

**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche  
scientifique**

**Ecole national Supérieure d'Informatique (ESI)**

**Oued-Smar, Alger**

**Mémoire de fin d'études**

Pour l'obtention du diplôme

d'Ingénieur d'Etat en Informatique

**Option : Systèmes Informatiques**

**Thème**

**Le protocole SIP pour les réseaux ad hoc**

**Réalisé par**

- YAGOUB ZAKARIA
- MEDJHOUM KHALED

**Encadré par**

- M<sup>R</sup> : YAHIAOUI S.
- M<sup>R</sup> : BELHOUL Y.
- M<sup>ME</sup> : NOUALI N.

**Promotion : 2008/2009**

## Résumé

---

Le développement rapide des appareils, qui deviennent de plus en plus petits, moins chers et plus puissants, et l'avancée majeure dans le domaine des technologies de communication sans fil ont progressivement donné naissance à un nouveau type de réseau sans fil appelé réseau ad hoc.

Les recherches dans le domaine des réseaux ad hoc ont permis à plusieurs applications, y compris les applications multimédia, de fonctionner dans ce type de réseaux. Afin d'établir des sessions multimédia entre les terminaux du réseau et de négocier les paramètres de sessions et les maintenir pendant toute la durée de session, ces applications ont besoin de protocoles de signalisation.

Nous nous sommes intéressés dans ce travail à la décentralisation du protocole de signalisation SIP dans les réseaux ad hoc. SIP est un protocole textuel simple et évolutif. Il offre un certain nombre d'avantages, dont l'extensibilité, la provision pour appel et le contrôle de session. Il s'appuie sur des entités centrales qui réalisent le rôle du DNS, la découverte des terminaux dans le réseau, ainsi que plusieurs autres fonctionnalités secondaires (le routage des messages SIP, etc.). Cependant, dans les réseaux ad hoc aucune infrastructure centrale ou fixe n'est disponible.

Nous avons réalisé, dans notre travail, les fonctions des serveurs SIP par un ensemble de nœuds du réseau préalablement choisi, afin de s'adapter aux contraintes de ce type de réseaux. Pour évaluer notre solution, nous l'avons implémentée sous NS-2 (Network Simulator). Nous avons aussi implémenté une des meilleures solutions déjà proposées, qui utilise le même principe et qui a servi pour comparaison. Les résultats des simulations ont montré que notre solution s'adapte mieux à la mobilité et donne de meilleurs résultats.

**Mots clés:** Signalisation, SIP, ad hoc, simulation, NS2.

## Abstract

---

The rapid development of small, cheap and computationally powerful devices and major advancement in short range wireless communication technologies have increasingly made it possible to build scalable efficient ad hoc networks.

Extensive research in ad hoc networks is enabling several applications, including multimedia applications, to operate in the ad hoc domain. Such applications require signaling protocols in packet based networks to establish multimedia sessions, by negotiating resources between the terminals and maintain them throughout the duration of the session. In order to leverage the benefit of the large body of legacy Internet applications, the signaling protocols also need to be suitably ported to ad hoc networking domain. SIP is a simple scalable, text-based protocol that offers a number of benefits, including extensibility and the provision for call/session control.

The main problem in deploying SIP in ad hoc networks is that SIP relies on an infrastructure heavily borrowed from the Internet (e.g. DNS resolution) and SIP proxy based overlay infrastructure for SIP service discovery and the routing of the SIP messages, which is not available in the infrastructure-less ad hoc networks.

We perform in our work the functions of SIP servers by a set of chosen nodes to fit the constraints of such networks. To evaluate our solution, we have implemented it into NS-2 (Network Simulator). We have also implemented one of the best solutions already proposed, that uses the same approach which was used for comparison. The simulation results showed that our solution fits better to the mobility and gives better results than the latter .

**Key words:** Signaling, SIP, ad hoc, simulation, NS2.

## Sommaire

Liste des figures .....	vii
Liste des tableaux .....	ix
Sigles et abréviations.....	x
Introduction Générale.....	xi
1. PROTOCOLES DE SIGNALISATION .....	1
1.1. Introduction .....	1
1.2. Historique .....	2
1.3. Protocole H.323 .....	2
1.3.1. Introduction .....	2
1.3.2. Applications de la norme H.323.....	3
1.3.3. Architecture de base .....	3
1.3.3.1. Architecture logicielle .....	3
1.3.3.2. Composants matériels.....	5
1.3.3.2.1. Terminaux .....	5
1.3.3.2.2. Gateways.....	5
1.3.3.2.3. Gatekeeper .....	6
1.3.3.2.4. MCU .....	6
1.3.4. Fonctionnement.....	7
1.3.4.1. Enregistrement.....	7
1.3.4.2. Déroulement d'une session.....	7
1.4. Protocole SIP .....	11
1.4.1. Introduction .....	11
1.4.2. Architecture de SIP .....	11
1.4.2.1. Les agents utilisateurs.....	12
1.4.2.1.1. Agent utilisateur client U.A.C (User Agent Client).....	12
1.4.2.1.2. Agent utilisateur serveur U.A.S (User Agent Server).....	12
1.4.2.2. Serveurs .....	12
1.4.2.2.1. Serveur proxy .....	12
1.4.2.2.2. Serveur de redirection .....	13
1.4.2.2.3. Serveur de localisation.....	13
1.4.2.2.4. Serveur d'enregistrement .....	13
1.4.3. Messages SIP.....	13
1.4.3.1. Ligne de Début .....	14
1.4.3.1.1. Méthodes SIP .....	14
1.4.3.1.2. Réponses SIP .....	14
1.4.3.2. En-têtes SIP .....	15

1.4.3.2.1.	En-tête générale .....	15
1.4.3.2.2.	En-tête d'entité.....	15
1.4.3.2.3.	En-tête de requête .....	16
1.4.3.2.4.	En-tête de réponse.....	16
1.4.3.3.	CRLF .....	16
1.4.3.4.	Corps du message .....	16
1.4.4.	Fonctionnement.....	16
1.4.4.1.	Enregistrement au réseau SIP .....	16
1.4.4.2.	Déroulement d'une session.....	17
1.5.	Comparaisons entre H323 & SIP.....	19
1.6.	Conclusion .....	21
2.	LES RESEAUX AD HOC .....	22
2.1.	Histoire des réseaux ad hoc .....	22
2.2.	Les environnements mobiles .....	23
2.2.1.	Le réseau mobile avec infrastructure .....	23
2.2.2.	Le réseau mobile sans infrastructure .....	24
2.3.	Les réseaux mobiles ad hoc .....	25
2.3.1.	Définition d'un réseau ad hoc .....	25
2.3.2.	Application des réseaux ad hoc.....	25
2.3.3.	Caractéristiques des réseaux ad hoc .....	25
2.3.3.1.	Absence d'infrastructure centralisée .....	26
2.3.3.2.	Topologie dynamique .....	26
2.3.3.3.	Contrainte d'énergie .....	26
2.3.3.4.	Bande passante limitée .....	26
2.3.3.5.	Hétérogénéité des nœuds .....	26
2.3.3.6.	Sécurité et Vulnérabilité .....	27
2.3.3.7.	Multi-sauts .....	27
2.3.4.	Modélisation des réseaux ad hoc.....	27
2.4.	La norme IEEE 802.11 .....	28
2.4.1.	La couche physique.....	28
2.4.1.1.	FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum).....	28
2.4.1.2.	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) .....	29
2.4.1.3.	OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) .....	29
2.4.1.4.	Infrarouge .....	29
2.4.1.5.	Modèles de propagation du signal.....	30
2.4.1.5.1.	Le modèle Free space.....	30
2.4.1.5.2.	Le modele Two ray ground.....	30

2.4.1.5.3.	Le modèle Shadowing.....	31
2.4.1.5.4.	Comparaison entre les trois modèles .....	31
2.4.2.	Sous couche MAC.....	32
2.4.2.1.	Description de la fonction DCF.....	32
2.4.2.2.	Description de la fonction PCF .....	34
2.5.	Protocoles de routage dans les réseaux ad hoc .....	35
2.5.1.	Routage proactif.....	35
2.5.2.	Routage réactif .....	35
2.5.3.	Routage hybride .....	36
2.6.	Conclusion .....	36
3.	DECENTRALISATION DU PROTOCOLE SIP .....	38
3.1.	Introduction .....	38
3.2.	Problèmes de déploiement de SIP dans les réseaux ad hoc.....	38
3.3.	Approches de décentralisation de SIP .....	40
3.3.1.	P2P .....	40
3.3.1.1.	Le P2P non structuré.....	40
3.3.1.2.	Le P2P structuré.....	40
3.3.1.3.	Backbone .....	41
3.4.	Différentes solutions de Décentralisation de SIP .....	42
3.4.1.	Solutions basées sur le P2P non structuré .....	42
3.4.1.1.	Decentralized SIP (dSIP).....	42
3.4.1.2.	Loosely Coupled Approach (LCA) .....	45
3.4.1.3.	SIPHoc.....	48
3.4.2.	Solutions basées sur le P2P structuré(DHT) .....	50
3.4.2.1.	Peer to Peer SIP .....	50
3.4.2.2.	SOSIMPLE .....	53
3.4.3.	Solutions à base du principe de Backbone .....	55
3.4.3.1.	Tightly Coupled Approach (TCA) .....	55
3.5.	Comparaison entre les différentes solutions proposées .....	59
3.6.	Conclusion .....	60
4.	CONCEPTION.....	62
4.1.	Introduction .....	62
4.2.	Objectifs.....	63
4.3.	Notre solution de décentralisation de SIP : AdSIP .....	63
4.3.1.	Schéma général d'un nœud AdSIP.....	64
4.3.2.	Fonctionnement d'AdSIP.....	65
4.3.2.1.	Construction de la topologie.....	65

4.3.2.2.	Fonctionnalités de SIP dans AdSIP .....	69
4.3.3.	Modélisation.....	71
4.3.3.1.	Diagramme de classe .....	71
4.3.3.2.	Diagramme de séquence .....	73
4.4.	TCA .....	74
4.4.1.	Schéma général d'un terminal SIP dans TCA.....	74
4.4.2.	Principe de fonctionnement.....	75
4.4.3.	Modélisation.....	76
4.4.3.1.	Diagramme de classe .....	76
4.4.3.2.	Diagramme de séquence .....	77
4.5.	Conclusion .....	78
5.	REALISATION .....	79
5.1.	Introduction .....	79
5.2.	Outils et langages de programmation .....	79
5.2.1.	Outils utilisés.....	79
5.2.2.	Langages de programmation .....	80
5.2.3.	Discussion du choix du simulateur NS-2 .....	80
5.3.	Implémentation du protocole SIP sous NS2.....	81
5.3.1.	Environnement de travail .....	81
5.3.2.	Les étapes de l'ajout du protocole .....	81
5.3.3.	Intégration du nouveau protocole dans NS .....	87
5.4.	Conclusion .....	90
6.	SIMULATION & EVALUATION DE PERFORMANCES.....	91
6.1.	Introduction .....	91
6.1.1.	Métriques évaluées.....	91
6.1.2.	Paramètres de simulation .....	92
6.1.3.	Scénarios de tests .....	93
6.1.3.1.	Démarche suivie .....	93
6.1.3.2.	Résultats et Analyse de performances .....	94
6.1.4.	Conclusion.....	97
	Conclusion Générale & Perspectives .....	98
	Bibliographie.....	99
	ANNEXE A : Les Simulateurs de réseaux.....	102
	ANNEXE B : Codes.....	114