

RÉSEAUX
ET TÉLÉCOMS

Information - Commande - Communication

Intelligence dans les réseaux

sous la direction de
Dominique Gaïti

Hermès

Lavoisier

Table des matières

| | |
|--|----|
| Introduction | 17 |
| Dominique GAÏTI | |
| | |
| Chapitre 1. L'intelligence artificielle et la supervision des réseaux de télécommunications | 21 |
| Hassine MOUNGLA | |
| 1.1. Introduction | 21 |
| 1.2. Les objectifs de la gestion de réseau | 22 |
| 1.3. Les besoins de la supervision des réseaux de télécommunication | 23 |
| 1.4. Le réseau de gestion de télécommunication (TMN) | 26 |
| 1.4.1. Les fonctions de gestion du TMN | 26 |
| 1.4.2. L'architecture du TMN | 27 |
| 1.5. Contrôle dans les réseaux de télécommunication | 27 |
| 1.6. Quelques techniques d'IA pour la supervision de réseaux de télécommunication | 29 |
| 1.6.1. Chronos : un générateur de systèmes experts pour la supervision de réseaux de télécommunication | 30 |
| 1.6.2. Supervision au moyen de techniques à base de modèles | 31 |
| 1.6.3. La technologie agent | 32 |
| 1.6.4. Exemple d'architecture de supervision de réseau de télécommunication à base d'agents | 34 |
| 1.6.5. La gestion de réseau de télécommunication à l'aide d'agents mobiles | 35 |
| 1.7. Conclusion | 38 |
| 1.8. Bibliographie | 38 |

| | |
|--|----|
| Chapitre 2. La gestion adaptative et programmable de la qualité de service sur IP | 43 |
| Miguel CASTRO, Dominique GAÏTI, Abdallah M'HAMED, Djamel ZEGHLACHE | |
| 2.1. Introduction | 43 |
| 2.2. La technologie des réseaux ouverts et programmables | 45 |
| 2.3. La gestion active et programmable de la QoS sur IP | 46 |
| 2.3.1. Les modules programmables | 48 |
| 2.4. Une architecture pour la gestion adaptative et programmable | 51 |
| 2.4.1. Les mécanismes d'héritage | 54 |
| 2.4.2. La base des modules de gestion (BMG). | 54 |
| 2.4.3. L'API de gestion | 54 |
| 2.4.4. Le noyau de gestion | 55 |
| 2.4.5. Le contrôle de cœur. | 55 |
| 2.4.6. Le matériel | 55 |
| 2.5. CLAM : un nouveau langage pour la gestion adaptative et programmable | 55 |
| 2.6. Travaux associés. | 56 |
| 2.6.1. Les réseaux à comportements. | 56 |
| 2.6.2. Smart packets | 57 |
| 2.6.3. SENCOMM | 58 |
| 2.6.4. Evaluation générale. | 58 |
| 2.7. Etudes de cas | 59 |
| 2.7.1. Etude de cas 1 : l'optimisation du service web. | 60 |
| 2.7.2. Etude de cas 2 : maximisation d'une fonction objectif donnée | 66 |
| 2.7.3. Etude de cas 3 : le contrôle adaptatif de l'équité. | 69 |
| 2.8. Conclusion et perspectives | 77 |
| 2.9. Bibliographie | 78 |
| | |
| Chapitre 3. Les agents logiciels pour la gestion des réseaux IP | 81 |
| Anneli LENICA | |
| 3.1. Introduction. | 81 |
| 3.2. Les réseaux IP et leur gestion | 82 |
| 3.2.1. Les réseaux IP | 82 |
| 3.2.2. Evolutions des réseaux IP et problématiques associées. | 83 |
| 3.2.3. Gestion des réseaux IP | 85 |
| 3.3. Le paradigme multi-agent | 86 |
| 3.3.1. Qu'est-ce qu'un agent ? | 86 |
| 3.3.2. Quand utiliser des SMA ? | 88 |
| 3.4. Les SMA pour la gestion des réseaux IP. | 91 |
| 3.4.1. Quels SMA pour quelles problématiques réseaux | 91 |

| | |
|---|------------|
| 3.4.2. Les applications existantes | 93 |
| 3.5. Perspectives et conclusion | 99 |
| 3.6. Bibliographie | 100 |
| Chapitre 4. Application des agents dans la gestion par politique | 103 |
| Francine KRIEF | |
| 4.1. Introduction | 103 |
| 4.2. La gestion par politique | 105 |
| 4.2.1. Les politiques | 105 |
| 4.2.2. Le modèle d'information | 106 |
| 4.2.3. L'architecture | 107 |
| 4.2.4. Le protocole COPS | 108 |
| 4.2.5. Intérêt et enjeux | 109 |
| 4.2.6. Les agents et leur intérêt dans la gestion de réseau | 110 |
| 4.3. L'approvisionnement et le contrôle de service | 112 |
| 4.3.1. Approvisionnement dynamique de la QoS dans les réseaux filaires | 112 |
| 4.3.2. Approvisionnement dynamique de la QoS dans les réseaux sans fil | 115 |
| 4.3.3. La couche de prédiction | 115 |
| 4.3.4. La couche d'adaptation | 116 |
| 4.3.5. La couche de <i>monitoring</i> | 116 |
| 4.3.6. Agents mobiles pour l'approvisionnement par politique de QoS | 117 |
| 4.3.7. Approvisionnement dynamique de services pour des utilisateurs mobiles | 118 |
| 4.3.8. Agents intelligents pour le contrôle dynamique de la sécurité. | 119 |
| 4.4. Les agents et la négociation de contrat de service | 120 |
| 4.4.1. Le contrat de service | 121 |
| 4.4.2. Une interface intelligente de négociation | 122 |
| 4.4.3. La négociation dynamique client-fournisseur | 125 |
| 4.4.4. La négociation dynamique entre fournisseurs | 126 |
| 4.4.5. La négociation dynamique de services pour des utilisateurs mobiles | 128 |
| 4.5. La gestion de services émergents | 128 |
| 4.5.1. Les services émergents | 129 |
| 4.5.2. La gestion dynamique de services émergents | 130 |
| 4.5.3. La gestion dynamique de services multimédias de groupe | 131 |
| 4.6. Conclusion | 132 |
| 4.7. Bibliographie | 133 |

Chapitre 5. Les plates-formes multi-agents 137
 Zeina EL FERKH JRAD

- 5.1. Introduction. 137
- 5.2. Vers une standardisation de la technologie multi-agent. 138
 - 5.2.1. Le modèle de FIPA. 138
 - 5.2.2. Le modèle de KAOS 141
 - 5.2.3. Le modèle de General Magic 142
- 5.3. Caractéristiques d’une plate-forme multi-agent 142
 - 5.3.1. Exigences méthodologiques pour une plate-forme de simulation multi-agent 143
 - 5.3.2. Autres formes d’exigences pour une plate-forme agent 144
- 5.4. Evaluation des plates-formes multi-agents 145
- 5.5. Exemples de plates-formes SMA 147
 - 5.5.1. Plates-formes pour simulation 147
 - 5.5.2. Plates-formes pour implémentation 151
 - 5.5.3. Plates-formes pour la mobilité 159
- 5.6. Conclusion 160
- 5.7. Bibliographie 160

Chapitre 6. La modélisation comportementale et la simulation multi-agent 163
 Leila MERGHEM-BOULAHIA

- 6.1. Introduction. 163
- 6.2. Approches classiques de modélisation et de simulation des réseaux 164
 - 6.2.1. Modélisation par files d’attente. 165
 - 6.2.2. Modélisation par réseaux de Petri 165
 - 6.2.3. Modélisation par algèbres de processus 166
 - 6.2.4. Limites 166
- 6.3. Modélisation et simulation multi-agent 167
 - 6.3.1. Etapes d’une simulation multi-agent. 167
 - 6.3.2. Apports 168
- 6.4. Modélisation comportementale 170
 - 6.4.1. Principe 170
 - 6.4.2. Contributions 170
- 6.5. Modèle comportemental en deux niveaux d’un nœud du réseau. 172
 - 6.5.1. Introduction 172
 - 6.5.2. Le rôle des deux niveaux comportementaux 174
 - 6.5.3. Les agents utilisés. 174
 - 6.5.4. Le modèle des deux niveaux comportementaux 175
 - 6.5.5. Assurer l’adaptabilité. 177

| | |
|---|-----|
| 6.6. Conclusion et perspectives | 179 |
| 6.7. Références | 180 |

Chapitre 7. Modélisation et simulation comportementales : exemple d'utilisation dans les réseaux 183

Leila MERGHEM-BOULAHIA

| | |
|---|-----|
| 7.1. Introduction. | 183 |
| 7.2. Comportements élémentaires adaptés aux réseaux | 184 |
| 7.2.1. Comportements élémentaires de gestion de la file d'attente | 185 |
| 7.2.2. Comportements élémentaires d'ordonnancement | 188 |
| 7.2.3. Comportements élémentaires de routage | 189 |
| 7.3. Le niveau des métacomportements | 189 |
| 7.3.1. Métacomportement de gestion de la file d'attente | 190 |
| 7.3.2. Métacomportement d'ordonnancement | 191 |
| 7.3.3. Métacomportement de routage | 191 |
| 7.4. Composants et paramètres des simulations | 192 |
| 7.4.1. Les objets. | 192 |
| 7.4.2. Les agents | 192 |
| 7.4.3. Paramètres | 194 |
| 7.5. Quelques résultats | 194 |
| 7.5.1. Impact des comportements élémentaires de gestion de la file d'attente. | 195 |
| 7.5.2. Impact des comportements élémentaires d'ordonnancement | 197 |
| 7.5.3. Impact des règles du métacomportement de gestion de la file d'attente. | 198 |
| 7.5.4. Impact des règles du métacomportement d'ordonnancement | 199 |
| 7.6. Discussion | 200 |
| 7.7. Conclusion et perspectives. | 202 |
| 7.8. Bibliographie. | 203 |

Chapitre 8. Système multi-agent pour un réseau DiffServ : modèles comportementaux et plate-forme 205

Nada MESKAOUI

| | |
|--|-----|
| 8.1. Introduction. | 205 |
| 8.2. Qualité de service – solutions existantes et problématiques | 206 |
| 8.2.1. RTP/RTCP | 206 |
| 8.2.2. IntServ/RSVP | 207 |
| 8.2.3. DiffServ | 207 |
| 8.3. Agents, systèmes multi-agents et architectures | 208 |

| | |
|--|-----|
| 8.3.1. Agents | 209 |
| 8.3.2. Les systèmes multi-agents | 210 |
| 8.4. Vers des réseaux de télécommunication intelligents et coopératifs | 211 |
| 8.4.1. La structure du nœud | 212 |
| 8.4.2. Les composants agent | 213 |
| 8.4.3. Modèle comportemental de l'agent | 214 |
| 8.5. Simulation – plate-forme, topologie et résultats | 220 |
| 8.5.1. Plate-forme | 221 |
| 8.5.2. Topologie et configuration | 221 |
| 8.5.3. Les résultats de simulation | 223 |
| 8.6. Conclusion | 229 |
| 8.7. Bibliographie | 229 |

Chapitre 9. Simuler le contrôle d'agents intelligents dans un réseau de télécommunications 233

Hugues LECARPENTIER

| | |
|--|-----|
| 9.1. Introduction | 233 |
| 9.2. Gestion et contrôle de réseau par des agents intelligents logiciels | 235 |
| 9.2.1. Contrôle d'admission à base d'agents | 235 |
| 9.2.2. Le projet Tele-MACS | 235 |
| 9.2.3. Projet Hybrid | 236 |
| 9.2.4. Sélection de route par des agents mobiles | 236 |
| 9.2.5. Agents mobiles coopératifs pour la cartographie de réseaux | 236 |
| 9.2.6. Le projet MAGNA | 237 |
| 9.3. Simuler le comportement des agents intelligents dans un réseau de communication | 237 |
| 9.3.1. Simulation d'un contrôle comportemental de réseau à qualité de service | 237 |
| 9.3.2. Simulation du contrôle intelligent d'un réseau DiffServ | 238 |
| 9.3.3. Comparaison et choix d'une plate-forme | 238 |
| 9.4. Présentation détaillée du simulateur | 239 |
| 9.4.1. Structure d'un nœud INET | 239 |
| 9.5. L'architecture de l'agent logiciel | 245 |
| 9.5.1. Le moniteur d'événements | 246 |
| 9.5.2. Le nettoyeur | 247 |
| 9.5.3. L'interface message | 247 |
| 9.5.4. L'interface tâche | 248 |
| 9.5.5. Le gestionnaire | 249 |
| 9.6. Illustration | 249 |
| 9.6.1. Contrôle de la qualité de service pour la téléphonie sur IP | 249 |

| | |
|---|-----|
| 9.6.2. Présentation des agents et routeurs utilisés | 250 |
| 9.7. Conclusion | 251 |
| 9.8. Bibliographie | 251 |

Chapitre 10. Agents et mobiles de troisième et quatrième générations 253

Badr BENMAMMAR

| | |
|--|-----|
| 10.1. Introduction | 253 |
| 10.2. La technologie agent. | 254 |
| 10.2.1. Définition d'un agent | 254 |
| 10.3. Introduction à l'UMTS | 258 |
| 10.3.1. VHE | 260 |
| 10.3.2. Application des agents dans l'UMTS | 261 |
| 10.4. Introduction au WLAN | 274 |
| 10.4.1. Application des agents dans les réseaux sans fil | 275 |
| 10.4.2. Problèmes liés à l'application des SMA dans le sans fil | 277 |
| 10.5. La quatrième génération de réseaux mobiles | 277 |
| 10.5.1. Définition de la quatrième génération | 277 |
| 10.5.2. Les espérances des utilisateurs pour les réseaux mobiles 4G. | 278 |
| 10.5.3. Les conditions techniques pour réaliser la quatrième génération de mobiles | 279 |
| 10.5.4. Application des agents dans les réseaux mobiles de la 4G | 279 |
| 10.6. Conclusion | 284 |
| 10.7. Bibliographie | 285 |

Chapitre 11. Application de techniques d'apprentissage dans les réseaux mobiles 287

Sidi-Mohammed SENOUCI

| | |
|--|-----|
| 11.1. Introduction | 287 |
| 11.2. L'apprentissage. | 289 |
| 11.2.1. Apprentissage non supervisé | 289 |
| 11.2.2. Apprentissage supervisé | 290 |
| 11.2.3. Apprentissage par renforcement | 290 |
| 11.3. Contrôle d'admission des appels | 295 |
| 11.3.1. Formulation du problème | 296 |
| 11.3.2. Implantation de l'algorithme | 297 |
| 11.3.3. Résultats expérimentaux | 299 |
| 11.4. Allocation dynamique des ressources. | 301 |
| 11.4.1. Formulation du problème | 302 |
| 11.4.2. Implantation de l'algorithme | 303 |
| 11.4.3. Résultats expérimentaux | 305 |

| | |
|-------------------------------|-----|
| 11.5. Conclusion | 306 |
| 11.6. Bibliographie | 308 |

Chapitre 12. Exemple d'expérimentation de réseaux actifs :

| | |
|-------------------------------------|------------|
| le projet Amarrage | 311 |
|-------------------------------------|------------|

Nadjib ACHIR, Yacine GHAMRI-DOUDANE, Mauro FONSECA

| | |
|--|-----|
| 12.1. Introduction | 311 |
| 12.2. Description du projet Amarrage | 313 |
| 12.2.1. Objectifs | 313 |
| 12.2.2. Contributions | 314 |
| 12.3. Les réseaux actifs : un exemple d'une architecture active pour le contrôle et la gestion des réseaux DiffServ | 318 |
| 12.3.1. DiffServ | 320 |
| 12.3.2. Le contrôle par politiques | 322 |
| 12.3.3. Description des composantes de l'architecture | 324 |
| 12.3.4. Filtrage des capsules au niveau du plan de données | 327 |
| 12.3.5. Surveillance des ressources du routeur actif | 328 |
| 12.3.6. Définition des politiques de QoS | 329 |
| 12.3.7. Définition et déploiement des TCB. | 330 |
| 12.3.8. Déploiement des capteurs | 332 |
| 12.3.9. Implémentation de l'architecture DACA | 333 |
| 12.3.10. Evaluation du comportement de l'architecture DACA | 336 |
| 12.4. Conclusion | 338 |
| 12.5. Bibliographie | 339 |

| | |
|------------------------|------------|
| Index | 341 |
|------------------------|------------|