

**Thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie
PARIS VI**

Spécialité

INFORMATIQUE

présentée par

Philippe DARCHE

pour l'obtention du titre de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PARIS VI

Le Paradigme Acteur appliqué aux Systèmes Embarqués Communicants :

ActNet, un Réseau d'Acteurs Robotiques

Soutenue le 2 Mars 1994

Devant le jury composé de :

Claude Girault	Président
Hong Hoang Quang	Rapporteur
Martial Vivet	Rapporteur
Philippe Coiffet	Examineur
Pascal Estrailier	Examineur
Marie-France Le Roch	Examineur
Jean-Daniel Nicoud	Examineur

Résumé

Notre étude concerne un réseau d'acteurs matériels et logiciels. La notion d'acteur est une approche récente du parallélisme empruntée au modèle des organisations sociales, qui permet de résoudre naturellement les problèmes classiques des architectures distribuées en combinant les notions d'objet, de message, et d'activité. Nous avons appliqué ce concept à la robotique avec un réseau d'acteurs robotiques mobiles et sédentaires communicants : le système **ActNet** (Actors Network ou réseau d'acteurs).

Nous proposons une réalisation de ce système en vue d'applications dans le domaine de l'enseignement sous la forme d'un outil pédagogique pour l'apprentissage des notions du parallélisme et de la communication. Ce système pourrait aussi servir comme plate-forme de développement pour la robotique mobile, appliquée particulièrement à l'Intelligence Artificielle Décentralisée, car nous offrons les couches matérielles et logicielles nécessaires pour supporter un développement système et/ou langage en Lisp, Smalltalk, ou Prolog. Une carte générique de contrôle à base du transputer et un robot mobile prototype "le Tatou" avec toutes ses cartes électroniques ont été développés.

Mots-clés : acteur, robotique mobile, robotique pédagogique, réseaux locaux radio-fréquences, transputer

Abstract

Our work concerns a hardware and software actors network. The notion of actor is a recent parallelism approach based on the model of social organisations, which allows one to naturally resolve classical problems of distributed architectures by combining the notions of object, message and activity. We have applied this concept to robotics with a network of communicating mobile and sedentary robotic actors : the **ActNet** network.

We propose an implementation of this system to be used as a pedagogical tool to learn the notions of parallelism and communication. This system could also be used as a framework for the development of mobile robotics, especially applied to Decentralized Artificial Intelligence, as we provide hardware and software layers necessary to support the development of systems and/or languages in Lisp, Smalltalk or Prolog. A transputer based generic control board and a mobile robot prototype, "Tatou", with all its electronic boards have been developed.

Mots-clés : actor, mobile robotics , pedagogical robotics, wireless local network, transputer

TABLE DES MATIERES

Introduction	1
1. L'enseignement du parallélisme	1
2. La robotique mobile et réactive	3
3. ActNet	4
4. Organisation de la thèse	4
Chapitre I : ActNet	7
1. Introduction	9
2. Paradigme acteur.....	9
2.1. Modèle de base d'Hewitt.....	10
2.2. Modèle de base d'Agha.....	11
2.3. Langages d'acteurs	12
2.3.1. Plasma	12
2.3.2. Le modèle ABCL/1	12
2.3.3. Actalk.....	12
2.3.4. Mering IV.....	13
2.4. Caractéristiques générales	13
2.5. Implémentation Système.....	14
3. Modèle acteur matériel.....	14
3.1. Définition.....	14
3.2. Comportement	15
3.3. Spécificités de l'acteur matériel.....	17
3.4. Communication.....	18
3.5. Architecture matérielle.....	24
4. Réseau virtuel	24
4.1. Définition.....	24
4.2. ActNet comme un micro-monde.....	26
4.3. Groupe de communication.....	25
4.4. Topologie.....	30
5. Conclusion	32
Chapitre II : Architecture matérielle des acteurs robotiques	33
1. Introduction	35
2. Robotique mobile.....	35
2.1. Définition.....	36
2.2. Architecture de contrôle	38
2.3. Coopération	39
2.4. Exemples	40
3. Robot et robotique pédagogique.....	42
3.1. Définition de la robotique pédagogique.....	42
3.2. Définition d'un robot pédagogique.....	42
3.3. Etude de l'interface de commande.....	43
3.3.1. Classification des robots pédagogiques	43
3.3.2. Liaison interface-robot	44

2.1.4. Conclusion	95
2.2. Principe d'émission-réception.....	95
2.2.1. Emission.....	95
2.2.2. Réception.....	97
2.2.3. Antenne.....	99
2.2.4. Duplexeur	100
2.3. Synthèse digitale de fréquence.....	101
2.3.1. Boucle à verrouillage de phase.....	102
2.3.2. L'oscillateur contrôlé en fréquence.....	104
2.3.3. Principe de la synthèse de fréquence.....	105
2.3.4. Synthèse numérique directe.....	106
3. Etat de l'art des réseaux radio-fréquences	106
3.1. Les normes	108
3.2. Présentation de réseaux	110
3.2.1. Le réseau DECT	110
3.2.2. Le réseau cellulaire digital	110
3.2.3. La norme Tetra.....	111
3.2.4. Le réseau domotique CEBus.....	111
4. Sous-réseau d'acteurs mobiles.....	111
4.1. Spécificités d'ActNet.....	111
4.2. Interface d'entrée-sortie.....	114
4.3. Choix technologiques	117
4.4. Types de communication.....	118
4.4.1. Communication duplex à une antenne	118
4.4.2. Communication duplex à deux antennes.....	122
4.4.3. Communication simplex ou à l'alternat	125
5. Sous-réseau d'acteurs sédentaires	127
6. Passerelle.....	128
7. Conclusion	128
Chapitre IV : Architecture logicielle.....	131
1. Introduction	133
2. Etat de l'art des systèmes.....	133
2.1. Le temps réel	133
2.2. L'approche noyau monolithique	135
2.3. L'approche micro-noyau multi-serveurs	135
3. Architecture logicielle de l'acteur matériel	136
3.1. Couche entrée/sortie.....	138
3.1.1. Sous-couche matériel.....	138
3.1.2. Sous-couche réflexe.....	138
3.2. Couche Système.....	138
3.2.1. Sous-couche interruption	138
3.2.2. Sous-couche micro-noyau.....	139
3.2.3. Sous-couche serveur	139
3.3. Communication.....	140
3.3.1. Réseau	140
3.3.2. ATM	141
3.3.3. Graphe de liaison	143
3.4. Couche application : Méta-Vlisp.....	145
3.4.1. Caractéristiques.....	147
3.4.2. Implémentation de Méta-Vlisp sur Transputer	148

4. Conclusion	148
Conclusions et Perspectives	151
Evolutions futures	154
Annexes : Schémas électroniques et Mécaniques	157
Références bibliographiques	225
Glossaire	237