2	Preuve	51
II.3.7.3	Mise en œuvre dans le cas de l'arbre	53
II.3.7.4	Remarque sur les canaux à délai borné	53
II.3.8	Communication par canaux FIFO	55
II.3.8.1	Principe de l'algorithme de cal- cul de F	55
II.3.8.2	Preuve	57
II.3.8.3	Mise en œuvre sur une arbores- cence	57
II.4	Notes bibliographiques	58
III	La synchronisation par pulsations logiques	61
III.1	Le concept de synchroniseur	61
III.1.1	Réseaux de processus synchrones et asyn- chrones	61
III.1.2	Le concept de synchroniseur	63
III.1.3	Intérêt	64
III.1.3.1	Point de vue: méthode	64
III.1.3.2	Point de vue: efficacité	66
III.2	Principe de mises en œuvre	67
III.2.1	Problèmes rencontrés	67
III.2.2	Principe des solutions	68
III.2.3	Remarque sur une propriété de stabilité .	69
III.3	Exemples de mises en œuvre	70
III.3.1	Les synchroniseurs α et β	70

III.3.1.1	Le synchroniseur α : principe et complexités	70
III.3.1.2	Algorithme du synchroniseur α	71
III.3.1.3	Le synchroniseur β : principe et complexités	75
III.3.1.4	Algorithme du synchroniseur β	77
III.3.2	Le synchroniseur γ	78
III.3.2.1	Partitionnement du réseau . . .	78
III.3.2.2	Principe	81
III.3.2.3	Complexités	83
III.3.2.4	Algorithme du synchroniseur γ	85
III.3.3	Le synchroniseur δ	86
III.3.3.1	Réseau partiel t -couvrant	86
III.3.3.2	Le synchroniseur δ : principe et complexités	86
III.3.3.3	Algorithme du synchroniseur δ	90
III.4	Cas des réseaux à délais bornés	93
III.4.1	Contexte et hypothèses	93
III.4.2	Problème de l'initialisation des horloges .	93
III.4.3	Les synchroniseurs λ et μ	94
III.4.3.1	Le synchroniseur λ	96
III.4.3.2	Le synchroniseur μ	98
III.4.4	Problèmes posés par la dérive des horloges	102
III.5	Notes bibliographiques	104
IV	La synchronisation par phases	107
IV.1	Introduction	107

IV.1.1	Une classe de calculs répartis	107
IV.1.1.1	Type des calculs	107
IV.1.1.2	Contraintes sur les calculs	108
IV.1.2	Le concept de phase	109
IV.2	Une illustration simple: un calcul de routage optimal	111
IV.2.1	Le principe et l'algorithme	111
IV.2.2	Quelques propriétés	113
IV.3	Le problème de la terminaison	115
IV.3.1	Une proposition et ses conséquences	116
IV.3.2	Formulation d'un algorithme général	117
IV.4	Un algorithme général et efficace	120
IV.4.1	Notions de filtrage	120
IV.4.2	L'algorithme	122
IV.4.3	Complexités	122
IV.4.4	Cas du déséquence-ment des messages	125
IV.5	Quelques applications de l'algorithme	126
IV.5.1	Deux exemples	126
IV.5.2	Retour sur le synchroniseur α	127
IV.6	Cas de réseaux particuliers	128
IV.7	Notes bibliographiques	131

Annexes **133**

A	Construction de structures de parcours de réseaux	133
A.1	Intérêt	133

A.2	Structures étudiées	134
A.3	Arborescence construite par une exploration parallèle	136
A.3.1	Les explorations parallèles de réseau . . .	136
A.3.2	Principe de mise en œuvre: la vague . . .	138
A.3.3	Un algorithme de parcours de réseau avec feedback	140
A.3.3.1	Principe	140
A.3.3.2	L'algorithme PRF	142
A.3.3.3	Preuve, complexités et terminaison	143
A.3.4	Construction de l'arborescence des plus courts chemins	147
A.3.4.1	Principe	147
A.3.4.2	L'algorithme	149
A.3.4.3	Preuve, complexités et terminaison	149
A.3.5	Un algorithme de parcours avec contrôle des transferts	156
A.3.5.1	Principe	156
A.3.5.2	L'algorithme	157
A.3.5.3	Preuve, complexité et terminaison	157
A.3.6	Une remarque sur le nombre de messages	160
A.4	Arborescence construite par une exploration séquentielle	163
A.4.1	Les explorations séquentielles de réseau .	163
A.4.2	Principe de mise en œuvre: le jeton circulant	163

A.4.3	Un algorithme avec synchronisation (locale)	166
A.4.3.1	Principe: utiliser des acquittements	166
A.4.3.2	L'algorithme	167
A.4.3.3	Complexités et terminaison	171
A.4.4	Un algorithme avec information de contrôle dans le jeton	172
A.4.4.1	Principe: véhiculer du contrôle	172
A.4.4.2	L'algorithme	173
A.4.4.3	Complexités et terminaison	173
A.4.4.4	Une amélioration de l'algorithme précédent	175
A.4.5	Conclusion	179
A.5	Construction d'arbre recouvrant	180
A.6	Construction d'un anneau virtuel	180
A.6.1	Problématique	180
A.6.2	Principe: construction basée sur une exploration séquentielle	182
A.6.3	L'algorithme	184
A.6.4	Complexité	184
A.7	Notes bibliographiques	187