



École Doctorale
d'Informatique,
Télécommunications
et Électronique de Paris

Thèse

présentée pour obtenir le grade de docteur
de l'École Nationale Supérieure des Télécommunications

Spécialité : **Informatique et Réseaux**

Mejdi KADDOUR

Conception et réalisation d'une plate-forme de
répartition dédiée aux environnements nomades

Soutenue le 14 mars 2005 devant le jury composé de :

Pierre Sens

Président

Guy Bernard

Rapporteurs

Laurence Duchien

Nicolas Rivierre

Examineurs

Gérard Vandome

Laurent Pautet

Directeur de Thèse

Resumé

Les technologies intergicielles se révèlent de plus en plus comme des ingrédients indispensables dans les systèmes mobiles. Durant les dernières décennies, ces technologies ont connu une évolution considérable qui a permis leur implantation à grande échelle dans les environnements fixes traditionnels. Elles assurent des fonctions d'échange et d'interaction entre des applications hétérogènes hébergées par des machines différentes. Les intergiciels mobiles sont appelés à tenir le même rôle, ils doivent cependant prendre en considération des problématiques spécifiques aux environnements mobiles, comme la qualité variable du réseau ou les ressources limitées des machines.

Dans le cadre de cette thèse, nous avons mené une réflexion sur les différents types d'intergiciels et leurs aptitudes à relever le défi de la mobilité. Les différentes solutions existantes convergent vers un ensemble de propriétés et de recommandations communes comme l'asynchronisme, l'adaptabilité ou la configurabilité. Nous avons opté pour les intergiciels orientés messages (MOMs), car ils se caractérisent, par un style de communication permettant un fort découplage entre les entités réparties. La deuxième réflexion, d'ordre plus général, est que l'adaptabilité d'un système mobile ne peut être gérée efficacement qu'à travers un modèle global qui fait intervenir les utilisateurs, les applications, l'intergiciel et le contexte d'exécution.

Le premier volet de nos travaux concerne la conception et la réalisation de MobileJMS, un intergiciel basé sur la spécification *Java Message Service*. Par rapport aux MOMs existants, MobileJMS se distingue par l'adaptabilité et la sensibilité au contexte qui caractérisent la communication. MobileJMS intègre dans son module de communication des services qui peuvent être utilisés et configurés dynamiquement afin de réagir à des événements comme la variation de la bande passante ou les déconnexions fréquentes. En particulier, le service de stockage et ré-émission propose une solution à la forte dépendance entre les applications et la connexion réseau. En outre, la structure de module de communication de MobileJMS permet de répondre à deux problématiques : l'accès transparent des applications à travers plusieurs réseaux et la gestion de la connexion intermittente (déconnexion/reconnexion).

Le deuxième volet concerne la définition et la mise œuvre d'un gestionnaire d'adaptation globale. Ce gestionnaire repose sur un modèle qui prend des décisions d'adaptation à partir des préférences des utilisateurs, des besoins des applications et des paramètres du contexte d'exécution. Nous exprimons les préférences des utilisateurs par des critères de performance comme la vitesse de transmission ou l'économie d'énergie. Les besoins des applications sont représentés sous forme de politiques d'adaptation. Une politique définit l'état du contexte d'exécution qui permet à une application de satisfaire des besoins donnés. La fonction principale du modèle est le choix de la politique la plus adaptée au contexte actuel et à l'usage que l'utilisateur souhaite faire de l'application (préférences). Nous avons, à ce propos, étudié l'impact de l'utilisation de la compression et de la fragmentation sur les critères de performance mentionnés. MobileJMS a fait l'objet d'une analyse des performances qui montre l'efficacité des décisions d'adaptation.

Table des matières

Remerciements	i
Résumé	ii
Abstract	iii
Table des matières	v
Table des figures	x
Liste des tableaux	xii
1 Introduction	1
1.1 Contexte de la thèse	1
1.2 Intergiciel mobile : un élément fédérateur	2
1.3 Approche et objectifs	3
1.4 Cadre du travail	4
1.5 Plan du document	4
I Etat de l'Art	7
2 L'informatique nomade et diffuse	9
2.1 L'informatique nomade	10
2.1.1 Les caractéristiques des environnements nomades	10
2.1.2 Les problématiques des environnements nomades	11
2.2 L'informatique diffuse	14
2.3 L'adaptation dans les environnements mobiles	17
2.3.1 Adaptation du contenu	17
2.3.2 Adaptation des données	20
2.3.3 Réplication des données	23
2.3.4 Gestion de l'énergie	25
2.4 Synthèse	26
3 Les intergiciels fixes	29
3.1 Généralités	29
3.2 Types d'intergiciels	31
3.2.1 Les intergiciels procéduraux	31
3.2.2 Les intergiciels orientés objets	31

3.2.3	Les intergiciels transactionnels	32
3.3	Les intergiciels orientés messages (MOMs)	32
3.4	La spécification JMS	34
3.4.1	L'architecture d'un système JMS	35
3.4.2	Les domaines de messagerie	35
3.4.3	Quelques objets de l'API JMS	37
3.4.4	Mécanismes de fiabilité	37
3.4.5	Scénarios d'utilisation de JMS	38
3.5	Etude d'une plate-forme générique : Jonathan	39
3.5.1	Le composant de liaison	40
3.5.2	Le composant de communication	41
3.5.3	Le composant de configuration	42
3.5.4	Le composant de ressources	44
3.6	Synthèse	44
4	Les intergiciels mobiles	47
4.1	Les modèles de répartition	48
4.1.1	Les intergiciels orientés objets	48
4.1.2	Les intergiciels orientés messages	53
4.1.3	Les intergiciels basés sur les tuples	56
4.1.4	Les intergiciels pair à pair	58
4.2	Les architectures	60
4.2.1	Les intergiciels réflexifs	60
4.2.2	Les intergiciels à base de composants	63
4.3	Services spécifiques dans les intergiciels mobiles	66
4.3.1	Services de partage de données	66
4.3.2	Services de localisation (géodépendants)	67
4.3.3	Découverte de services	69
4.4	Discussion	72
4.5	Synthèse	74
II	Conception et Réalisation	75
5	MobileJMS : un MOM pour les environnements nomades	77
5.1	Motivations	78
5.2	Approche MobileJMS	79
5.2.1	Caractéristiques	79
5.2.2	Architecture	80
5.3	Architecture du module de communication	81
5.4	Services à valeur ajoutée	84
5.4.1	Service de stockage et ré-émission (<i>store and forward</i>)	84
5.4.2	Service de compression	87
5.4.3	Service de fragmentation	88
5.4.4	Combinaison des services à valeur ajoutée	89
5.5	Services de transport	90
5.6	Gestion de la multi-connexion	91
5.6.1	Service d'aiguillage	92

5.6.2	Gestion des connexions par le fournisseur JMS	96
5.7	Mécanisme de négociation dynamique	98
5.8	Mécanisme de reconnexion transparente	101
5.9	Configuration/reconfiguration	103
5.10	Un scénario d'utilisation de MobileJMS	105
5.11	Synthèse	107
6	Le modèle d'adaptation de MobileJMS	109
6.1	Approche	110
6.2	Politiques d'adaptation	111
6.2.1	Définition	111
6.2.2	Représentation des politiques	113
6.3	Le gestionnaire d'adaptation	114
6.4	Modèle de performance de MobileJMS	117
6.4.1	Prédiction des temps de transmission	118
6.4.2	Prédiction de la consommation d'énergie	121
6.5	La prise de décision	125
6.5.1	Le mode de qualité de service	126
6.5.2	Le mode d'économie d'énergie	127
6.5.3	L'utilisation du service de stockage et ré-émission (S&F)	128
6.6	Synthèse	128
7	Vérification formelle des mécanismes de négociation et de reconnexion	131
7.1	Vérification de modèles	132
7.1.1	Définition	132
7.1.2	Le langage PROMELA	132
7.1.3	La plate-forme SPIN	133
7.2	Vérification, dans MobileJMS	134
7.2.1	Approche	134
7.2.2	Formalisation des mécanismes avec les FSMs	135
7.3	Simulation et vérification avec PROMELA/SPIN	140
7.3.1	Le code PROMELA	140
7.3.2	La vérification avec SPIN	143
7.4	Synthèse	144
8	Expérimentations et résultats	147
8.1	Performances des services de compression et de fragmentation	147
8.1.1	Description de l'environnement de test	147
8.1.2	Les expérimentations	148
8.2	Evaluation du modèle de prédiction des temps de transmission	152
8.2.1	Comparaison des résultats	152
8.3	Un service témoin : les données météo	157
8.4	Synthèse	161
9	Conclusion générale	163
9.1	Intergiciels mobiles	163
9.2	Réalisations	164
9.3	Perspectives	165
9.4	Conclusion	167