

THESE DE DOCTORAT EN INFORMATIQUE

THEME :

**VERS UNE ARCHITECTURE A BASE
D'AGENTS MOBILES ADAPTABLES ET
SECURISES POUR LES APPLICATIONS
DISTRIBUEES**

Par : **DJAMEL EDDINE MENACER**

Soutenue devant le jury composé de :

Mr Djamel Eddine Zeggour	Président	ESI
Mme Thouraya Tebibel	Examineur	ESI
Mme Salima Hassas	Examineur	Univ. Lyon ¹
Mme Nadia Nouali	Examineur	CERIST
Mme Habiba Drias	Directeur de thèse	USTHB
Mr Christophe Sibertin-Blanc	Co-Directeur de thèse	IRIT Toulouse

Oued Smar, Alger, le

RESUME

Actuellement, les applications réparties sont principalement basées sur le modèle client-serveur et ses variantes. L'utilisation croissante de l'Internet et le développement des technologies de communication mobiles génèrent plus de besoins en termes de performance, de fiabilité et de sécurité. Par sa nature synchrone, le modèle client-serveur ne semble plus pouvoir satisfaire ces nouvelles demandes.

Les applications actuelles nécessitent plus de bande passante, plus de sécurité et de fiabilité et plus encore de ressources. L'informatique pervasive et ubiquitaire prend naissance et des applications distribuées de nouvelle génération sont implémentées sur de nouveaux terminaux que sont les smartphones. De plus en plus de services sont payants sur le réseau Internet et sur les réseaux mobiles et ad hoc.

Pour cela, une nouvelle orientation est perçue dans le code mobile qui n'est qu'une forme du client – serveur. Les agents mobiles constituent une forme de code mobile où le composant mobile est un processus.

Le paradigme d'agents mobiles est une approche prometteuse pour les nouvelles applications mobiles. Les agents mobiles permettent d'optimiser la bande passante et peuvent reporter les interactions distantes du client – serveur vers des interactions locales. De plus, le maintien des connexions n'est plus nécessaire avec cette technologie qui est asynchrone. Cela pourrait réduire les coûts de connexion et de communication pour les utilisateurs.

Cependant, les agents mobiles posent des questions de sécurité non encore résolues de façon convaincante notamment celle relative à la protection des agents contre les hôtes d'accueil.

Dans cette thèse, nous présentons un modèle d'interaction originale qui permet d'étendre le modèle client – serveur vers des agents mobiles sécurisés : le modèle acheteur – vendeur. Ce modèle servira de base à une architecture qui utilise des mécanismes de marché : l'architecture MP. L'idée principale est de généraliser les mécanismes de marché aux systèmes non orientés marché. Cette architecture fournit aux développeurs l'occasion de réaliser des applications réparties à base d'agents mobiles efficaces et sûres. Nous donnons des exemples de conception d'applications selon l'architecture MP et nous proposons une implémentation jade de cette architecture.

Mots clé: Agent Mobile, Modèle Seller-Buyer, Architecture MP, Applications Distribuées, Sécurité, Jade.

ABSTRACT

Currently, the distributed applications are mainly based on the client-server model and its variants. The growing use of the Internet and the development of mobile communication technologies yield more needs in terms of performance, reliability and security. By its synchronous nature, the client-server model no longer seems to be able to meet these new demands.

The current applications require more band-width, more security and reliability and more resources. Pervasive and ubiquitous computing occurs and new generation distributed applications are implemented on new terminals which are the smartphones. More and more of services are paying on the Internet and on mobile and ad hoc networks.

For that, a new orientation is perceived in the mobile code which is only a form of the client-server. Mobile agents constitute a form of mobile code where the mobile component is a process.

The mobile agents' paradigm is one of the approaches that have been proposed, and this technology holds great promises. Mobile agents can optimize the band-width and can defer the distant interactions of the client-server to local interactions. Moreover, this technology is asynchronous and can permit offline operations. That could reduce the costs of connection and communication for the users.

However, the mobile agents raise questions of security not yet solved in a convincing way in particular that relating to protection of the agents against the visited hosts.

In this thesis, we present an original model of interaction which extends the client-server model towards secure mobile agents: the seller – buyer model. This model will be used as a basis for an architecture which uses market mechanisms: the MP architecture. The main idea is to generalize market mechanisms to non-market systems. This architecture provides developers the opportunity to build efficient and safe mobile agents-based applications. We give the outline for designing applications according to the MP architecture and propose a Jade implementation of this architecture.

Keywords: Mobile Agent, Seller-Buyer Model, MP Architecture, Distributed Applications, Security, Jade.

TABLE DES MATIERES

RESUME -----	2
TABLE DES MATIERES -----	4
LISTE DES FIGURES -----	10
LISTE DES TABLEAUX -----	11
LISTE DES ALGORITHMES -----	14
INTRODUCTION -----	15
CHAPITRE I : LE PARADIGME D'AGENT MOBILE ET LES SYSTEMES DISTRIBUES	18
I.1. Introduction -----	18
I.2. Technologie des agents -----	18
I.2.1. Notion d'agent -----	18
I.2.1.1. Caractéristiques d'un agent -----	19
I.2.1.2. Typologie des agents -----	19
I.2.2. Système multi-agents -----	20
I.2.2.1. Typologie des SMA -----	20
I.2.2.2. Communication dans un SMA -----	20
I.2.3. Les agents mobiles -----	22
I.2.3.1. Processus de migration des agents mobiles -----	22
I.2.3.2. Domaines d'application des agents mobiles -----	23
I.3. Systèmes distribués conventionnels -----	24
I.3.1. Schémas d'organisation distribuée: Modèle Client - Serveur -----	24
I.3.1.1. Structure du modèle Client - Serveur -----	25
I.3.1.2. Protocoles d'envoi des requêtes -----	25
I.3.2. Standards pour les systèmes distribués client - serveur -----	26
I.3.2.1. CORBA (Common Object Request Broker Architecture) -----	26
I.3.2.2. Java RMI (Remote Méthode Invocation) : -----	27
I.3.2.3. DCOM (Distributed Common Object Model) -----	28
I.3.2.4. Discussion -----	28
I.3.3. Systèmes distribués non conventionnels -----	28
I.3.3.1. Le code mobile -----	28
I.3.3.2. Classification des mécanismes de mobilité -----	29
I.3.3.3. Schémas d'organisation distribuée à code mobile -----	31
I.3.3.4. Discussion -----	34

I.4. Conclusion -----	35
CHAPITRE II : LES PLATEFORMES D'AGENTS MOBILES -----	37
II.1. Introduction -----	37
II.2. Efforts de normalisation -----	38
II.2.1. MASIF (Mobile Agent System Interoperability Facility) -----	38
II.2.2. FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) -----	39
II.2.3. Comparaison entre FIPA et MASIF -----	40
II.3. Etude de quelques plateformes d'agents mobiles -----	40
II.3.1. Aglets -----	41
II.3.1.1. Architecture du système -----	41
II.3.1.2. Communication -----	41
II.3.1.3. Migration -----	41
II.3.1.4. Sécurité -----	42
II.3.2. Concordia -----	42
II.3.2.1. Architecture de la plateforme -----	42
II.3.2.2. Communication -----	43
II.3.2.3. Migration -----	44
II.3.2.4. Sécurité -----	44
II.3.3. Grasshopper -----	44
II.3.3.1. Architecture de la plateforme -----	44
3.3.2. La communication -----	45
II.3.3.3. La migration -----	45
II.3.3.4. La sécurité -----	46
II.3.4. MAP (Mobile Agent Platform) -----	46
II.3.4.1. Architecture de la plateforme -----	46
II.3.4.2. Communication -----	47
II.3.4.3. Migration -----	47
II.3.4.4. Sécurité -----	47
II.3.5. JADE (Java Agent DEvelopment Framework) -----	48
II.3.5.1. Architecture de la plateforme -----	48
II.3.5.2. Communication -----	49
II.3.5.3. Migration -----	49
II.3.5.4. Sécurité -----	49
II.4. Synthèse des systèmes d'agents mobiles -----	49

II.4.1. Systèmes d'exploitation et le langage de programmation	50
II.4.2. Outils d'administration	50
II.4.3. Architecture	51
II.4.4. Mobilité	52
II.4.5. Support des standards des agents et des systèmes répartis	53
II.4.6. Mécanismes de communication	53
II.4.7. Mécanismes de sécurité	55
II.5. Autres travaux sur les systèmes d'agents mobiles	56
II.6. Conclusion	57
CHAPITRE III : ETUDE ET ANALYSE DE LA QUALITE DE SERVICE DANS LES SYSTEMES D'AGENTS MOBILES	58
III.1. Introduction	58
III.2. Performance dans les systèmes d'agents mobiles	60
III.2.1. Spécialisation de serveurs par des agents mobiles	60
III.2.1.1. Redirection de requête	61
III.2.1.2. Compression de données	62
III.2.2. Mobilité stratégique	64
III.2.2.1. Contexte	64
III.2.2.2. Mise en œuvre de la mobilité stratégique	65
III.2.2.3. Application	66
III.2.3. Comparaison des modèles d'exécution répartie	66
III.2.3.1. Contexte	66
III.2.3.2. Evaluation des paradigmes	67
III.2.4. Un modèle de performance pour les systèmes d'agents mobiles	68
III.2.4.1. Contexte	68
III.2.4.2. Interaction simple	68
III.2.4.3. Séquence d'interactions	69
III.2.5. Utilisation de plusieurs agents mobiles	70
III.2.5.1. Schémas de mobilité	71
III.2.5.2. Stratégies d'implémentation	71
III.2.5.3. Expérimentation	72
III.2.6. Synthèse	73
III.2.6.1 Discussion	73
III.2.6.2. Conclusion	75

III.3. Sécurité des systèmes d'agents mobiles -----	77
III.3.1. Catégories de sécurité des systèmes d'agents mobiles -----	78
III.3.1.1. Catégorie I : Sécurité des hôtes -----	79
III.3.1.2. Catégorie II et IV -----	80
III.3.1.3. Catégorie III : Sécurité des agents -----	81
III.3.2. Solutions offertes -----	81
III.3.2.1. Solutions pour la Catégorie I -----	81
III.3.2.2. Solutions pour la Catégorie II et IV -----	83
III.3.2.3. Solutions pour la Catégorie III -----	84
III.3.2.4. Synthèse des catégories I et III -----	91
III.3.3. Synthèse de la sécurité des systèmes d'agents mobiles -----	96
III.4. Fiabilité des systèmes d'agents mobiles -----	97
III.4.1. Définition -----	97
III.4.2. Tolérance aux pannes -----	97
III.4.3. Agents mobiles et tolérance aux fautes -----	98
III.5. Conclusion -----	99
CHAPITRE IV: LE MODELE SB : UN MODELE D'AGENTS MOBILES ADAPTATIF	100
IV.1. Introduction -----	100
IV.2. Le modèle Seller – Buyer (SB) -----	101
IV.2.1. Extension du modèle agents mobiles (MA) -----	101
IV.2.1.1. Etape 1 : Extension du modèle CS -----	101
IV.2.1.2. Etape 2: l'agent client est mobile -----	102
IV.2.1.3. Etape 3: Réduction du problème de sécurité des MA -----	102
IV.2.1.4. Etape 4: Ajouter des mécanismes market -----	103
IV.2.2. Modèle d'interaction -----	104
IV.2.3. Modèle de Migration -----	105
IV.2.4. Modèle de performance -----	107
IV.2.5. Le modèle de Sécurité dans SB -----	110
IV.2.5.1. Utilisation de PKI dans SB -----	110
IV.2.5.2. Analyse des menaces -----	113
IV.2.5.3. Les solutions apportées -----	114
IV.2.5.4. Synthèse -----	118
IV.3. Evaluation des Performances du modèle SB -----	119
IV.3.1. Services Composés -----	120

IV.3.2. Services Non Composés -----	121
IV.3.3. Evaluation dans l'application de collecte de documents (Carzaniga et al., 1997) -	121
IV.3.3.1. Utilisation du modèle SB avec une seule place de marché -----	122
IV.3.3.2. Utilisation du modèle SB avec plusieurs places de marché -----	122
IV.4. Conclusion -----	124
CHAPITRE V : ARCHITECTURE MP : VERS UN FRAMEWORK SECURISE POUR LES AGENTS MOBILES -----	125
V.1. Introduction -----	125
V.2. Le modèle SB pour les applications distribuées : l'architecture MP -----	125
V.2.1. Environnement MP -----	126
V.2.2. Composants MP -----	127
V.2.2.1. Les places de Marché (MP) -----	127
V.2.2.2. Les Fournisseurs de Service Agent (Agent Service Providers, ASP) -----	129
V.2.2.3. Les serveurs de noms MP (MPNS) -----	130
V.2.2.4. Les autorités de Confiance et de Sécurité (Trust and Security Authorities) ----	131
V.2.3. La dynamique de l'architecture MP -----	132
V.2.3.1. Agents dans l'architecture MP -----	132
V.2.3.2. Le modèle d'interaction MP -----	133
V.2.3.3. Le modèle de migration MP -----	134
V.2.4. Sécurité dans l'architecture MP -----	137
V.2.4.1. Utilisation de PKI dans MP -----	137
V.2.4.2. Sécurité de l'architecture MP -----	138
V.2.5. Vue générale de l'architecture MP -----	141
V.3. Applications à quelques applications distribuées connues -----	142
V.3.1. E-commerce -----	142
V.3.2. Recherche d'Informations Distribuée (DIR) -----	143
V.4. Conclusion -----	147
CHAPITRE VI : IMPLEMENTATION ET TESTS DE L'ARCHITECTURE MP -----	148
VI.1. Introduction -----	148
VI.2. Les composants logiciel Jade -----	148
VI.3. Vue générale de MP-Jade -----	148
VI.4. Agents Jade dans MP-Jade -----	149
VI.4.1. Agents Statiques -----	149
VI.4.2. Agents Mobiles -----	150

VI.5. Configuration de MP-Jade -----	150
VI.5.1. La mobilité des agents dans MP-Jade -----	150
VI.5.2. Localisation des places de marché -----	151
VI.6. Validation expérimentale de MP -----	152
VI.6.1. Une application de collecte de documents -----	153
VI.6.1.1. Contexte -----	153
VI.6.1.2. Présentation des prototypes -----	154
VI.6.1.3. Résultats des tests -----	158
VI.6.2. Application de recherche d'informations distribuée -----	161
VI.6.2.1. Plateforme RI -----	161
VI.6.2.2. La négociation entre les agents -----	162
VI.6.2.4. Tests et résultats -----	166
VI.7. Conclusion -----	169
CONCLUSION ET PERSPECTIVES -----	171
REFERENCES -----	175